

Необходимо помнить о маломобильной группе населения. Для таких посетителей проектируются отдельные места на ровной поверхности пола, размерами 1,5x1,5 м.

Познакомившись с мировым опытом, изучив функциональные зоны комплекса и их состав, выделим следующие ключевые особенности планировочного расположения трибун, которые необходимо учитывать при проектировании:

- создание архитектурных особенностей разработки трибун требует изучения природно-климатических факторов местности;
- ориентация трибун на ипподром и расположение их в зоне финишной прямой;
- трибуны могут быть одиночными, групповыми, угловыми;
- трибуны должны располагаться с учетом условий видимости;
- ориентир должен быть на север или восток;
- трибуны лучше разделять на сектора для удобства передвижения и эвакуации.

Что касается объемно-планировочного решения главного здания ипподрома, то оно должно иметь рациональное размещение, учитывать все необходимые функциональные зоны, обеспечивать соблюдение условий наилучшей видимости для зрителей и создавать неповторимый архитектурный облик. При совмещении блока зрительских мест и административно-развлекательного блока образуется единое целое – главное здание ипподрома с трибунами, которое может иметь дополнительные наборы блоков: гостиница, ресторан, кинозал, магазины, музеи и др.

Проведенный анализ выполнен с целью недопущения ошибок, выявленных при эксплуатации построенных конноспортивных комплексов, при создании объемно-пространственного решения которых следует использовать современные требования проектирования, учитывать энергоэффективную и «зеленую» архитектуру, создавая благоприятную среду для посетителей комплекса.

#### Список литературы

1. Аристова Л. В. Физкультурно-спортивные сооружения. М. : СпортАкадемПресс, 1999.
2. Нормы технологического проектирования конноспортивных комплексов 1.10.04.003-03.
3. Строительное проектирование / под ред. З. И. Эстрова и Е. С. Раевой ; пер. с нем. Э. Нойферт. М. : Стройиздат, 1991.
4. Все о конюшнях. URL: [www.stroy-elite.ru/loshadi.htm](http://www.stroy-elite.ru/loshadi.htm)
5. Горина А. А. Объемно-планировочные и композиционные решения трибун ипподромов / Киевский национальный университет строительства и архитектуры. Киев, 2013.

© С. П. Кудрявцева, Е. П. Бельцова

#### Ссылка для цитирования:

Кудрявцева С. П., Бельцова Е. П. Объемно-планировочные решения конноспортивного комплекса // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2016. № 1–2 (15–16). С. 45–49.

УДК 72

## МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ВЫЯВЛЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В ПРИРОДНОЙ СРЕДЕ НА ПРИМЕРЕ г. АСТРАХАНИ

*Т. О. Цитман, А. А. Галуткина*

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет*

В статье рассматривается проблема конфликта внешнего восприятия архитектуры и окружающей среды, изучены принципы моделирования с помощью параметрических программ, проанализировано понятие бионической архитектуры как одно из направлений вычислительного дизайна, определено место математических методов и моделирования в архитектурном проектировании и разработана теоретическая модель их комплексного использования, составлен графический анализ взаимозависимостей природных форм и различных математических закономерностей на примере астраханских региональных особенностей.

**Ключевые слова:** программы САПР, параметрическое моделирование, вычислительный дизайн, дигитальная архитектура, интерактивная архитектура, бионическая архитектура, математические алгоритмы, антропометрические параметры, сингулярность, визуальное восприятие.

## THE DESIGN'S METHODOLOGY BASED ON THE IDENTIFICATION OF MATHEMATICAL ALGORITHMS IN THE ENVIRONMENT FOR EXAMPLE OF ASTRAKHAN CITY

*T. O. Tsitman, A. A. Galutkina*

*Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering*

This paper concentrates on the problem of the conflict out perception of the architecture and the environment. The principles of modeling using parametric programs were studied. The examination to the notion of Bionic Architecture was given as one of the directions of computational design and the place of mathematical methods and modeling in the architectural design was determined and a theoretical model of their complex use was developed, the graphical analysis of dependence of natural forms in relation to various mathematical regularities on the example of the regional characteristics of the city Astrakhan was made.

**Keywords:** CAD programs, parametrical modeling, computing design, digital architecture, interactive architecture, bionic architecture, mathematical algorithms, anthropometrical parameters, the singularity, the visual perception.

С течением времени у людей стираются смысловые ориентиры развития. Из общества, жаждущего полететь в космос или попасть в недра Земли, человечество постепенно превращается в общество потребления, заботясь в основном только о своих интересах. Цивилизация не способна развиваться, находясь в зоне комфорта и не выходя из нее. Загоняя себя в рамки, люди продолжают работать только на удовлетворение своих потребностей. Мир нуждается в новой технологии или инновационной идее, благодаря которой проведение очередной научно-технической революции в наши дни, что кажется уже не реальным, станет возможно.

Первостепенной задачей является совершенствование среды обитания человека. Для этого следует использовать прорывные технологии, способные привести в движение застойный процесс развития.

На рис. 1 схематично показано действие закона Мура. Согласно построенной кривой, в течении нескольких десятилетий машины станут в миллиард раз мощнее, в сотни тысяч раз меньше, и все станет намного дешевле, что говорит о доступности информации и знаний. Технологии позволят развиваться во всех направлениях. Это должно существенно поменять взгляд человека на обычные вещи.



Рис. 1. Схема зависимости развития технологий согласно закону Мура

Данная проблема актуальна по причине того, что сингулярность как таковая – процесс необратимый. Этому процессу посвящено огромное количество современных проектов. Их реализация неминуемо приведет к взрывному развитию инноваций и глобальным цивилизационным переменам, изменит уклад человеческой жизни.

