

**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ДЛЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И РАСЧЕТА СООРУЖЕНИЙ  
ПРОГРЕССИВНОЙ АРХИТЕКТУРЫ**

М.С. САЛЕХ, студентка  
Российский Университет Дружбы Народов,  
117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6  
[ev\\_marisha33@yahoo.com](mailto:ev_marisha33@yahoo.com)

*Возрастающая сложность и многоплановость задач, решаемых в практике современного архитектурного проектирования, изменение социально-экономических условий самой работы архитектора требуют дальнейшего совершенствования проектного дела, широкого применения прогрессивных методов, приемов и технических средств в архитектурном творчестве. С каждым годом расширяется объем внедрения вычислительной техники в архитектурно-строительное проектирование.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** автоматизированное проектирование, параметризм, формообразование, бионика, архитектура будущего.

Методы автоматизированного проектирования используются на всех этапах создания объектов архитектуры. В связи с этим все более актуальной становится задача эффективного использования столь мощного инструмента интенсификации творческой деятельности.

Современные методы автоматизированного проектирования оказали неоценимое влияние на формообразование современной архитектуры, более того можно констатировать появление нового архитектурного стиля - параметризма (рис. 1). Свое начало данный стиль берет



Рис. 1. Оперный театр в Марокко, Заха Хадид

в методах анимационного моделирования [1]. Его последующее развитие основывается на продвинутых системах параметрического проектирования и скриптовых методах. Данный стиль получил широкое распространение благодаря



Рис. 2. Проект станции метро Король Абдула в Саудовской Аравии, Zaha Hadid Architects

студии Zaha Hadid Architects [2], а в особенности Патрику Шумахеру, который опубликовал «Манифест параметризма». Параметризм вдохновляет архитекторов на создание архитектуры будущего. Дизайнеры и архитекторы стоят перед новым стилем, а не просто перед набором новых методов. Технические приемы, такие как использование анимации, симуляции, и инструменты формообразования, в равной степени, как и параметрическое моделирование и программирование, сформировали новое общественное движение с радикально новыми целями и ценностями. Отличительной чертой параметризма является чувство бесшовной текучести (рис. 2), созданное при помощи современных систем компьютерного моделирования.

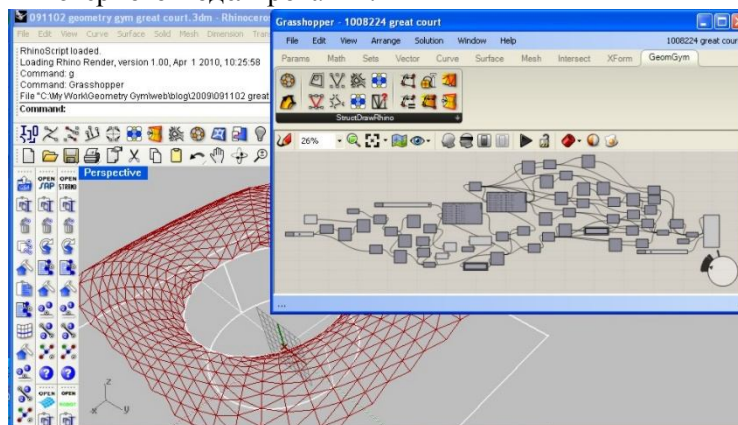


Рис. 3. Интерфейс программы Rhino с плагином Grasshopper

Методы автоматизированного проектирования основываются на применении таких вычислительных и моделирующих программ, как например, 3Ds max, Maya, Rhinoceros (рис. 3) с плагином Grasshopper, Autodesk Revit, Blender [3]. Данные платформы можно сравнить с одной из самых распространенных программ для расчета в России - ПК Ли́ра. Программный комплекс применяется для проектирования и расчета строительных и машиностроительных конструкций. Расчет выполняется методом конечных элементов на статические (силовые и деформационные) и динамические воздействия. Производится подбор или проверка сечений стальных конструкций и армирование сечений железобетонных конструкций. Выдаются эскизы рабочих чертежей, а также чертежи желе-

зобетонных элементов. Множественные специализированные системы, позволяют моделировать работу массивов грунта, рассчитывать мостовые сооружения, моделировать работу сооружения в процессе монтажа, исследовать поведение конструкции под динамическими воздействиями во времени и многое другое. Стоит заметить, что многие пользователи отдают предпочтение плагину Grasshopper, так как он дает возможность к, непосредственному, программированию и созданию собственных дополнений (аддонов), которые нужны для автоматизированного проектирования (рис.5, 6).

