АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ БИОМИМЕТИЧЕСКОЙ МАЛОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ

ALGORITHMIC DESIGN METHOD IN DEVELOPMENT OF ADAPTIVE SMALL ARCHITECTURAL FORMS

УДК 72.01

Комарова А.А., студент 2 курса, факультет «Архитектура», Донской Государственный Технический Университет, Россия, г. Ростов-на-Дону
Клименко П.Я., доцент кафедры «Архитектура», Донской Государственный Технический Университет, Россия, г. Ростов-на-Дону

Komarova A.A., 2nd year student, Faculty of Architecture, Don State Technical University, Russia, Rostov-on-Don
Klimenko P.Ya., Associate Professor of the Department of Architecture, Don State Technical University, Russia, Rostov-on-Don

Аннотация: В статье рассматривается процесс создания малой архитектурной формы, полученной средствами вычислительного проектирования и исследований в области биомиметической архитектуры. Сегодня, вычислительное проектирование находит все больше применения в решении различных архитектурных задач. Вычислительные методы, применяемые в архитектурном проектировании, позволяют работать с огромными объемами данных, в том числе воспроизводить модели и процессы живой природы. Таким образом, возник новый этап развития потенциала уже ранее известного подхода в архитектурном проектировании – биомиметической

архитектуры, которая представляет собой исследование природы, ее моделей, систем, процессов с целью поиска решений для возникающих в архитектурной практике задач. На примере разработанной малой архитектурной формы описываются преимущества используемого алгоритма, такие как: воплощение геометрически сложной формы, снижение сроков реализации, адаптация формы, основанная на работе воздействующих на нее нагрузок, минимальный расход материала.

Annotation: The article discusses the process of creating a small architectural form, obtained by means of computational design and research in the field of biomimetic architecture. Today, computational design finds more and more applications in solving various architectural problems. Computational methods used in architectural design allow you to work with huge amounts of data, including the reproduction of models and processes of living nature. Thus, a new stage in the development of the potential of an already known approach in architectural design - biomimetic architecture, which is the study of nature, its models, systems, processes in order to find solutions for problems arising in architectural practice - has arisen. On the example of the developed layout of a small architectural form, the advantages of the used algorithm are described, such as: the embodiment of a geometrically complex shape, reduction in implementation time, shape adaptation based on the work of the loads acting on it, minimum material consumption.

Ключевые слова: вычислительный метод, биомиметика, алгоритмическое проектирование, устойчивость, процесс оптимизации, инструменты моделирования, биомиметика, алгоритм, формообразование, природные заимствования.

Key words: computational method, biomimetics, algorithmic design, sustainability, optimization process, modeling tools, biomimetics, algorithm, shaping, natural borrowing.

Введение. Вычислительное (алгоритмическое) проектирование применяется к объектам разного масштаба - от ювелирного дизайна до

архитектуры и градостроительства. Рассматриваемый макет павильона демонстрирует полный цикл создания объекта: от исследований в области биомиметики и проектирования до изготовления и монтажа, без применения специализированной техники.

Особенностью биомиметических архитектурных объектов является их точная «калибровка»: в живых организмах структура, направленность и плотность конструктивов «просчитаны» так, чтобы «расход» материала был сведен к минимуму и был строго обоснован [1]. Именно этот принцип был использован в работе над формой верхней поверхности биомиметического павильона. Поверхность была найдена посредством вычислительного алгоритма и представляет собой двойную двояко изогнутую оболочку положительной и отрицательной кривизны, которая не позволяет этой форме деформироваться.

Создание малой архитектурной формы.

Создание малой архитектурной формы заключалось в следующих этапах:

1. Изучение природных организмов, явлений, которые рассматривались с точки зрения формы, материалов, конструкции, процессов и функций. Найденные в природе свойства в дальнейшем были заложены в алгоритм и позволили решить основные поставленные проектные задачи такие, как: устойчивость конструкции, обоснованный расход материала.

В процессе исследований было уделено особое внимание теме применения принципа «силовых полей» в архитектуре. Магнитное поле представляет собой естественное силовое поле, которое можно использовать для моделирования: скорости и направления движущейся жидкости в пространстве; гравитации и траектории воздушных потоков; логической силы притяжения и отталкивания от определенных объектов.

В принцип «силовых полей» объединены современные знания, связанные с исследованиями минимальных поверхностей, средней кривизны, комплексных чисел и гармонических функций.

Это явление было перенесено в алгоритмиризированную среду визуального программирования – Grasshopper.

Grasshopper - это графический редактор алгоритмов, интегрированный в инструменты моделирования Rhino3D [2].

