

СОПОСТАВЛЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ПРИНЦИПА ОРДЕРА И ГЕНЕРАТИВНОГО МЕТОДА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Е.А. Ширинян

Московский архитектурный институт (Государственная академия), Москва, Россия

Аннотация

В контексте современного дигитального направления в архитектуре присутствует определенный интерес к историческим архитектурным стилям. При этом традиционный метод формообразования - композиция - оказывается вне дигитального дискурса. В статье рассматривается тема композиционного принципа ордера и генеративных методик формообразования. Исследование Г.С. Лебедевой трактата Витрувия выводит понятие композиции на новый уровень, что позволяет сопоставить композиционный принцип ордера по ряду аспектов с генеративными практиками формообразования Дж. Фрейзера, Н. Оксман, М. Хансмайера. В качестве аспектов сопоставления выбраны понятия тектоники, структурной схемы (диаграммы) и др. Результаты сопоставления создают базу для более углубленного изучения генеративного метода и переосмысления ордерной традиции.

Ключевые слова: архитектурный ордер, тектоника, композиция, диаграмма, дигитальная архитектура, генерация формы, формообразование

THE COMPARISON OF COMPOSITIONAL PRINCIPLE OF ARCHITECTURAL ORDER AND GENERATIVE METHOD OF MORPHOGENESIS

E. Shirinyan

Moscow Institute of Architecture (State academy), Moscow, Russia

Abstract

We can observe a certain attention to historical architectural styles within contemporary digital architecture. However such a traditional approach in morphogenesis – composition – happens to be outside the digital discourse. Composition of architectural order and generative morphogenetic principles are evaluated in this article. The investigation of Vitruvius treatise provided by G.S. Lebedeva reveals the very notion of composition in a new way, and facilitates the possibility to compare the compositional principle of architectural order and contemporary generative techniques (J. Frazer, N. Oxman, M. Hansmeyer) in some aspects. The notions of tectonics, base scheme (diagram) etc. The outcomes of comparison provide a basis for intensive exploration of generative approach and lead to rethinking the tradition of architectural order.

Keywords: architectural order, tectonics, mimesis, composition, diagram, digital architecture, form generation, morphogenesis

1. Введение

В последнее время в дискурсе дигитального направления акцентируется коренное различие между традиционным¹ композиционным подходом в формообразовании и генерацией формы при помощи компьютерных алгоритмов. Если рассматривать теорию архитектурной

¹ Здесь подразумевается совокупное понятие композиции. Наиболее наглядным примером может быть трактовка отечественной архитектурной школы, вобравшая в себя как ордерные принципы, так и теории авангарда и модернизма.

композиции в плоскости формообразовательной деятельности, то согласно современным (в особенности - западным) представлениям об архитектурном проектировании, теория композиции и ее методы не способны решать сложные пространственные и функциональные задачи при создании сложных объектов и систем - городской ткани, инфраструктуры, больших многофункциональных комплексов. Таким образом, работа со сложными системами является для архитектора актуальной профессиональной задачей, и с точки зрения технологичности проектирования во многом интуитивный композиционный метод, плохо поддаваясь формализации и алгоритмизации, оказывается неактуальным. Одновременно ставится под сомнение ценность композиционного метода как привычной компоненты архитектурной культуры. Традиции композиционного формообразования по-прежнему сильны в отечественной архитектурной школе, что делает необходимым обсуждение этого вопроса.

Однако, главным ядром, на наш взгляд, в этом противопоставлении композиционного метода и современных подходов в формообразовании становится не столько низкая степень технологизации композиции как творческой процедуры, сколько определенные сдвиги в системе понятийного аппарата архитектурного процесса. М.В. Шубенков отмечает эту проблему: «Предметом критики становятся присущие традиционной архитектурной науке «размытые» определения архитектурных понятий - такие, как «архитектурное пространство», «архитектурная форма», «функция», «композиция», «компоновка», «тектоника», «архитектурный масштаб» и т.д.» [12, с.80]. В целом, неудовлетворенность композиционным подходом, присущим как ордерной архитектуре, так и архитектуре модернизма, высказывали многие современные архитекторы и теоретики. Главным фокусом формообразовательных поисков целого ряда «дигитальных» архитекторов становится новая, не однообразная, сложная «целостность» архитектурной системы² [2, с.198]. Соответственно, понятийный аппарат, «словарь» архитектурного формообразования, требуют обновления.