Прогресс движется не в арифметической, а в геометрической прогрессии. Поэтому трансформируется и модифицируется среда, в которой мы существуем и основой которой является архитектура. И если спроецировать график развития сингулярности на технологии в развитии проектирования и строительства, можно выйти на совершенно новый уровень. Проектирование с помощью математических методов, парамет-

ризация всей архитектуры приведут к будущему, в котором параметрическая архитектура станет обыденной и привычной [1].

Такой подход позволит одновременно использовать достижения различных научных направлений для решения задач архитектуры и градостроительства (синергетический подход), что, в свою очередь, сделает жизнь человечества, достигшего пика в процессе сингулярности, более качественной, что и является целью развития архитектуры.

Общепринятым определением параметрического моделирования (параметризации) [2] является моделирование (проектирование) с использованием параметров элементов модели и соотношений между этими параметрами. Параметризация позволяет за короткое время вос-

произвести (с помощью изменения геометрических соотношений) различные варианты развития создания объекта и не допустить грубых ошибок, а также, учитывая различные параметры окружающей среды (математические закономерности или антропометрические показатели), создать наиболее комфортную и удобную для человека среду.

Параметрическое моделирование – уже не новый, но пока не до конца освоенный и принятый всеми вид проектирования. Он значительно отличается от привычного двумерного черчения или трехмерного моделирования. В процессе проектирования архитектор получает математическую модель объектов, наделенных параметрами, которые отвечают особым требованиям, и при помощи изменения некоторых из них можно получить абсолютно новый объект.

При появлении первых программ САПР возникла идея нового метода проектирования с помощью управления параметрами, но компьютерная производительность на протяжении долгого времени оставляла желать лучшего. В 1989 г. были изобретены первые САПР с возможностью визуального программирования (параметризации), собственно, с этого и начинается его история. Первыми в данной области были Pro/Engineer (трехмерное твердотельное параметрическое моделирование) фирмы Parametric Technology Corporation и T-FLEX CAD (двумерное параметрическое моделирование) фирмы «Топ Системы» [3].

Понятие «параметрическая архитектура» (еще ее называют интерактивная, динамическая, автоматизированная, визуальное проектирование и т. д.) так же обширно, как и знаменито, однако правильнее будет понимать его не как образ или стиль, а как один из способов проектирования, предоставляемых проектировщикам. С использованием возможностей параметрических программ архитектору становится доступна обработка больших объемов информации и результатов долгих исследований, и, исходя из всего этого, появилась возможность определять структуру, образ, а в дальнейшем и конструкцию здания. Иногда создаваемые объекты настолько сложны, что проектирование их традиционными способами заняло бы в сотню раз больше времени и сил.

Рассматривая вопрос глубже, все же стоит говорить о вычислительной составляющей, комплексно затрагивающей все стороны архитектуры. В проектировании, например, взятая за основу парадигма позволяет выводить концепцию объекта из очень абстрактных вещей. Архитектор проводит масштабное исследование территории, визуальную аналитику местности (ис-

пользуя существующий природный и антропогенный ландшафт) и в итоге выявляет закономерности, которые должны максимально соответствовать его требованиям и требованиям среды. Если посмотреть на все это со стороны, то можно заметить, что алгоритмы, закономерности и т. д. представляют собой не что иное, как набор данных и цифр. А компьютер в данном случае является способом обработки больших массивов информации и этих самых данных. Концепция в большинстве случаев заключается в возможности создать структуру, соответствующую именно этой местности, климату, среде и т. д.

На самом деле задача параметрического архитектора состоит не в том, чтобы придумать форму, а прежде всего, в выявлении закономерностей и связей, в результате работы с которыми уже складывается образ. Работа все так же должна отвечать конструктивным, эстетическим и функциональным требованиям, но важно придумать не просто интересные фасады, а количественную и качественную систему уже существующей среды. Ничего не является случайным. Поэтому проектировщик должен уметь чувствовать структуру, замечать алгоритмы и закономерности природы, точки соприкосновения, чтобы не создавать архитектурного конфликта между средой и ее элементами.

Одним из развивающихся направлений является живая, или динамическая, архитектура. Люди грезят этим с 1920-х гг., но в таком виде, в каком она представлена сейчас, динамическая архитектура стала возможна только в 90-е гг. XX в. Произошло это во многом благодаря бурному развитию компьютерных технологий и использованию научных дисциплин (таких как геометрия, физика, химия и биология) как источника новых алгоритмов. Постепенно возникают суперкомпьютеры, технологии, программы, они дешевеют, становятся доступными, а чем больше людей имеет к ним доступ, тем быстрее происходит процесс накопления знаний. Классические каноны меняются в сторону сложных бионических форм, а параметрическое проектирование – как раз наиболее удобный метод работы с ними.

Интерактивная архитектура как часть параметрической отвечает за сообщение антропогенной среды с человеком. Не стоит путать ее с интерактивной оболочкой или фасадом, где все моргает, мерцает и везде сенсоры – это не обязательно интерактивная архитектура [4]. Собственно, само определение «интерактивная архитектура» подразумевает изменяемую среду, пространства, компьютеризированные экосистемы, материалы, взаимодействующие с окружающей средой. И это делает обычную ар-

хитектуру как будто развивающейся во времени, живой: например, бесконечно достраиваемые здания, трансформируемые и пересобирающиеся.

Архитектура перестает быть статичной. Сейчас мы живем в некоей среде, разделенной на субпространства, и, сами того не замечая, мы обладаем способностью «смешивать» эти пространства между собой. К примеру, просто открыв окно, мы можем «смешать» пространство комнаты с уличным пространством, и это самый простой вариант подобного взаимодействия, а в недалеком будущем станут возможны куда более сложные манипуляции, ведь технологии не стоят на месте [5].

В настоящее время комплексных математических исследований в архитектурной сфере насчитывается немного. Сегодня параметры и алгоритмы являются совершенно неотделимой частью архитектуры, они играют еще большую роль, чем ранее. Способы создания проектов с каждым разом все более усложняются, благодаря чему появляется потребность во все более сложных расчетах. Сегодня единственной границей возможностей архитектора являются законы физики и свойства материалов.

