

УДК 721.001

Параметрическая архитектура в образовательном процессе проектирования

Смолова М.В.¹, Афанасьева Е.С.¹

¹ Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Казань, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается история параметрической архитектуры, её влияние на современное строительство, раскрываются основные принципы ее работы, достоинства и преимущества параметрического подхода, которые подробно изучаются в учебном процессе архитектурно-дизайнерских направлений подготовки, начиная со второго года обучения. Этот новый подход к проектированию архитектурно-пространственной среды завоевывает все большую популярность в образовательном процессе на стадии изучения компьютерных программ Autodesk Revit, Grasshopper, Rhinoceros. Целью статьи является исследование роли параметрической архитектуры в образовательном процессе проектирования.

По результатам исследования был выполнен дизайн большепролетной конструкции с использованием моделей алгоритмического построения в Revit.

Ключевые слова: параметрическая архитектура, инновационные технологии, проектирование, алгоритмы, архитектурная форма, компьютерные технологии.

Для цитирования: Смолова М.В., Афанасьева Е.С. Параметрическая архитектура в образовательном процессе проектирования // Архитектура. Реставрация. Дизайн. Урбанистика, 2024, 1 (3), с. 289-302

Parametric Architecture in the Educational Design Process

Smolova M.V.¹, Afanaseva E.S.¹

¹Kazan State University of Architecture and Engineering,
Kazan , Russian Federation

Abstract. The article deals with the history of parametric architecture, its influence on modern construction, reveals the basic principles of its work, advantages and benefits of the parametric approach, which are studied in detail in the educational process of architectural and design specialties starting from the second year of study. This new approach to the design of architectural and spatial environment is gaining popularity in the educational process at the stage of studying the computer programs such as Autodesk Revit, Grasshopper, Rhinoceros. The purpose of the article is to study the parametric structure in the educational design process. As a result of the research, the design of a long-span structure, internal and external premises was carried out using algorithmic construction models in Revit.

Keywords: parametric architecture, innovative technologies, design, algorithms, architectural form, computer technologies.

For citation: Smolova M.V., Afanaseva E.S. Parametric Architecture in the Educational Design Process// Architecture. Restoration. Design. Urban science, 2024, 1 (3), p. 289-302

1. Введение

Параметрическая архитектура, параметризм¹[1] – инновационное и динамично развивающееся направление в современном строительстве, основано на использовании компьютерных программ и алгоритмов для создания уникальных и функциональных архитектурных форм. В отличие от традиционных методов проектирования, параметризм [2] позволяет более гибко и эффективно контролировать такие переменные, как размеры, материалы и структура.

Еще в 1883 году началось строительство храма Святого Семейства в Барселоне, которое продолжается до сих пор, где одним из первых параметрический подход в архитектуре использовал Антонио Гауди². Многие специалисты считают его «первой ласточкой параметрического проектирования». Храм Святого Семейства в Барселоне, также известный как Саграда Фамилия (рис.1), поражает своей архитектурной красотой и становится демонстрацией применения параметрического подхода в архитектуре. Необычные формы, фантастические детали и органические элементы ярко воплощают концепцию параметрического дизайна. Для его проектирования Гауди делал расчёты на бумаге и записывал понятными только ему знаками и символами.



Рис. 1. Храм Святого Семейства в Барселоне (Антонио Гауди)

(Источник:

<https://yandex.ru/images/search?rpt=imageview&url=https%3A%2F%2Favatars.mds.yandex.net>

¹ Параметризм (англ. Parametricism), также параметрическая архитектура, алгоритмическая архитектура – направление в современной архитектуре, «новый стиль постиндустриального общества», «стиль цифровой эпохи».

² Антонио Гауди (полное имя - Антони Пласид Гильем Гауди-и-Корнет.), 1858 г.р. Испания. Особенности архитектурного стиля Гауди: отсутствие прямых линий, красочная мозаичность фасадов и интерьеров, сочетание цвета и света. Его самые значимые работы - Церковь Саграда Фамилия (1882-2026), Дом Висенса (1883- 1885) и Дворец Гуэля (1886-1890).