В глоссарии³ современной «информационной» архитектуры, вышедшем в 2003 году под редакцией Мануэля Гауса, Винсенте Гуальера и др., мы находим множество примеров противопоставления композиции и генерации. Композиционный подход, по мнению авторов, характерен для ордерной архитектуры и иерархического порядка, а генерация также ассоциируется с распределением (disposition), эволюцией, развертыванием формы (unfolding), самоорганизацией и т.д. [22, с.174] (Рис. 1).



Рис. 1. Определение слова disposition в словаре The Metapolis Dictionary of Advanced Architecture

² И.А. Добрицына приводит примеры из текстов П. Эйзенмана, Ф. Муссави и А. Заэро-Поло, Г. Линна.

³ Этот глоссарий-словарь стал итогом совместной работы теоретиков и практиков — Аарона Бецки, Бена ван Беркеля, Грега Линна, Стэна Аллена и др.

Модернистский порядок строится на равномерном позиционировании (position) в пространстве сетки. Отталкиваясь от этой схемы, мы предлагаем трактовать понятие композиции в рамках теории архитектурного ордера, несмотря на то, что критика композиционного метода направлена на собирательное понятие композиции, в которое включены и ордерные принципы, установки модернизма. Обращение к архитектурному ордеру обусловлено как наличием интереса к истории архитектуры внутри современного дигитального дискурса, так и высокой степенью изученности ордера.

Отметим, что само понятие композиции на данном этапе рассуждения рассматривается нами скорее как процесс, действие по сочетанию, соединению форм в единую систему, чем с точки зрения конечного результата, завершенной системы. В.Л. Глазычев подчеркивает наличие двух значений понятия композиции так: композиции как конечного, «ставшего» результата и композиции как процесса становления объекта [3, с.213]. Так, в поле нашего изучения оказываются *правила построения и строения* ордера.

Композиционные принципы классической архитектуры и архитектуры модернизма уже подвергались критической переоценке П. Эйзенманом, Д. Либескиндом, Б. Чуми и другими архитекторами и теоретиками. Деконструкция (или же декомпозиция) как критический акт в отношении устоявшихся стереотипов (как морфологических, так и смысловых) оказывалась важнейшей стратегией в созидании архитектурного образа периода постмодернизма. Таким образом, композиция стереотипов расчленилась на элементы, слои, структуры и собиралась по новым правилам. В архитектурной среде популярным инструментом деконструкции стала диаграмма⁴. Согласно А. Видлеру, именно на уровне диаграмм происходила первоначальная ломка стереотипов модернистской сетки [28, с.55]. В определенном смысле деконструкция повторяла опыт авангарда начала XX века. Но архитектор, по-прежнему оставаясь в рамках традиционного мышления, определял конечную форму своего замысла, исходя из композиционных или декомпозирующих установок.

Принципиально иной подход в формообразовании демонстрируют работы Дж. Фрейзера, К. Терцидиса и др. В первую очередь, их эксперименты и разработки, построенные на компьютерных генеративных алгоритмах, отталкиваются не от критической деконструкции композиционных стереотипов, а от комплекса правил, по которым форма строится, адаптируется и развивается в окружающей среде. Во многом это направление опирается на научные исследования в биологии. Таким образом, научные принципы внедряются в инструментарий формообразования. Тот же отказ от композиционного метода можно обнаружить в современных экспериментах Н. Оксман, Ф. Граммацио, М. Кёлера и др. В этом направлении внимание исследователей фокусируется на особенностях структуры и свойств материала и последующем поиске формы, что может обеспечить оптимальный баланс между эстетикой и конструктивной эффективностью.

На первый взгляд, формообразование на основе генетических алгоритмов в цифровой среде или поиск оптимальной формы согласно поведению структуры материала обобщает одна особенность: форма не следует рисунку архитектора, не предопределяется архитектором изначально, а находит свои контуры благодаря активному взаимодействию со средой и вследствие самооптимизации структуры самого материала⁵. Если рассматривать пару «композиция - генерация» с точки зрения определенности конечной формы, то композиция в современном понимании - *творческий волевой акт*, где форма определяется согласно замыслу архитектора - становится антиподом генеративного подхода, базирующегося на принципе самооптимизации и самоадаптации формы. Композиция

⁴ Понятие диаграммы в отечественной теории архитектуры не так распространено, как в западном теоретическом дискурсе. Здесь синонимом диаграммы может быть схема, структура, однако, чтобы подчеркнуть важность этой категории, мы употребляем термин «диаграмма». О роли диаграммы в западном архитектурном дискурсе см. подробнее *The Diagrams of Architecture* (ed. Mark Garcia). - John Wiley & Sons, 2010 — 320 p.