За всю историю архитектуры люди вдохновлялись природной геометрией, внимательно наблюдали и впитывали знания о ней. И только в последнее время большая часть этих знаний стала закономерной и логичной. Благодаря этому появилась возможность создания совершенных природных форм, которые активно применяются в архитектуре.

Существует два направления применения математических методов в проектировании. Первое направление заключается в изучении

математических закономерностей в определенные исторические эпохи. В основном это советы или конкретные указания для архитекторов при проектировании. Одними из представителей данного направления можно считать Андреа Палладио и Антонио Филарете. В книге «Трактат об архитектуре» Филарете еще в описании объясняет, что, по сути, он создал пособие по проектированию, касающееся всех сфер деятельности, затрагивающих архитектуру на тот момент. В эпоху Древней Греции геометрия являлась одним из разделов архитектуры. Считалось, что современный архитектор должен быть знаком с такими понятиями, как ритм и различные соотношения его рядов, которые делают объект наиболее гармоничным и выразительным. Вместе с тем он должен был знать основы высшей математики, теории матриц, аналитическую геометрию и математический анализ, владеть методами математического моделирования. Неслучайно при подготовке архитекторов за рубежом большое внимание уделяется уровню математической подготовки и владению компьютерными программами [6].

В рамках второго направления рассматривается возможность применения современных математических методов в практике архитектурного проектирования, а также переосмысление взглядов на труды прошлого об использовании золотого сечения в соответствии с современными возможностями. Вследствие изучения данного направления дальнейшее развитие получает выявление пропорций, разрабатываются инструменты гармонизации в виде компьютерных программ, пропорциональных треугольников и сеток (рис. 2).

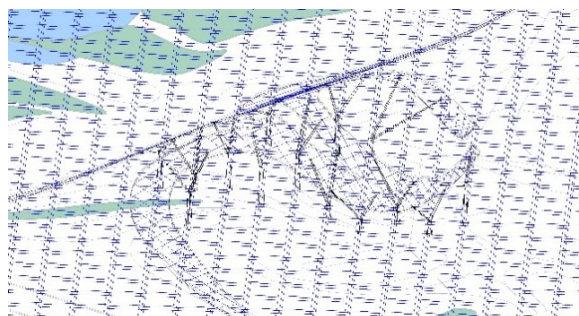
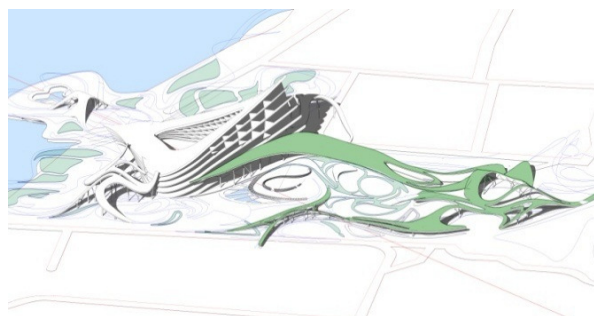


Рис. 2. Парк (курсовой проект студентки АГАСУ А. А. Галуткиной). Построенная модель (слева) и создание элемента с помощью компьютерных программ (справа)

Говоря о вычислительном подходе, тем более в контексте носимого дизайна, нельзя не отметить, что нам нужна инфраструктура данных, на которые мы можем опереться. Одной из важных частей этой инфраструктуры является антропометрия.

Если посмотреть шире, можно заметить, что эталон длины какой бы страны вы бы ни взяли, в любые времена, в разных местах земного

шара – все они основаны на параметрах человеческого тела. Ле Корбюзье в XX в. уделил особое внимание данному направлению и доказал, что антропометрические меры обладают ценнейшим для архитектуры качеством. Это объясняется тем, что такие параметры по своей природе соразмерны человеку, а выявив какой-либо модуль, возможно конструировать наиболее удобную искусственную среду обитания людей.

В человеческих параметрах естественным образом заложена гармония природы. А благодаря возможностям компьютерных программ можно думать о возможности существования индивидуализированной архитектуры, лично приспособленной для каждого или под особенности среды.

Математика является фундаментом, лежащим в основе правильной архитектуры, на котором строятся различные абстрактные формы [7].

Опираясь на все вышесказанное, уже сейчас можно получить идеальную и абсолютную архитектурную модель.

Бионика – прикладная наука, изучающая применение в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, то есть формы живого в природе и их промышленные аналоги. Следовательно, бионика – это своеобразный симбиоз биологии и техники.

Существует два направления использования алгоритмов, взятых из природы, в архитектуре.

Первое – это выявление образцов, которые имитируют реальное поведение конструкций или материалов, или, например, перемещение толпы в замкнутом пространстве. Этот процесс незаменим при конструировании. С одной стороны, конструкции, созданные природой, идеальны и гармоничны сами по себе; с другой стороны, эстетическая составляющая вопроса позволяет наиболее полно вписать объект в существующую среду без ощутимого вреда. Имитируя тот или иной процесс, можно предметно изучить, как этот процесс происходит в реальном мире, предусмотреть возможные неудачи. А при создании параметрической модели можно уже механизированно рассчитать нагрузки и сравнить с материальной моделью.

Во втором направлении внимание концентрируется в большей степени на выявлении всевозможных математических алгоритмов, свойственных природе. Если рассматривать конкретную территорию, то множество таких частей – алгоритмов, вложенных друг в друга и связанных между собой, – могут составить качественную параметрическую модель с определенной территориальной привязанностью. Эти куски могут быть как небольшими общепринятыми и повсеместно используемыми вспомогательными алгоритмами (кривая Безье, выборка случайных чисел, булевы операции), так и фундаментальными алгоритмами, как, например, фракталы или клеточный автомат. Теперь можно материализовывать проектную концепцию, обуславливающую сущность проектного решения, при помощи этих самых алгоритмов в определенной параметрической модели. Так, и проектная концепция, и алгоритм параметрической модели несут в себе смысл и задание,

не просто придуманные человеком, а созданные самой природой [8].