Этапы разработки параметрических объектов, в большей степени, сосредоточены на автоматизированном подходе, который включает в себя: поиск формы, расчет конструкции и разработка чертежей.

Одной из самых актуальных проблем в практике архитектора является поиск формы. Существует большое количество известных методов поиска, которые могут зависеть от образа, стиля, функций и назначения здания. Таким образом параметрический стиль подразумевает создание



Рис. 4. Оперный театр, MAD Architects

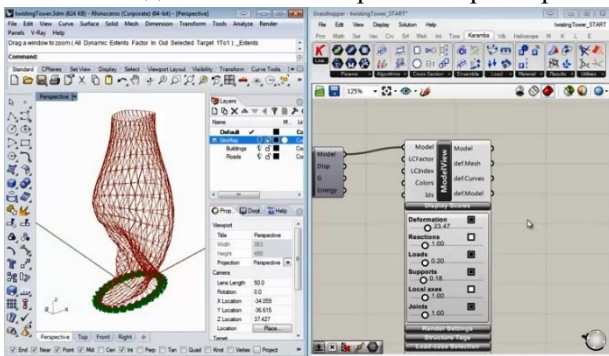


Рис. 5. Анализ конструкции с помощью аддона Kangaroo

нового метода формообразования, основанный на применении такой программы как Rhinoceros с плагином Grasshopper [4]. Данная программа является не единственным инструментом для создания параметрической архитектуры, существует большое количество других, например, Autodesk Revit с плагином Dinamo [5]. Неоспоримым преимуществом всей системы параметрического проектирования является то, что можно редактировать модели, созданный в одной программе, а затем конвертировать и изменять в другой, таким образом возникает большое количество удобных путей и возможностей для проектирования.

Неоспоримым преимуществом всей системы параметрического проектирования является то, что можно редактировать модели, созданный в одной программе, а затем конвертировать и изменять в другой, таким образом возникает большое количество удобных путей и возможностей для проектирования.