%2Fget-images-cbir%2F13210771%2FbUW6UY2NSH590OZnLpEqHw4057%2Forig&cbir_id=13210771%2FbUW6UY2NSH590OZnLpEqHw4057)

Одним из пионеров параметрического искусства, стоявшим у истоков деконструктивизма, был Фрэнк Гери³. Здание музея Соломона Гуггенхайма, построенное американцем Фрэнком Гери в 1997 году в Бильбао, было спроектировано вручную, но рассчитано на компьютере с применением передового программного обеспечения – САТИА, созданного для аэрокосмической промышленности. Для внешней оболочки здания архитектор выбрал 33 тысячи тонких титановых листов как отражателей света. Однако, как правильно замечает Бодрийяр⁴, «это идеальный пример виртуального объекта, прототип виртуальной архитектуры». Критики творчества Ф. Гери считают, что внешние эффекты архитектурной формы преобладают над функциональностью. Музей Гуггенхайма в Бильбао (рис.2) называли «Оболочка пустоты или стены без музея», «Компьютерное барокко». Ф. Гери переписал программу, которая предназначалась для проектирования реактивных самолетов. Этот этап стал прорывом в развитии параметризма как стиля.

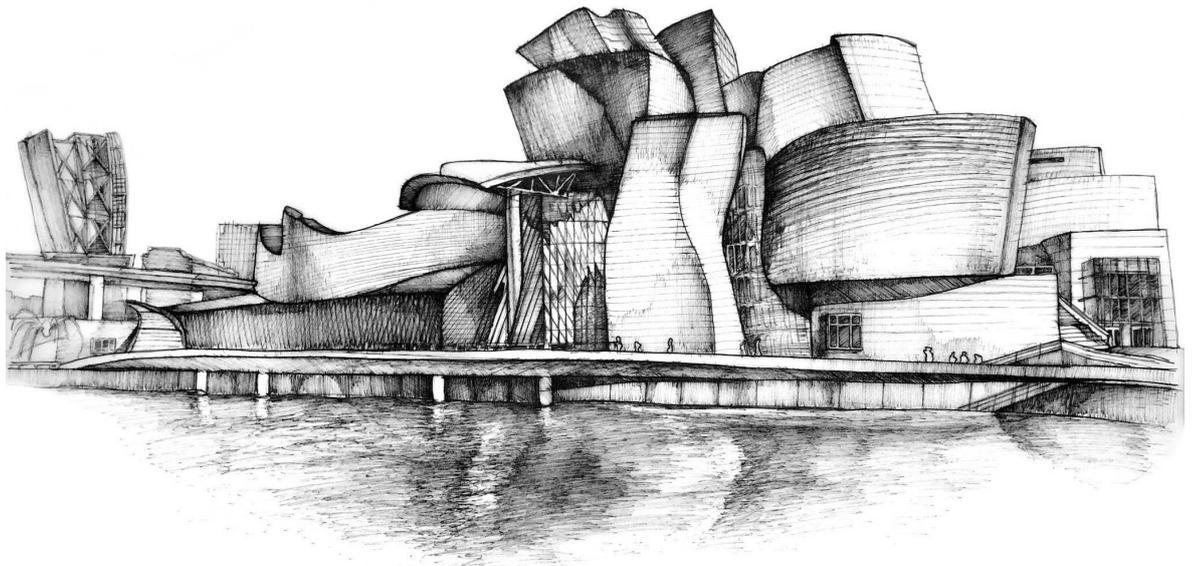


Рис. 2. Музей Гуггенхайма в Бильбао – культовое здание деконструктивизма (Фрэнк Гери, год постройки 1993-1997)

(Источник: https://pictures.pibig.info/uploads/posts/2023-04/1680884037_pictures-pibig-info-p-eskizi-frenk-geri-pinterest-11.jpg)

³ Фрэнк Оуэн Гери (Эфраим Оуэн Гольдберг, 1929 г.р. Торонто) – один из крупнейших архитекторов современности, стоявший у истоков архитектурного деконструктивизма. Среди его известных работ – Музей Соломона Гуггенхайма в Бильбао (1997), здание филиала голландского банка ING в Праге (1996), концертный зал имени Уолта Диснея в Лос-Анджелесе (2003).

⁴ Жан Бодрийяр – (1929, Реймс, Франция) французский социолог, культуролог, философ-постмодернист, фотограф.

Развитие параметризма и деятельность архитектурного проектного бюро Захи Хадид⁵ – Zaha Hadid Architects – неразрывно связано с её учеником, архитектором и философом Патриком Шумахером⁶. В 2008 году он ввел понятие «параметризм» и опубликовал «Манифест параметризма» [3]. Он рассматривал этот архитектурный стиль не только как метод архитектурного проектирования, но и как самостоятельное новое направление. Суть его заключается в том, что все архитектурные элементы должны быть связаны между собой посредством параметров, что обеспечивает гибкость всей системы. Параметры в сочетании с алгоритмическими методами формирования приводят к фундаментальным изменениям в основных элементах, определяющих стиль архитектуры. Идея манифеста Шумахера заключается в провозглашении параметризма в качестве доминирующего стиля, а также в определении масштаба изменений и перспектив развития архитектурного дизайна. Применение системного подхода к анализу и систематизации параметризма должно привести к созданию общей теории, объединяющей методы параметрического и композиционного моделирования для применения в практике дизайна.