Собственно, как раз эти стандартные модели и алгоритмы, такие как диаграммы Вороного и Делоне, принцип спирали и дифференциации, становятся отправной точкой многих архитектурных концепций.

Возможно, есть точка зрения, согласно которой все принципы и закономерности придуманы математиками, и только после они нашли свои прототипы в природе, отвечающие этим же функциям. Но несмотря на это человечество всегда подсматривало у природы различные хитрости, и сфера архитектуры в том числе, и только с помощью этих алгоритмов возможно грамотно описать процессы, свойственные природным системам.

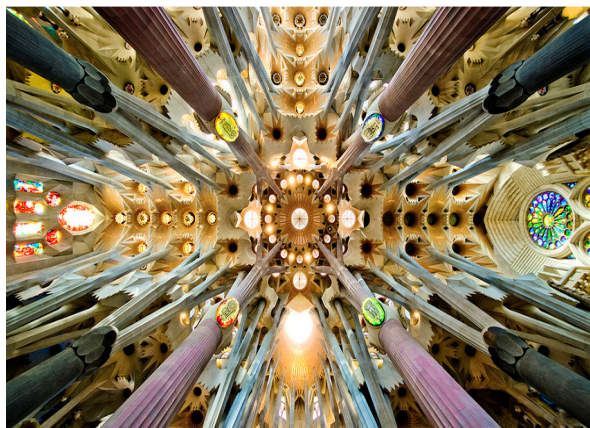
Архитекторы всегда вдохновлялись природой, процессами, протекающими в ней. Но остается одна проблема: в природе формы получили такие конфигурации благодаря многим условиям (постоянная изменчивость климата, приспособление, выживание), и они не существуют просто для красоты. Проектировщики же, восхищенные природой, берут за основу бионические прототипы, модели которых часто несовместимы с возможностями, которыми располагает современная архитектура. Бионические формы подчиняются множеству физических законов и, как результат, иногда очень сложны в понимании и построении. Благодаря этому постепенно формируется ряд возможностей и ограничений, отвечающих разным материальным условиям. Одни принципы формировали другие; так постепенно складывалась многоуровневая система правил, по которым формировалась природа [9].

Можно рассмотреть такие принципы, как фрактальность и симметрия, на примере листа папоротника. Такая форма образовалась путем сложного развития на клеточном уровне. Реликтовые клетки этого растения находились в условиях ограничения на хранение малой информации и возможности реплицировать эту информацию путем их деления. В процессе эволюции были выделены простейшие инструменты в виде фрактальных алгоритмов, которые позволили создать из колоний клеток сложную живую систему. Папоротник с его фрактальностью – это один из возможных ответов, которые смогла дать эволюция на возможности и ограничения, свойственные физическим и биохимическим условиям на планете.

Практически все математические алгоритмы, свойственные природе, сформировались благодаря необходимости хранить информацию. Поэтому даже в человеческом теле можно выделить модули, которые соразмерны у любого человека на планете, несмотря на беско-

нечное разнообразие. Каждый отдельный вид развивался в своем направлении, будь то животное, растение или человек, и даже в форме скелета на ранних этапах жизни можно проследить полную идентичность.

В свою очередь, даже в отрыве от фундаментальных законов в архитектуре за время ее развития сформировались свои искусственные алгоритмы, что позволило создать объекты иного порядка, учитывающие экономичность и функ-



циональность, факторы, отвечающие сложившимся культурным, ресурсным и антропоморфным требованиям.

Бионическая архитектура как таковая не должна быть копией форм природы, а, скорее, должна являться неким синтезом вдохновленных природой форм и имеющихся в распоряжении архитекторов и конструкторов, выработанных прогрессом творчества, техники и науки средств (рис. 3).



Рис. 3. Примеры бионических форм в архитектуре: потолок базилики Святого Семейства в Барселоне (слева) и формообразующие элементы парка (справа)

Последователи бионики считают, что любое органическое создание, будь то растение или животное, представляет собой оптимизированную с точки зрения выживания и функциональности структуру. Более того, за счет непрерывного процесса эволюции, заключающейся в постоянной адаптации к окружающей среде и приспособлении к изменяющимся условиям, обеспечивается постоянство форм и структур биологических систем. Одним из ярких примеров адаптации в архитектурной среде является мобильная архитектура [5]. Она дает возможность быстро реагировать на меняющиеся условия, потребности и образ жизни людей и, при необходимости, изменение координат в пространстве. Это так называемая динамическая адаптация архитектурного объекта, которая предусмотрена на всех стадиях его существования.

На основе трудов Ю. С. Лебедева были проведены аналогии между основными принципами формообразования в живой природе и архитектуре с дальнейшим выявлением новых закономерностей и алгоритмов [10].

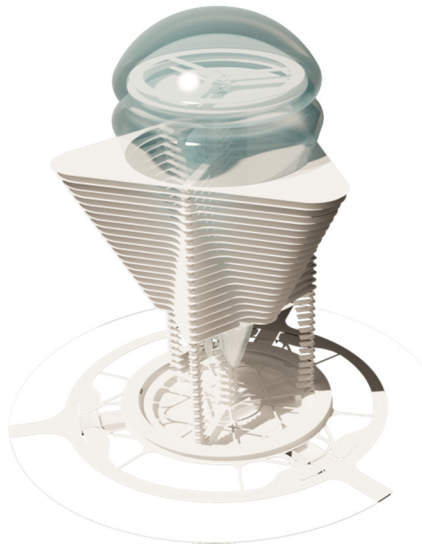
**Принцип взаимодействия двух «конусов»** [5] – «конуса устойчивости» и «конуса роста и развития». Лебедев объясняет это как своеобразное взаимодействие двух начал. С одной стороны, наблюдается стремление к наибольшей устойчивости (например, стебли растения или ствол дерева); отсюда аналогия природной формы с формой конуса – устойчивая форма. С другой – развитие из точки вширь, в простран-

ство; отсюда конус основанием вверх – динамическая форма конуса. Этот принцип часто интерпретируется в мобильной архитектуре. Его можно рассмотреть на примере энергоэффективных домов (рис. 4). Благодаря использованию этого принципа было создано комфортное и удобное пространство, его тентовая конструкция играет еще и роль коллектора воды, которая может использоваться в дальнейшем для технических нужд.