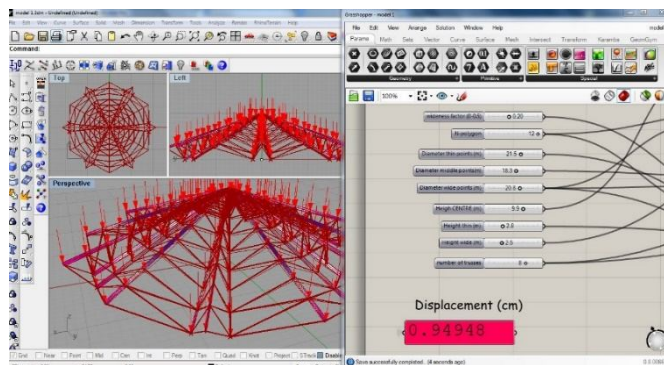


Рис. 6. Симуляция деформации конструкции с помощью аддона Kangaroo

Плагин Grasshopper дает безграничные возможности формообразования. Процесс моделирования в Grasshopper – это создание алгоритма. У Grasshopper нодовый интерфейс (рис.3), это значит, что мы не пишем текст скрипта, а соединяем ноды (компоненты или «батарейки») и задаем некоторые опции. Алгоритм состоит из исходных данных или параметров (чисел, геометрии Rhino или Grasshopper, сторонних данных) и последовательности действий с ними. В результате генерируются как геометрия, так и сопутствующая информация (объемы, площади, маркировка, размеры и т.д.). Как результат, в любой момент можно поменять исходные данные (например, пути сдвига, количество точек деления, высоту или количество копий) и вся модель перестроится. Отличие генеративного моделирования от традиционного подхода состоит в том, что мы создаем не просто модель, а логику, по которой можно получить модель при любых исходных данных. Создав скрипт один раз, его можно многократно использовать и редактировать дальше. Самым известным методом является создание набора точек, затем линии по существующим точкам, после чего набор линий можно превратить в любую поверхность. К этому можно применить большое количество модификаторов: скручивание, изгиб, выталкивание и т.д. Такой подход автоматизированного формообразования зависит от самой программы и от архитектора, который задает основные параметры, но форма может быть самой непредсказуемой, на этом этапе архитектор принимает решение о целесообразности и эстетических составляющих очертаний будущего здания. При выборе формы архитектор в первую очередь основывается на назначении здания и на техническом задании заказчика. Если говорить о параметрической архитектуре, то такие здания, изначально, представляют собой сложную геометрию. Таким образом зачастую здания гражданского назначения проектируются более экономичными и менее авангардными, а при разработке общественных зданий (театры) (рис.4) у архитектора появляется больше свободы для творчества и можно заметить появление еще более сложной геометрии. Такой прогрессивный подход все время толкает архитектуру к образованию новых направлений и стилей [6].

Когда процесс формообразования завершен, необходимо рассчитать конструкцию на прочность, подобрать узлы и принять решения по технической составляющей проекта, а также протестировать, выбранные (по эстетическим критериям) формы и найти оптимальные (экономичные) варианты. На данном этапе возможно воспользоваться тем же универсальным плагином Grasshopper, к которому в свою очередь нужны дополнения, называемые аддонами. С помощью дополнения galapagos можно оптимизировать модель под конкретные требования, например, найти наилучшее расположение объектов, минимизировать количество материала для производства или найти оптимально освещенную форму [7]. Сначала необходимо указывать какие параметры мы хотим менять и какое число необходимо максимизировать или минимизировать. После запуска компонента, galapagos подбирает случайные исходные значения, просчитывает результат. Далее он скрещивает наиболее удачные комбинации значений подбирая те, при которых будет достигнут наилучший результат [8]. Таким образом симулируется эволюционное развитие модели. С помощью дополнений можно:

- симулировать физические явления, гравитация, и отталкивание, прогиб и др. (с помощью Kangaroo) (рис. 5).
- создавать циклы или петли, то есть повторяющуюся часть скрипта. В частности, с помощью петель можно создавать фрактальную геометрию (Anemone, Hoopsnake)
- рассчитывать конструкции на прочность [9], автоматически подбирая узел с наименьшим количеством материала (Karamba), а также с помощью этого дополнения можно задавать любые деформации конструкции (рис. 6).



- панелизовать поверхности, создавать фермы и пространственные оболочки (LunchBox).



Рис. 7. Проект пешеходного моста в Париже, DVVD Architects

Разработка чертежей и документации является важнейшим процессом в архитектурном проектировании. Обычно используют системы CAD или Revit. На этом этапе также можно использовать плагин Grasshopper с аддоном Tekla. Примером такого инновационного подхода является проект пешеходного моста в Париже [10], разработанного DVVD Architects (рис. 7).



Рис. 8. Многофункциональный комплекс в Москве

Метод автоматизированного проектирования помог автору создать параметрические архитектурные объекты: проект многофункционального жилого комплекса в Москве (рис. 8) и проект участка блокированных домов в Бресте (рис. 9). Модели зданий были выполнены в программе Rhino с дополнением Grasshopper.



Рис. 9. Участок жилого района в Бресте

**Заключение.** Прогрессивная архитектура создала новый стиль и метод проектирования, открывая новые универсальные программы, делающие процесс проектирования многофункциональным и удобным. Что касается математического обеспечения процесса проектирования сложных форм, то здесь можно указать на работу [11], где даны уравнения более 500 аналитических поверхностей и показаны возможности некоторых из них применительно к прогрессив-

ной архитектуре. Архитектурные формы, построенные на основе произвольных поверхностей, не задаваемых аналитически, рассмотрены также в статье [12].