Заха Хадид [4,5] объединила в своих проектах красоту и революционные концепции. «Жизнь не создается в виде сетки», – этой фразой она объясняет отсутствие прямых линий и углов в своих работах (рис. 3). Во внешнем облике форм преобладают «вязкие», бесшовные поверхности при отсутствии пластических делений, что делает невозможным чтение пропорциональных связей. Композиция не имеет присущей симметрии и имеет четко ощущаемые координатные оси. Ее работы говорят сами за себя, воплощая в себе мысль о новом, удивительном будущем архитектуры. Она исследовала пространственные концепции на всех уровнях и стремилась подчеркнуть, что «промышленный дизайн» и её архитектура неразрывно связаны между собой.

⁵ Заха Хадид – (родилась 1950 года в Багдаде) ирако-британский мастер архитектуры и дизайна, первая в истории женщина, получившая Притцкеровскую премию. Ее стиль узнаваем во всем мире, а созданные ею проекты считаются образцом современного архитектурного искусства. Работала в компании Рема Колхаса, открыла собственное архитектурное бюро под названием «Zaha Hadid Architects». Работая над заказами клиентов, Хадид параллельно занималась преподавательской деятельностью в Ассоциации архитекторов.

⁶ Патрик Шумахер (1961 г.р., Бонн, Германия) – лондонский архитектор и теоретик архитектуры, главный архитектор Zaha Hadid Architects. Среди его известных работ – башня Opus tower в Дубае, отель Morpheus в Макао и Международный аэропорт Пекин Дасин. Руководитель Лондонского центра водных видов спорта (Летние Олимпийские игры 2012 г.). С момента основания и до конца 1990-х Шумахер работал директором Zaha Hadid Architects, был партнером всех архитектурных проектов. После смерти Хадид в апреле 2016 года он возглавил фирму.

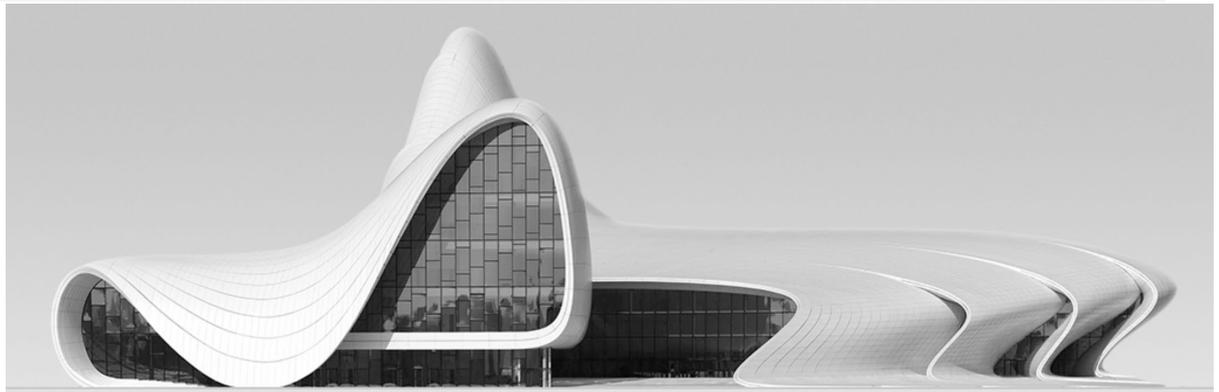


Рис. 3. Культурный центр Гейдара Алиева в Баку (Заха Хадид, проект 2007г.)
(Источник: https://baulo.club/uploads/posts/2023-01/1675135604_baulo-club-parametrizm-zakha-khadid-interer-67.png)

В 2020 году в Китае была построена «Петля мудрости» – круговая пешеходная дорожка длиной почти 700 м, новое и уникальное сооружение с архитектурной точки зрения, разработанное студией Нанн де Ру⁷. Одной из примечательных особенностей «петли мудрости» является ее гибкость и точность, которые достигаются благодаря использованию параметрического подхода. Каждый элемент исключительно точно соответствует своему месту в структуре и создает гармоничное сочетание форм и функций. По мере того, как дорожка поднимается вверх, освобождая место для павильонов, она превращается в крышу, с которой открываются потрясающие виды (рис.4). Высота подъёма достигает 25 метров. Мост облицован более чем 15 000 кусочками алюминиевой черепицы, каждый из которых пронумерован цифровым кодом.