Векторные поля в Grasshopper используют уравнения Лапласа, что позволяет генерировать гладкую непрерывную поверхность, не имеющую выступов. В особых точках потока поверхность поворачивается вертикально, но поскольку это единственная точка на плане, у нее никогда не будет «отваливающегося» края, самый прямой путь вниз всегда на поверхности. Таким образом, это означает, что нагрузки всегда могут быть переданы вниз на поверхность. Подобные поверхности конструктивно устойчивы.

Самым ярким примером применения «силовых полей» в архитектуре является проект промышленного завода Gatti, архитектором, которого является Пьер Луиджи Нерви [3]. Нерви применил «силовые линии» на схеме армирования потолка промышленного завода [4]. (Рис. 1).



Рис. 1. – Промышленный завод Gatti 1951-1953 г. (Рим). Архитектор: Пьер Луиджи Нерви.

В следствии этого, рассмотренное явление было применено при создании алгоритма (Рис.2) верхней двояко изогнутой поверхности макета павильона (Рис.3).

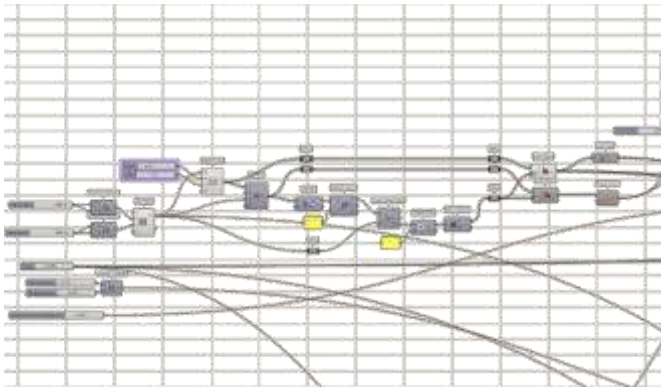



Рис. 2. – Фрагмент алгоритма двояко изогнутой поверхности макета павильона.

Рис.3. – Макет павильона М1:4

2. Написание алгоритма.

Алгоритм позволяет описывать посредством математической логики, процесс создания архитектурной формы. Получившийся алгоритм представляет из себя программный код, написанный в среде Grasshoper [5]. Заложенные параметры в алгоритм позволили адаптировать форму под воздействие внешних нагрузок и предоставить выбор оптимальной формы (Рис.4).



Рис. 4. – Схемы воздействия внешних нагрузок на форму павильона.

Представленная форма - это лишь одна из итераций написанного алгоритма, задав новые параметры для представленного объекта, мы получим совершенно новую его форму. Также, написаный алгоритм позволяет производить раскладку, маркировку, необходимых элементов и подсчет всех деталей (заклепок, болтов) для сборки павильона.

Павильон легок, но способен выдерживать и собирать воду за счет второй оболочки (Рис.5), состоящей из прочной ткани и обработанной специальной пропиткой, не пропускающей влагу.

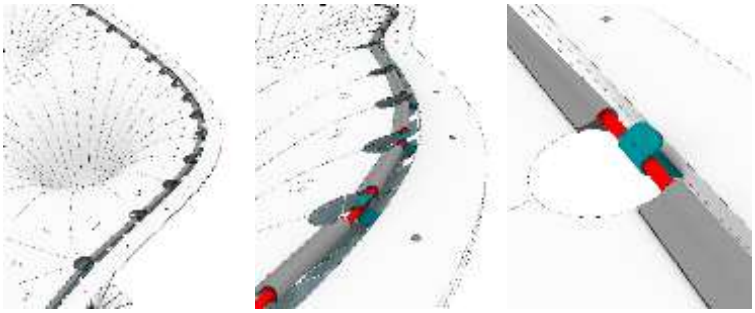

Рис. 5. – Схема соединения оболочек павильона.

Внешняя оболочка, выбранной итерации павильона (рис.6) заключает в себе 322 уникальных неповторяющихся элементов - «лоскутов», соединяющихся между собой 2575 заклепками. Внутренняя тканевая оболочка имеет площадь 34,5 м2, разделенную на 119 сегментов.



Рис. 6. – Модель экспериментального проекта павильона

В основании конструкции расположены ламели, отвечающие за прочность павильона. Вокруг ламелей оборудованы места для сидений, представляющие собой скамьи, низ которых имеет заложенный биомиметический принцип, отвечающий за жесткость в креплении элементов, заимствованный у «биологического каркаса» - позвоночного столба (Рис.7).