**Принцип спирали** сформировался в условиях эволюционной ограниченности. Он одновременно является как формообразующим, так и функциональным алгоритмом. Архитекторы на протяжении сотен лет развития использовали этот принцип как идеальное воплощение творений природы. Его можно рассмотреть на примере различных раковин моллюсков, улиток, стеблей плетущихся растений. Спираль – форма, обеспечивающая свободный рост и придающая большую устойчивость конструкции. Аналогом использования принципа спирали в архитектуре можно считать башню «Эволюция» в г. Москве. Конструкция башни представляет собой спиралевидную основу со стеклянными покрытием.

**Принцип «ящик в ящике», или «пространство в пространстве»**, о котором упоминает Ю. С. Лебедев, означает не столько функциональную, сколько микроклиматическую дифференциацию архитектурного пространства. Из мобильных архитектурных форм примечательны

в данном отношении купола-оболочки, тентовые конструкции, имеющие возможность перекрывать большие территории и организовывать внутри дополнительные пространства. Примером такого пространства могут служить многочисленные проекты города под куполом, когда жилые территории, находящиеся в плохих климатических условиях, накрываются своеобразным куполом, который, с одной стороны, создает комфортный микроклимат внутреннего пространства, а с другой – выполняет защитную функцию.



**Принцип стандартизации** проявляется в повторяемости одинаковых элементов в формах живой природы (видовая и межвидовая унификация). В природе, к примеру, это чешуя рыбы или ячейки пчелиных сот. Примерами в архитектуре могут служить и использование модуля (рис. 5), и геодезические купола (сферические поверхности), которые собираются из повторяющихся элементов различных геометрических форм, например, купол Фуллера.

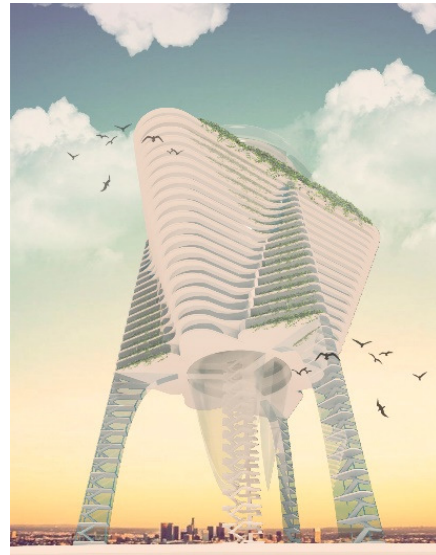


Рис. 4. Принцип взаимодействия двух «конусов» на примере курсового проекта «Высотный жилой дом» студентки АГАСУ А. А. Галуткиной: конструктивный каркас (слева) и визуализация (справа)

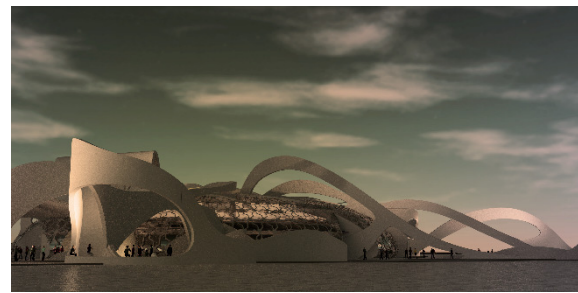


Рис. 5. Использование модуля в оболочке на примере курсового проекта «Музей запахов» студентки АГАСУ А. А. Галуткиной

Конструктивно-тектонические особенности в живой природе и архитектуре также могут использоваться как основы при проектировании. Природные принципы построения стеблей растений, различных оболочек-скорлуп, структурных решеток, пневматических систем активно применяются архитекторами для создания конструкций различных объектов. В проектировании и строительстве особую роль играет также свет и цветовой мир природы, циклы его изменений. Природа, кажется, иногда задается целью перемешать наши представления о ценности того или иного сооружения. Она поглощает архитектуру, и ежедневно можно наблюдать

цветоцветовые вариации на заданную пластическую тему.

Изучение данных принципов дало понять, что проектирование на основе бионического подхода позволяет глубже постичь законы структурного построения форм и создает эстетическую основу для творчества, а математический анализ, в свою очередь, дает возможность материализовать индивидуальную и идеальную архитектуру.

Таким образом, перспективы в изучении формообразования архитектуры, достигнутые с помощью развития архитектурной бионики, позволяют подстраиваться под требования

и условия, которые диктует современная жизнь; кроме того, она является на сегодняшний день высокотехнологичным современным трендом. Архитектура позиционируется как место соприкосновения бионики и человеческой логики.


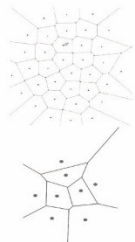


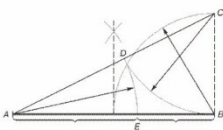
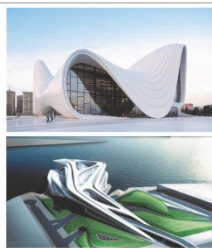
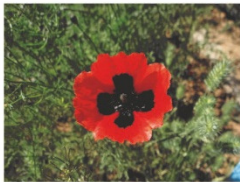


Показать взаимосвязь архитектурного и природного пространств, наличие явных отличительных региональных особенностей и отсутствие конфликта при взаимодействии с ними (полный отрыв от среды) и было целью данной статьи. Ведь если подытожить все вышесказанное, становится ясно: технологии развиваются с неимоверной скоростью, и скоро станет возможно создавать уникальные модели

пространств, не просто отвечающие эстетическим и функциональным требованиям, а динамично подстраивающиеся под среду или человека, полностью и идеально соответствующие им.