Рис.4. «Петля мудрости» – кольцевой пешеходный мост (Китай, 2020г.)
(Источник: <https://i.archi.ru/i/343505.jpg>)

⁷ Нанн де Ру (1976, Нидерланды) – соучредитель Powerhouse Company, бюро архитектуры, исследований и урбанизма, базирующегося в Роттердаме и Копенгагене.

Египетский дизайнер Хасан Рагаб⁸ экспериментирует с использованием искусственного интеллекта в архитектуре. Его многочисленные изображения фантастических зданий стирают границы между вымыслом и реальностью. Искусственный интеллект – это инструмент, который помогает архитектору-художнику создать нечто ранее невиданное, но в глазах обывателя напоминающее то, что описывали писатели-фантасты в 20 веке. Дизайнер использует возможности инструментов искусственного интеллекта, чтобы проиллюстрировать визуальные противоречия в нашей искусственной среде, например, разобранные модули, зажатые между блоками конца 19 века, и их потенциальное будущее (рис. 5).

В 2020 году в Казани открылся крупнейший торгово-развлекательный центр Татарстана «KazanMall». Общая площадь пятиэтажного комплекса составляет 140 000 м². Это первый пример параметрической архитектуры такого масштаба в Татарстане, и именно благодаря этому «KazanMall» обретает легкость и грацию, притягивая взгляды и вызывая удивление у посетителей. «Задача была сделать новые фасадные решения», – рассказывает казанский архитектор Артур Айтбагин⁹. Вместе с ним над новым дизайном внешнего облика «KazanMall» работали Радик Валиахметов и Тимур Шигапов. Особенность здания в том, что в дизайне фасада применены татарские и мусульманские мотивы в современной интерпретации. Тема сот и мёда (татаро-башкирская тема). Также фасад напоминает «нарядный головной убор татарских и башкирских женщин» [6]. Структура здания трансформируется в зависимости от игры света и тени, что придает ему особую глубину и объёмность. Этот торговый центр представляет собой яркий пример того, как применение параметрической архитектуры может изменить восприятие обычных зданий и создать объект, который является настоящим произведением искусства.

⁸ Хасан Рагаб – египетский междисциплинарный дизайнер с архитектурным образованием. Живет в Калифорнии, занимается архитектурой, промышленным дизайном, дизайном мебели, текстильным дизайном, цифровым искусством.

⁹ Артур Айтбагин – (1978 г.р., Павлодар) архитектор и сооснователь в 2010 году бюро «Планер». Окончил Казанскую государственную архитектурно-строительную академию по специальности «Архитектура». Финалист конкурса проектов реконструкции набережной реки Казанки. Победитель второго республиканского конкурса в области архитектуры и проектирования в номинации «Лучший проект общественного здания» за ТГК «Юнус Плаза».



Рис. 5. «Города, которые мы строим», архитектор Хасан Фатаб, 2023г.
(Источник: https://static.designboom.com/wp-content/dbsub/451155/2023-02-23/the-cities-we-build_interpolating-the-old-and-the-new-2-63f719d85996c.jpg,
https://static.designboom.com/wp-content/uploads/2023/12/the-cities-we-build_interpolating-the-old-and-the-new-4-63f719d859a0b.jpg
<https://i.pinimg.com/originals/89/05/7e/89057edac8a8a54f6025de38d3fbb146.jpg>)



Рис. 6. Торгово-развлекательный центр «KazanMall» (Казань, 2020г.)
(Источник: <https://s.tnv.ru/iblock/317/c8fced24a9d11de906aaa911ac4016a9.jpg>)

Целью статьи является исследование параметрической архитектуры в образовательном процессе проектирования.

2. Методы

В процессе исследования был использован метод обзора литературных источников, анализ учебных планов направления подготовки 07.03.03 «Дизайн архитектурной среды».

3. Результаты и обсуждения

В настоящий момент в образовательном дизайне все чаще поднимается вопрос о формировании у студентов «параметрического дизайн-мышления», знаний теории и принципов построения формы.

Это новое направление в образовательных программах зарубежных архитектурных школ [7], таких как AA School of Architecture в Лондоне, SCI-Arc в Лос-Анджелесе и ETH Zurich в Швейцарии, где параметрический дизайн активно используется в учебном процессе и научных исследованиях. Российские архитектурные школы также идут в ногу со временем и внедряют параметрические методы [8] и инструменты в практику обучения своих студентов. Это позволяет им совершенствовать свои навыки, работать более эффективно и инновационно, а также находить новые архитектурные решения и идеи. Студенты учатся работать с алгоритмами, программным обеспечением и специализированными инструментами для создания сложных форм и структур. Они изучают принципы дизайна, материалов и конструкций, а также разрабатывают навыки моделирования и визуализации.