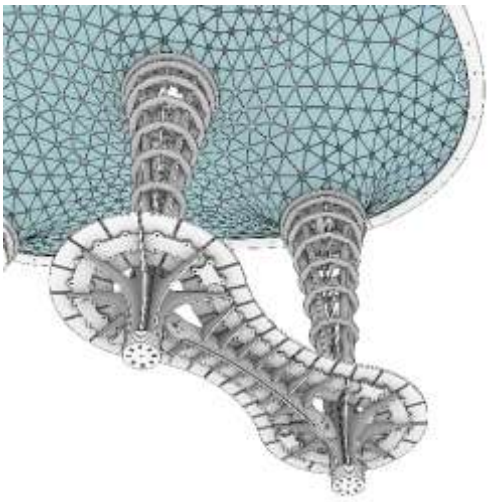

Рис. 7. – Фрагмент модели экспериментального проекта павильона

3. Производство и монтаж малой архитектурной формы.

Развертка всех металлических элементов из нержавеющей стали и дерева были отправлены на лазерную резку. После изготовления всех деталей

производилась сборка. Несмотря на геометрически сложную форму и большое количество деталей, рассматриваемый павильон не вызвал сложности при его установке и монтаже, который занял два дня.

Таким образом, рассмотренное практическое применение средств алгоритмического проектирования на малой архитектурной форме, представляет неограниченные возможности по оптимизации процесса проектирования и его реализации, а именно:

- создание нового уровня сложности геометрической формы;
- снижения срока воплощения за счет автоматизации процессов;
- адаптация проектируемого объекта под внешние условия;
- устойчивость к внешним воздействиям;
- различные вариации проектных решений с нахождением наиболее оптимального;
- снижение расхода материала.

Основное преимущество вычислительного метода подчеркивается в любом процессе принятия решения, что позволяет проводить дополнительное тестирование на деформации от внешних сил воздействия, отслеживать ошибки и выбирать различные варианты. Это подход демонстрирует взаимодействие между компонентами и их влияние друг на друга в написанном алгоритме, во время процесса проектирования [6].

Применение вычислительного метода проектирования и исследований в области биомиметики помогает справиться с возникающими задачами в современном мире архитектуры и повысить ее уникальность и устойчивость к внешним воздействиям [7].

Использованные источники:

1. Лебедев Ю.С. Архитектура и бионика . М.: Знание, 1971 . 119 с.
2. Grasshopper – Обзор. grasshopperprimer [Электронный ресурс]. URL: http://grasshopperprimer.com/ru/0-about/1-grasshopper-an-overview.html (дата обращения: 28.03.2021).

3. Pier Luigi Nervi | Lanificio Gatti. trama-e-ordito.blogspot [Электронный ресурс]. URL: https://trama-e-ordito.blogspot.com/2016/04/pier-luigi-nervi-lanificio-gatti.html (дата обращения: 28.03.2021).
4. Rheotomic Surfaces. spacesymmetrystructure.wordpress [Электронный ресурс]. URL: https://spacesymmetrystructure.wordpress.com/2009/02/06/rheotomic-surfaces/(дата обращения: 28.03.2021).
5. Комарова А.А., Пыхтюк С.В., Чернышов Д.А., Дымченко М.Е. Образование архитектурной формы с применением алгоритмических методов /Инженерный вестник Дона, 2019, №8. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6248
6. Алгоритмическое проектирование (Москва). gipgap.ru [Электронный ресурс]. URL: http://gipgap.ru/obuchenie/povyshenie-kvalifikacii/algoritmicheskoe-proektirovanie-moskva/ (дата обращения: 08.03.2021).
7. Гридюшко А.Д. Биомиметические принципы в архитектурном проектировании: дис. ... канд. арх. наук: 05.23.21. М., 2013. 212 с.

Used sources:

1. Lebedev Yu.S. Architecture and bionics. Moscow: Knowledge, 1971. 119 s.
2. Grasshopper - Overview. grasshopperprimer [Electronic resource]. URL: http://grasshopperprimer.com/ru/0-about/1-grasshopper-an-overview.html (date accessed: 03/28/2021).
3. Pier Luigi Nervi | Lanificio Gatti. trama-e-ordito.blogspot [Electronic resource]. URL: https://trama-e-ordito.blogspot.com/2016/04/pier-luigi-nervi-lanificio-gatti.html (date accessed: 28.03.2021).
4. Rheotomic Surfaces. spacesymmetrystructure.wordpress [Electronic resource]. URL: https://spacesymmetrystructure.wordpress.com/2009/02/06/rheotomic-surfaces / (date of access: 28.03.2021).
5. Komarova A.A., Pykhtyuk S.V., Chernyshov D.A., Dymchenko M.E. Formation of an architectural form using algorithmic methods / Engineering Bulletin of the

Don, 2019, No. 8. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6248

6. Algorithmic design (Moscow). gipgap.ru [Electronic resource]. URL: http://gipgap.ru/obuchenie/povyshenie-kvalifikacii/algoritmicheskoe-proektirovanie-moskva/ (date of access: 03/08/2021).
7. Gridyushko A.D. Biomimetic principles in architectural design: dis. ... Cand. arch. Sciences: 05.23.21. M., 2013.212 p.