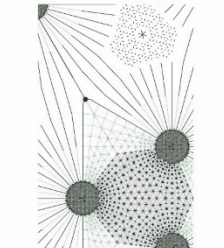
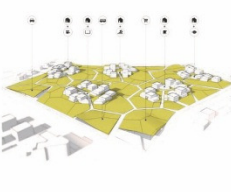

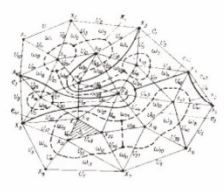

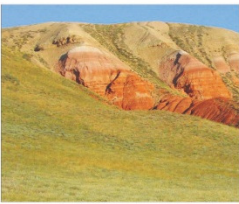
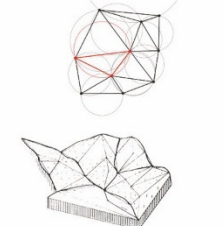
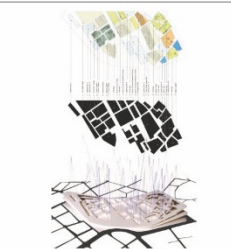

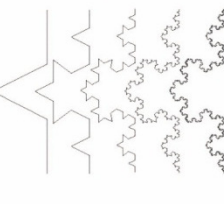
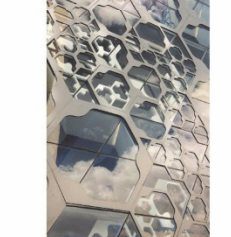

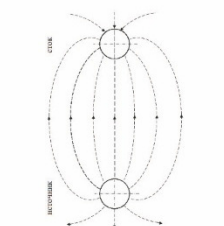

Это натолкнуло на мысль о проведении визуального биологического анализа [12] представителей региональной фауны. Выявление математических алгоритмов в геометрии различных растений Астраханской области поможет наиболее точно воссоздать ту самую бионическую математику в архитектуре, а в дальнейшем, возможно, подобные исследования станут производиться для создания индивидуальной идеальной параметрической модели, привязанной к месту на региональном уровне (табл. 1).

Таблица 1

Графический анализ природных форм

Название растения	Аналог в природе	Общая характеристика алгоритма	Геометрическое представление	Характеристика формы	Аналог в архитектуре
Лотос арахнозный (лат. Nelumbo pucifera)	<ul style="list-style-type: none"> <li>единственный представитель семейства лотосовых</li> <li>плод лотоса конусовидный с многочисленными семенами-орешками</li> <li>в плоде - коробочке лотоса созревает до 40 семян</li> </ul> 	<p>Диаграмма Вороного (принцип Делоне)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>также известна как мозаика Вороного, разбиение Дирихле</li> <li>имеет тесную связь и взаимоднозначное соответствие с триангуляцией Делоне</li> <li>используется в компьютерной графике для случайного разбиения поверхностей, например в геодезии</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>алгоритм разбиения двумерного пространства на бионическую сетку</li> </ul> 	<p>Плоскостные конструкции, ограждающие элементы остекления/ может использоваться как элемент декора в виде отделочных материалов или элемента витража</p>	<p>Здание парламента в Брюсселе, Бельгия</p> 
Рогольник или Чилим/ Водяной орех (лат. Trapa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>растение семейства дербениковых</li> <li>особенность строения плодов: на зрелых костяшках образуются твердые изогнутые выросты, по форме напоминающие рога</li> <li>плавающие листья находятся на конце стебля</li> <li>листовые пластинки овальной или ромбической формы, кожистые, неравнозубчатые по краям</li> </ul> 	<p>Принцип золотого сечения</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>деление непрерывной величины на два части в таком отношении, при котором меньшая часть так относится к большей, как большая ко всей</li> <li>метод золотого сечения может быть трансформирован в так называемый метод чисел Фибоначчи</li> <li>в процентном округленном значении, золотое сечение - это деление какой-либо величины в отношении 62% и 38%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>гармонизация с помощью визуального восприятия алгоритма</li> </ul> 	<p>Любые формообразующие элементы, отвечающие принципам гармонизации золотого сечения/может также использоваться заимствование природных образов</p>	<p>Центр Гейдара Алиева, Баку/ Оперный театр, Дубай, ОАЭ</p> 
Мак (лат. Papaver)	<ul style="list-style-type: none"> <li>род травянистых растений семейства маковых</li> <li>цветки крупные, одиночные, как правило, красного цвета (реже встречаются белые или желтые)</li> <li>плод - коробочка, короткоцилиндрическая, булавовидная, продолговатая, обратнояйцевидная или шаровидная, сидячая или внезапно суженая в короткую ножку, одногнездная</li> </ul> 	<p>Принцип стандартизации</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>основные правила, существенные, применяемые при установлении норм и характеристик объектов</li> <li>построен на основе геометрической прогрессии, постоянен знаменатель прогрессии, отношения последующего члена ряда к предыдущему</li> <li>может рассматриваться как абсолютная унификация, так и процесс арифметической или геометрической прогрессии</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>повторяемость однотипных элементов в формах живой природы - видовая и межвидовая унификация</li> </ul> 	<p>Динамическая архитектура, модульный метод, художественное образное формообразование, морфологические элементы, плоскостные или объемные конструкции</p>	<p>SuperLimão студии в Сан-Паулу, Бразилия</p> 