В рамках Казанского государственного архитектурно-строительного университета (КГАСУ) на всех направлениях подготовки Института архитектуры и дизайна, а в частности «Дизайна архитектурной среды» [9] параметрический подход активно используется, начиная со 2 курса [10]. Все 4 курсовых проекта — это 4 этапа: «Композитный дизайн архитектурной формы» (структурный «скелет»), «Дизайн архитектурного фасада» («архитектурная оболочка»), «Дизайн внутреннего пространства» (interior), «Дизайн внешнего пространства» (exterior) [11]. В конце данного курса студенты разрабатывают целый комплекс, состоящий из параметрической башни, павильона, моста, навеса и других сопутствующих элементов дизайна и архитектуры [12].

Первый курсовой проект был отведен на создание параметрических большепролетных конструкций, в рамках которого студентам предстояло сделать композицию из минимум 4-х элементов: башня, мост, навес и павильон. Сначала происходило знакомство с самим термином «параметрика», изучение проектов-аналогов известных выдающихся архитекторов в этом направлении и непосредственно создание своих моделей. Для этих целей использовали программу Revit, где студенты научились создавать элементы, задавать параметры и писать алгоритмы. Криволинейность и плавность изменения геометрии оболочек достигались за счет использования тригонометрических функций. Параметрические зависимости в таблице позволяли студентам изменять форму структуры в процессе моделирования в режиме реального времени, экспериментируя с различными коэффициентами (в основном, с частотой и амплитудой генерирующей функции). Этот метод также был применен к пространственным поворотными конструкциями с использованием специального «универсального» компонента «моделирования на основе шаблонов», который входит в стандартный набор Revit. На данном этапе проект направлен на разработку и развитие у студентов навыков художественного моделирования с использованием пространственных стержневых конструкций на основе BIM-технологий.

Задание второго проекта заключалось в создании дизайна архитектурного фасада. В ходе этого проекта определялось соотношение сплошных и остекленных поверхностей ограждающих конструкций и ставилась задача спроектировать витражи окон и несущих элементов остекления, такие как крепления типа «паук», а также входной блок с навесом, площадку перед входным узлом с элементами ландшафтного дизайна и вечернего освещения. Важная роль отводилась системе упражнений, посвященных алгоритмическому построению орнаментов и фасадных панелей, которые могут быть использованы в качестве декоративного элемента [13].

Третий курсовой проект отводился на создание нежилого интерьера в одном из объектов параметрической архитектуры. В условиях криволинейных стен нужно было создать уникальное пространство – интерьер административного здания образовательно-лингвистического центра «Restart».

И в заключительном, четвертом, курсовом проекте студентам предстояло собрать все вышеперечисленное и разработать комплекс предметно-пространственной среды. Для этого было необходимо продумать схемы передвижения людей и транспорта, схему озеленения и освещения, создать условия для комфортного времяпрепровождения для людей, проживающих в этом комплексе. Кроме того, задача состояла в проектировании городской мебели, навесов, павильонов и других элементов уличного оборудования, ландшафтного дизайна, образующих так называемую городскую площадку или партер.

Особая роль отводится синтезу графического дизайна и архитектуры, где особую роль играют анаморфные трехмерные изображения в предметно-пространственной среде города и динамическая цвето-световая композиция в архитектуре [14].

Этот подход помогает лучше понять современные тренды в архитектуре и быть готовыми к вызовам будущего. Использование параметрического дизайна в образовательном процессе помогает развивать свои профессиональные навыки и подготовиться к успешной карьере в области архитектуры и дизайна.

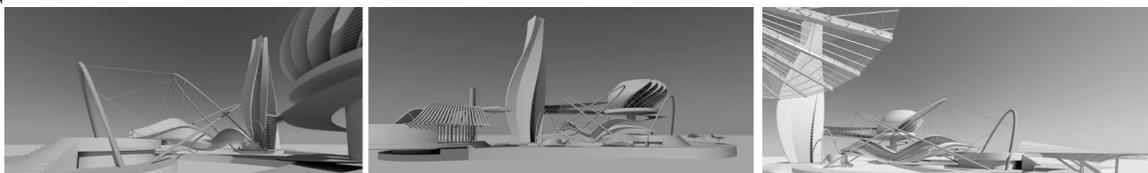


Рис. 7. Дизайн большепролетной конструкции
(Источник: проект автора Афанасьевой Е.С., 2курс, Revit)