Л и т е р а т у р а

1. *Шумахер, П.* Параметризм – Новый Глобальный Стил для Архитектуры и Городского Дизайна [Сетевой ресурс]. – URL: [http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism\\_Russian%20text.html](http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism_Russian%20text.html).
2. *Хитека.* Копилка знаний и идей по развитию архитектуры и автоматизации проектирования/[Электронный ресурс] <http://www.hiteca.ru/2013/10/manifesto.html>.
3. *Digital Bakery* Высокотехнологичная архитектура// [Электронный ресурс] <http://digitalbakery.ru/archive/architects>.
4. *Точка ветвления* // Электронный ресурс <http://branchpoint.ru>.
5. *Кун Т.С.* Структура научных революций. – University of Chicago Press, 1962. – P. 10-15.
6. *Надыршин Н. М.* Параметризм как стиль в архитектурном дизайне// ВЕСТНИК ОГУ. – 2013. - № 1. – С. 53.
7. *Лотко А. И.* Архитектура: авангард, абсурд, фантастика. – Минск: Беларус, навука, 2012. -206 с.
8. <http://digitalgipsy.org/2016/02/21/footbridge-in-paris/>
9. *Иванов В.Н., Рынковская М.И.* Применение циклических поверхностей в архитектуре зданий, конструкций и изделий // Вестник РУДН. Серия Инженерные исследования. – 2015. - №3. – С. 111-119
10. *Arturo Tedeschi.* AAD\_Algorithms-Aided Design. - Le Penseur, Italy, 2014. – P. 19-36.
11. *Krivoshapko S.N., Ivanov V.N.* Encyclopedia of Analytical Surfaces. – Springer International Publishing Switzerland, 2015. – 752 p.
12. *Кривошапко С.Н.* Обзор современного состояния теории оболочек сложной геометрии и оболочек в форме аналитически неопределимых поверхностей// Монтажные и специальные работы в строительстве. – 1998. – №5. – С. 24-28.

References

1. *Schumacher, P.* Parametrizm is New Global Style for Architecture and Urban Design [Network resource]. - URL: [http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism\\_Russian%20text.html](http://www.patrikschumacher.com/Texts/Parametricism_Russian%20text.html).
2. *Hiteca.*(2013). *Piggy bank of knowledge and ideas on the development of architecture and design automation*, [Electronic resource] <http://www.hiteca.ru/2013/10/manifesto.html>.
3. *Digital Bakery. High-tech architecture*, [El. resource] <http://digitalbakery.ru/archive/architects>.
4. *The branch point*, Electronic resource <http://branchpoint.ru>.
5. *Kuhn, T.S.* (1962). *Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, p. 10-15.
6. *Nadyrshin, N.M.* (2013). Parametrizm as a style in architectural design, Bulletin OGU, 1, p. 53.
7. *Lotko, A.I.*(2012). *Architecture: Avant-Garde, Absurd, Fantastic*, Minsk: Bel. Navuka, 206 p.
8. <http://digitalgipsy.org/2016/02/21/footbridge-in-paris/>
9. *Ivanov, V.N., Rynkovskaya, M.I.* (2015). Application of circular surfaces to the architecture of the buildings, structures and products. *Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series Engineering Researches*, Vol. 3, pp. 111-119.
10. *Arturo Tedeschi* (2014). AAD\_Algorithms-Aided Design, Le Penseur, Italy, p. 19-36.
11. *Krivoshapko, S.N., Ivanov, V.N.* (2015). *Encyclopedia of Analytical Surfaces*, Springer International Publishing Switzerland, 752 p.
12. *Krivoshapko, S.N.* (1998). A review of modern condition of theory of shells of complex geometry and shells in the form of surfaces given by not analytical equations, *Montazhn. i Spetz. Raboty v Stroit.*, № 5, pp. 24-28.

**APPLICATION OF MODERN TECHNIQUES AIDED DESIGN FOR FORMING AND CALCULATION OF PROGRESSIVE ARCHITECTURE**

M.S. SALEH

*Peoples' Friendship University of Russia, Moscow*

The increasing complexity and diversity of problems in the practice of contemporary architectural design, changes the socio-economic conditions of the architect work, this requires a further improvement of design process, extensive use of advanced methods, techniques and equipment in the architectural work. Every year, there is an expansion of implementation of computer technology in the architectural and construction design.

**KEYWORDS:** Computer-aided design, parametrisation, morphogenesis, bionics, futuristic architecture.