<p>Разнообразие степей/лесостепей</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>особенность степей - практически полное отсутствие деревьев (не считая искусственных насаждений и лесополос вдоль водоемов и путей сообщения)</li> <li>безлесное пространство, покрытое травянистой растительностью</li> <li>травы образуют сомкнутый или почти сомкнутый ковер</li> </ul> 	<p>Принцип кластеризации</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>класс родственных элементов статистической совокупности</li> <li>объединение нескольких однородных элементов, которое может рассматриваться как самостоятельная единица, обладающая определенными свойствами</li> <li>сконцентрированная на некоторой территории группа взаимосвязанных субпространств</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(ограничивающая среда). Разбиение похожих объектов на группы, называемые кластерами</li> </ul> 	<p>Территориальное образование внутри метатопонима, представляющее собой относительно автономную единицу и обеспечивающее своим жителям полный набор необходимых функций (экономика, образование, досуг, торговля, рекреация)</p>	<p>Концепция жилья в Гдыне, Польша</p> 
<p>Пороскающая почва, пустыни/полупустыни</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>характеризуются отсутствием лесов, специфичной растительностью и почвенным покровом</li> <li>поверхностный сток слабый, гидрографическая сеть развита плохо, а реки пересыхают</li> <li>растительность не сомкнута</li> <li>натрий препятствует образованию зернистой структуры почвы</li> </ul> 	<p>Принцип квазитриангуляции</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>принцип построения структуры основан на (мысленной) замене каждого отрезка топологии на множество тесно (в пределе - бесконечно близко) расположенных точек</li> <li>плоскость разбивается на области двух видов: треугольные грани и, в общем случае, четырёхугольные квазирёбра</li> <li>если все вершины алгоритма являются точками, то он выражается в триангуляцию Делоне</li> <li>любая вершина алгоритма всегда соединена ребром с ближайшей к ней вершиной</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>структура разбиения плоскости, вершинами которой служат произвольно наклоненные отрезки</li> </ul> 	<p>Сложная пространственная структура, формирующая полукрытые или закрытые пространства, параметрические оболочки</p>	<p>Алмазный остров Community Hall во Вьетнаме</p> 
<p>Баровские бугры</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>параллельные песчаные и супесчаные гряды широкого направления в Прикаспийской низменности</li> <li>правильной однообразной формы</li> <li>профиль бугров асимметричный: южный склон более пологий</li> <li>межбугровые понижения достигают 400-500 м, заняты ильменями, заливами моря, пресными и солеными озерами</li> </ul> 	<p>Алгоритм Киркпатрика</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>выпуклой оболочкой множества называется наименьшее выпуклое множество</li> <li>опорной прямой к выпуклому многоугольнику называется прямая, проходящая через некоторую вершину многоугольника таким образом, что все внутренние точки многоугольника лежат по одну сторону прямой</li> <li>обычно выпуклая оболочка определяется для подмножеств векторного пространства над вещественными числами и на соответствующих аффинных пространствах (в частности в евклидовом пространстве)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>алгоритм построения выпуклой оболочки</li> </ul> 	<p>Конструкции ландшафтной архитектуры, взаимно-перетекающие друг в друга пространства, состоящие из нескольких субпространств</p>	<p>Комплекс азиатской культуры, архитектор Ким Ву</p> 
<p>Подсолнечник (лат. Helianthus)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>растения семейства астровых</li> <li>характерен видовой полиморфизм</li> <li>плод - продолговатая четырёхгранная или сжатая с боков семянка, несущая 2-4 срабатывающиеся острия или 2 довольно крупных, сухо-кожистых чешуи</li> <li>учёный Х. Фогель предложил модель для распределения цветков и семян в корзинке цветка подсолнуха</li> </ul> 	<p>Алгоритм фракталов</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>в математике под фракталами понимают множество точек в евклидовом пространстве, имеющих дробную метрическую размерность, а также принадлежащих этой фигуре</li> <li>обладает нетривиальной структурой на всех масштабах</li> <li>является самоподобным или приближённо самоподобным</li> <li>обладает дробной метрической размерностью, превосходящей топологическую</li> <li>длины, площади и объёмы одних фракталов стремятся к бесконечности других</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>математическое множество, обладающее свойством самоподобия</li> </ul> 	<p>Проектирование городского пространства, комплексов, конструкций, структур и оболочек</p>	<p>Торговый центр, Мексика</p> 
<p>Тюльпан-Биберштейна (лат. Tulipa biebersteiniana)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>представитель семейства лилейных</li> <li>стебель голый, простой, прямой, тонкий</li> <li>корневички представлены яйцевидной луковицей</li> <li>цветы одиночные, конусовидные, поникающие перед цветением, с желтыми острыми лепесточками околоцветника</li> </ul> 	<p>Принцип взаимодействия двух «конусов»</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>стремление стебля растения или ствола дерева к устойчивости: отсюда форма организмов превращается в конус основанием вниз - конус устойчивости</li> <li>начало - рост из (точки), из семени вширь, в пространство: отсюда конус основанием вверх - динамическая форма конуса</li> <li>этот принцип часто интерпретируется в мобильной архитектуре</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>конус устойчивости, конус роста развития</li> <li>своего рода взаимодействие двух начал</li> </ul> 	<p>Тентовые и пневматические конструкции, формируют полукрытые пространства, оболочки</p>	<p>Пассажирский терминал Rosa Parks Transit Center, Детройт, США</p> 