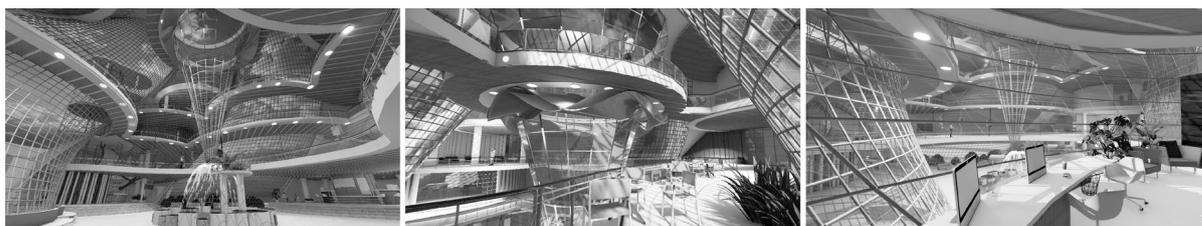


Рис. 8. Дизайн внутреннего пространства
(Источник: проект автора Афанасьевой Е.С., 2курс, Revit)



Рис. 9. Дизайн внешнего пространства
(Источник: проект автора Афанасьевой Е.С., 2 курс, Revit)

Сегодня для полноценной подготовки специалиста в области архитектуры и дизайна интеллектуальные и цифровые технологии должны внедряться с первых этапов образовательного процесса. Современные эксперименты в области архитектурной морфологии, включая цифровую архитектуру, могут быть непонятны неподготовленным студентам без четко выстроенной методологии и алгоритмов проектной работы. Обзор литературы показывает, что наиболее популярным инструментом параметрического проектирования является Autodesk Revit с широким набором базовых инструментов и дополнений для реализации генеративного метода трехмерного моделирования архитектурной формы, вывода необходимой проектной документации и последующей презентации своего продукта [15-18].

С развитием компьютерных технологий параметрическая архитектура становится все более популярной и востребованной. Использование компьютерных методов позволяет синтезировать большое количество возможных вариантов объемно-пространственной и планировочной организации будущей архитектурной формы в рамках установленных параметров и алгоритмов работы. Современные программы параметрического проектирования, такие как Grasshopper, Rhinoceros, Revit, позволяют создавать сложные формы, оптимизировать конструкции и адаптировать проекты под различные параметры и требования. Официальный релиз первой версии Autodesk Revit вышел еще в 2000 году. Revit, как и другие подобные продукты, работает по одному принципу: программы позволяют управлять значениями. Модель становится свободно редактируемой и «чувствующей» геометрические связи с другими объектами. При изменении одного значения в таблице все остальные параметры автоматически пересчитываются. Благодаря этой функции архитекторам и дизайнерам не нужно проектировать и рассчитывать несколько вариантов модели.

Использование методов визуального программирования (Grasshopper и Dynamo) в сочетании с BIM-технологиями в рамках таких программ, как Revit Architecture, Digital Project, ArchiCAD и Tekla Structures, сочетание программ геометрического моделирования и строительных программных систем, таких как Revit, позволяет воплощать архитектурные фантазии в рамках существующих технологий.

Заключение

Таким образом, параметрические методы играют все более важную роль в обучающем проектировании как для интенсификации процесса поиска формы, так и для автоматизированного создания чертежей.

Параметрическая архитектура представляет собой новую эру в современном строительстве, основанную на компьютерных программах и алгоритмах. Такой подход позволяет создавать уникальные и функциональные формы, открывая новые возможности для архитекторов и дизайнеров. Манифест параметризма, провозглашенный Патриком Шумахером, выдвигает идею параметрического соединения всех элементов архитектуры, предвосхищая коренные изменения и развитие новых стилистических направлений. В будущем параметрическая архитектура будет использоваться в широком спектре проектов, включая жилые и коммерческие здания, городскую инфраструктуру и общественные пространства. Она позволит создать взаимосвязь между природой и архитектурой, гармонично вписываясь в окружающую среду.

Список литературы

1. Надыршин Н. М. Параметризм как стиль в архитектурном дизайне // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 1(150). – С. 53-57. – EDN PYNUPH.
2. Хамидуллина А., Надыршин Н. М. Параметризм в дизайне: инструмент или стиль? // Дизайн-ревью. – 2012. – № 3-4. – С. 113-118. – EDN VFMPBF.
3. Мелодинский Д. Л. Художественная практика архитектуры параметризма: восторги и разочарования // Архитектура и современные информационные технологии. – 2017. – № 4(41). – С. 6-23. – EDN ZSGJQP.
4. Нестерова А. А. Параметрическая архитектура Захи Хадид // Дни науки студентов Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых: Сборник материалов научно-практических конференций, Владимир, 20 марта – 07 2023 года. – Владимир: Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2023. – С. 726-730. – EDN ПМУОВ.
5. Юровская Ю. В. Математические аналогии и параметрическое моделирование в проектном поиске Захи Хадид // Архитектура и строительство России. – 2023. – № 4(248). – С. 92-99. – EDN KAYUFA.
6. Надыршина Л. И., Надыршин Н. М. Динамический фасад городских кластеров со «скучной архитектурой» // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Интеллектуальный город: устойчивость, управление, архитектура, реновация, технологии», Казань, 08–10 ноября 2018 года / Под общей редакцией Романовой А.И. – Казань: ООО "Новое знание", 2018. – С. 20-29. – EDN YYWQEX.

7. Бочкарева А. И., Надыршин Н. М. Параметрический дизайн в зарубежных архитектурных школах // Дизайн-ревью. – 2012. – № 3-4. – С. 118-122. – EDN VFMPBR.
8. Михайлова А. С., Надыршин Н. М. Бионические паттерны в архитектуре и дизайне // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 4(38). – С. 96-103. – EDN ХАКНWL.
9. Белов М.И., Михайлова А.С., Надыршин Н.М., Сафин Р.С., Хафизов Р.Р. Методика визуального программирования в архитектурно-дизайнерском проектировании // Дизайн. Материалы. Технология. – 2023. – № 4(72). – С. 27-33. – DOI 10.46418/1990-8997_2023_4(72)_27_33. – EDN IHVJMC.
10. Mikhailov S., Mikhailova A., Nadyrshine N., Nadyrshine L. BIM-technologies and digital modeling in educational architectural design // IOP conference series : Materials Science and Engineering, Kazan, 29 апреля – 15 2020 года. Vol. 890. – Kazan, Russia: IOP Science, 2020. – P. 012168. – DOI 10.1088/1757-899X/890/1/012168. – EDN RCNIBS.
11. Михайлов С. М., Михайлова А. С. Архитектурно-дизайнерское образование: изменение правил игры // Архитектура и строительство России. – 2023. – № 1(245). – С. 42-45. – EDN УННРKR.
12. Михайлов С. М., Михайлова А. С., Надыршин Н. М. Возвращение к психоаналитическому методу Ладовского в условиях современных цифровых технологий // Архитектура и строительство России. – 2022. – № 1(241). – С. 56-59. – EDN XTFERA.
13. Nadyrshine N., Nadyrshine A.F., Khafizov R., Ibragimova N., Mkhitarian K. Parametric methods for constructing the Islamic ornament // E3S Web of Conferences Volume 274 (2021): 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE - 2021), Kazan, 21–28 апреля 2021 года. Vol. 274. – France: EDP Sciences, 2021. – P. 9009. – DOI 10.1051/e3sconf/202127409009. – EDN ZPSWSP.
14. Mikhailov S., Khafizov R., Mikhailova A., Nadyrshine N., Nadyrshine L. Supergraphics as a project and artistic method in design of a modern city // IOP conference series : Materials Science and Engineering, Kazan, 29 апреля – 15 2020 года. Vol. 890. – Kazan, Russia: IOP Science, 2020. – P. 012003. – DOI 10.1088/1757-899X/890/1/012003. – EDN EYRMPS.
15. Шипелев И. Л. Аверин В. Э., Нелюдимов А. Д. О преимуществах и недостатках при работе с ПК Autodesk // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. – 2023. – Т. 1. – С. 409-414. – EDN ZCLHOR.
16. Шумилов К. А. Гурьева Ю. А. Пластичные формы архитектуры в Dynamo-Revit и Grasshopper-Rhino-Archicad // Омский научный вестник. – 2023. – № 2(186). – С. 82-90. – DOI 10.25206/1813-8225-2023-186-82-90. – EDN XBGSSM.
17. Плахутина А. А. Проектирование промышленного здания в BIM системах Revit и Renga // Строительство и архитектура. – 2022. – Т. 10, № 4. – С. 106-110. – DOI 10.29039/2308-0191-2022-10-4-106-110. – EDN TQNXDB.

18. Медяник Ю. В., Хафизов Р. Р. Инжиниринг в строительстве // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2020. – № 1(51). – С. 172-180. – EDN FXMZOT.