<p>Арбуз обыкновенный (лат. Citrullus latifolius)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>однолетнее травянистое растение семейства тыквенных</li> <li>стебли тонкие, гибкие, ползучие или выходящие, обычно округло-пятигранные, длиной до 4 м и более, разветвленные</li> <li>радиальная арбуза является Южная Африка, хотя он успешно выращивается и в Астрахани</li> </ul> 	<p>Принцип спирали</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>спираль является в природе направленным на экономию энергии материал</li> <li>спираль, организованная определенным шагом, называется архимедовой спиралью</li> <li>количество оборотов против часовой стрелки (по часовой стрелке) будет неограниченным, когда точка, описывающая правую (левую) спираль, будет неограниченно удаляться от полюса и описывать бесконечное количество витков</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>спираль - одна из форм обеспечения свободного роста и придания большей устойчивости</li> </ul> 	<p>Используется в любых видах конструкции, начиная с малых архитектурных форм и заканчивая общественными зданиями. Проявляется в стремлении к плавности и колоритное визуальное восприятие</p>	<p>Башня - кобра, Кувейт</p> 
<p>Саксаул (лат. Haloxylon)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>представитель семейства аморантовых</li> <li>кустарники или небольшие деревья (высотой 1,5-12 м) с вильчатыми ветвями</li> <li>корневая система мощная, уходящая на 10-11 м</li> <li>ствол короткий, крепкий, но иногда хрупкий</li> </ul> 	<p>Принцип дифференциации и интеграции</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>помогает архитекторам выявить ядро композиции, а также ее развитие в вертикальном и горизонтальном направлении, иерархию форм и их масштабность</li> <li>качество интегральных пространств - способность к адаптации</li> <li>самоорганизация, способность системы приспосабливаться к различным условиям окружающей среды или запросам общества</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>развиваются из некоего (статического) начала, которое, (подобно растительному семени, связи, узлам, порождает подчиненные ему формы)</li> </ul> 	<p>Выносные конструктивные элементы, встроенно-присоединяемые к основному строению со сложными формами, например, для создания новых типовых элементов (архитурных) / администрирование внутренних конструктивных компонентов / над, выбором конструктивных основы (стены, колонны)</p>	<p>Вертикальной ферма, часть телевизионной станции, Великобритания / Жилой и общественный комплекс, Бельгия</p> 
<p>Кувшинка (лат. Nymphaea)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>род водных растений семейства кувшинковых</li> <li>образуют под водой на дне толстые ползучие корневища</li> <li>листья щельные, на длинных черешках, подводные - тонкие и нежные, плавающие - более жесткие, сверху блестящие, снизу ворсистые, часто крупные</li> </ul> 	<p>Принцип структуризации пространства</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>задача структуризации визуальной модели рассматривается как задача комбинирования и объединения слоев</li> <li>цель - сохранить постоянный температурно-влажностный режим внутри организма и одновременно осуществить водо-газообмен и инсоляцию, а также предохранить от различных механических воздействий в целом</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>в органическом мире структуризация описывается как (постепенность перехода от внутреннего пространства к наружному)</li> </ul> 	<p>Примеры конструкций динамичной (дигитальной) архитектуры, параметрической архитектуры, легкой конструкции и оболочки органической форм</p>	<p>Проект небоскреба, Гонконг</p> 
<p>Кувшинка (лат. Nymphaea)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>род водных растений семейства кувшинковых</li> <li>образуют под водой на дне толстые ползучие корневища</li> <li>листья щельные, на длинных черешках, подводные - тонкие и нежные, плавающие - более жесткие, сверху блестящие, снизу ворсистые, часто крупные</li> </ul> 	<p>Принцип симметрии</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>геометрический объект называется симметричным, если после того как он был преобразован геометрически, он сохраняет исходные свойства</li> <li>виды симметрии, возможные для геометрического объекта, зависят от множества доступных геометрических преобразований и того, какие свойства объекта должны оставаться неизменными после преобразования</li> <li>фигура называется симметричной относительно прямой А, если для каждой точки фигуры симметричная ей точка относительно прямой А также принадлежит этой фигуре</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>идентичное повторение деталей объекта относительно одной или нескольких опорных осей</li> </ul> 	<p>Любые структурные элементы, начиная от градостроительства, заканчивая элементами художественного декора, конструкций зданий и оболочки</p>	<p>Эйфелева башня, Париж, Франция</p> 

**Список литературы**

1. Vozdoc M. The history of CAD. Auckland, NZ, 1999-2003.
2. ИТ-прогресс-2012. URL: <http://2045.ru/news/31045.html>
3. Есипова А. А., Аганова А. Ю., Комарова Н. Д. Параметрическая архитектура - ведущий стиль в архитектуре будущего. Минеральные Воды, 2014.
4. Керешун А. И. Возможности «Интерактивной» архитектуры». URL: [http://book.uraic.ru/project/conf/txt/005/archvuz14\\_pril/22/template\\_article-ar=K21-40-k28.htm](http://book.uraic.ru/project/conf/txt/005/archvuz14_pril/22/template_article-ar=K21-40-k28.htm)
5. Архипова А. А. Бионика в архитектурном генезисе мобильной архитектуры. // Архитектон: известия вузов № 42. Приложение. Сентябрь 2013. URL: [http://archvuz.ru/2013\\_22/2](http://archvuz.ru/2013_22/2)
6. Горнеева О. С., Хайман Э. Математические методы и модели в архитектуре. Нижний Новгород, 2010.
7. Шириянин Е. // Autodesk Community Magazine. 2012. № 1 (3).
8. Хайман Э, Параметрическая инфраструктура городских данных // Точка ветвления, М., 2013, сентябрь.
9. Emergence: Morphogenetic Design Strategies // Architectural Design. 2004. Vol. 74, № 3 (Profile № 169).
10. Лебедев Ю. С., Рабинович В. И., Положай Е. Д. и др. Архитектурная бионика. М. : Стройиздат, 1990.
11. Легкая конструкция в архитектуре и в природе. Штутгарт, 1983.
12. Коваленко Д., Цитман Т. О. Формирование модели архитектурно-экологического пространства на примере г. Астрахани // Сборник XXII Международного смотр-конкурса дипломных проектов / СПбГАСУ. Санкт-Петербург, 2014. С. 80-84.

© Т. О. Цитман, А. А. Галуткина

**Ссылка для цитирования:**

Цитман Т. О., Галуткина А. А. Методология проектирования на основе выявления математических алгоритмов в природной среде на примере г. Астрахани // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2016. № 1-2 (15-16). С. 49-58.