References

1. Nadyrshin N. M. Parametricism as a style in architectural design // Bulletin of the Orenburg State University. – 2013. – No. 1(150). – P. 53-57. – EDN PYNUPH.
2. Khamidullina A., Nadyrshin N. M. Parametricism in design: tool or style? // Design review. – 2012. – No. 3-4. – P. 113-118. – EDN VFMPBF.
3. Melodinsky D. L. Artistic practice of parametric architecture: delights and disappointments // Architecture and modern information technologies. – 2017. – No. 4(41). – P. 6-23. – EDN ZSGJQP.
4. Nesterova A. A. Parametric architecture of Zaha Hadid // Science Days of students of Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov: Collection of materials of scientific and practical conferences, Vladimir, March 20 - 07, 2023. – Vladimir: Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov, 2023. – P. 726-730. – EDN IIMUOB.
5. Yurovskaya Yu. V. Mathematical analogies and parametric modeling in the design search of Zaha Hadid // Architecture and construction of Russia. – 2023. – No. 4(248). – P. 92-99. – EDN KAYUFA.
6. Nadyrshina L. I., Nadyrshin N. M. Dynamic facade of urban clusters with «boring architecture» // Collection of proceedings of the international scientific and practical conference «Intellectual city: sustainability, management, architecture, renovation, technology», Kazan, 08– November 10, 2018 / Under the general editorship of Romanova A.I. - Kazan: LLC "New Knowledge", 2018. - P. 20-29. – EDN YYWQEX.
7. Bochkareva A. I., Nadyrshin N. M. Parametric design in foreign architectural schools // Design review. – 2012. – No. 3-4. – P. 118-122. – EDN VFMPBP.
8. Mikhailova A. S., Nadyrshin N. M. Bionic patterns in architecture and design // News of KSUAE. – 2016. – No. 4(38). – pp. 96-103. – EDN XAKNWL.
9. Belov M.I., Mikhailova A.S., Nadyrshin N.M., Safin R.S., Khafizov R.R. Methods of visual programming in architectural design // Design. Materials. Technology. – 2023. – No. 4(72). – P. 27-33. – DOI 10.46418/1990-8997_2023_4(72)27_33. – EDN IHVJMC.
10. Mikhailov S., Mikhailova A., Nadyrshina N., Nadyrshina L. BIM-technologies and digital modeling in educational architectural design // IOP conference series: Materials Science and Engineering, Kazan, 29 апреля – 15 2020 года. Vol. 890. – Kazan, Russia: IOP Science, 2020. – P. 012168. – DOI 10.1088/1757-899X/890/1/012168. – EDN RCNIBS.
11. Mikhailov S. M., Mikhailova A. S. Architectural and design education: changing the rules of the game // Architecture and construction of Russia. – 2023. – No. 1(245). – P. 42-45. – EDN UHHPKR.

12. Mikhailov S. M., Mikhailova A. S., Nadyrshin N. M. Return to Ladovsky's psychoanalytic method in the context of modern digital technologies // Architecture and construction of Russia. – 2022. – No. 1(241). – P. 56-59. – EDN XTFERA.

13. Nadyrshine N., Nadyrshine A.F., Khafizov R., Ibragimova N., Mkhitarian K. Parametric methods for constructing the Islamic ornament // E3S Web of Conferences Volume 274 (2021): 2nd International Scientific Conference on Socio-Technical Construction and Civil Engineering (STCCE - 2021), Kazan, 21–28 апреля 2021 года. Vol. 274. – France: EDP Sciences, 2021. – P. 9009. – DOI 10.1051/e3sconf/202127409009. – EDN ZPSWSP.

14. Mikhailov S., Khafizov R., Mikhailova A., Nadyrshine N., Nadyrshine L. Supergraphics as a project and artistic method in design of a modern city // IOP conference series: Materials Science and Engineering, Kazan, 29 апреля – 15 2020 года. Vol. 890. – Kazan, Russia: IOP Science, 2020. – P. 012003. – DOI 10.1088/1757-899X/890/1/012003. – EDN EYRMPS.

15. Shipelev I. L., Averin V. E., Nelyudimov A. D. On the advantages and disadvantages of working with Autodesk PC // New ideas of the new century: materials of the international scientific conference FAD TOGU. – 2023. – T. 1. – P. 409-414. – EDN ZCLHOR.

16. Shumilov K. A., Guryeva Yu. A. Plastic forms of architecture in Dynamo-Revit and Grasshopper-Rhino-Archicad // Omsk Scientific Bulletin. – 2023. – No. 2(186). – P. 82-90. – DOI 10.25206/1813-8225-2023-186-82-90. – EDN XBGSSM.

17. Plakhutina A. A. Design of an industrial building in BIM systems Revit and Renga // Construction and architecture. – 2022. – T. 10, No. 4. – P. 106-110. – DOI 10.29039/2308-0191-2022-10-4-106-110. – EDN TQNXDB.

18. Medyanik Yu. V., Khafizov R. R. Engineering in construction // News of KSUAE. – 2020. – No. 1(51). – P. 172-180. – EDN FXMZOT.