⁵ Наглядным примером такого подхода к формообразованию могут быть известные эксперименты Антонио Гауди с поиском оптимальной для конструкции формы свода.

ордера выглядит еще более «жестким» явлением с точки зрения процесса формообразования.

Как мы уже говорили, интерес к истории архитектуры наблюдается в работах Л. Спайбрука, Ф. Муссави, Г. Линна и др. Готика, барокко, исламская архитектура становятся объектами переосмысления. Классический архитектурный порядок выпадает из этого ряда. В чем же причина несоответствия ордерных принципов, в том числе композиции, генеративным принципам формообразования?

Так как ордерная композиция - комплексный объект для изучения, мы выбираем в качестве точки опоры для изучения ордерных принципов композиции детальное исследование Г.С. Лебедевой, посвященное понятийному аппарату трактата Витрувия. Г.С. Лебедева актуализирует и раскрывает новые значения понятия композиции ордера в контексте одного из самых значимых трактатов в истории архитектуры.

Генерация формы как принцип - также широкое понятие. В рамках данной статьи предлагается заключить формообразование на основе цифровых генеративных алгоритмов и поиск формы «от материала» в понятие генерации формы. Основной задачей данной статьи становится выявление принципиальных оппозиций в паре «композиция - генерация» внутри понятийного аппарата современного дискурса. Такой метод позволяет обнаружить точки соприкосновения, в которых происходит притяжение или отталкивание понятий и рождается взаимосвязь представлений о формообразовании разных эпох.

2. Композиционный метод формообразования (некоторые этапы развития)

Композиционный подход в архитектурном формообразовании сейчас уже не представляет собой тот идеологический стержень в структуре архитектурной формы, который так отчетливо выявлен в строении ордера и даже в архитектуре периода модернизма. Если композиция в рамках ордера создавалась при помощи семантически насыщенных форм, отсылающих нас к истории происхождения того или иного элемента, то модернистская парадигма, используя импульс отрицания мимесиса периода авангарда, оперировала в большей степени абстрактными, редуцированными формами - чистой геометрией. Такую претензию на универсальность геометрической формы можно обнаружить уже в проектах Э. Булле или Н. Леду. Вместе с отрицанием миметической составляющей был выведен за скобки архитектурного дискурса орнамент, так характерный для ордерной композиции.

В отечественной теории архитектуры композиция как метод к середине XX века получила статус фундамента творческой деятельности архитектора. С 1940-х гг. по настоящее время был консолидирован большой массив знания в области композиционных методов формообразования, включив в себя как классические ордерные принципы, так и установки авангарда начала XX века. Примечательно, что в литературе 1970-х гг. бионические эксперименты Ю. Лебедева были встроены в общую теорию композиции, несмотря на то, что такое направление, как архитектурная бионика, вступало в неявное противоречие с модернистскими представлениями о форме и взаимодействии человека с природой.

Западная теория архитектуры⁶ развивалась в идеологически менее предопределенных условиях, и уже с 1960-х гг. по настоящее время сосуществуют различные архитектурные направления, в то время как отечественная архитектура получила относительную стилевую свободу в самом конце XX века. Соответственно, в западном архитектурном дискурсе композиционный подход не был подкреплен единой теорией формообразования. Эксперименты с формой в работах П. Эйзенмана, Ф. Гери, Д. Либескинда и др. демонстрируют уход от обычных представлений о гармоничной, визуально устойчивой и уравновешенной композиции классического ордера или классического модернизма.

Однако можно утверждать, что деконструктивизм оперировал формами в рамках композиционного мышления, но с другими ценностными ориентирами. Примечательно, что

⁶ В особенности, американская

Е.С. Пронин, рассуждая в общем направлении отечественной архитектурной мысли конца XX века, приводит в качестве примеров комбинаторного подхода постройки и проекты архитектуры (в основном, западной) периода 60 - 80-х гг. XX века. Необходимо отметить, что Пронин продолжает логику комбинаторики Жана-Николя Луи Дюрана [16], предложившего в начале XIX века разложить здание на архитектурные элементы и свободно их комбинировать в рамках сетки (Рис. 2).

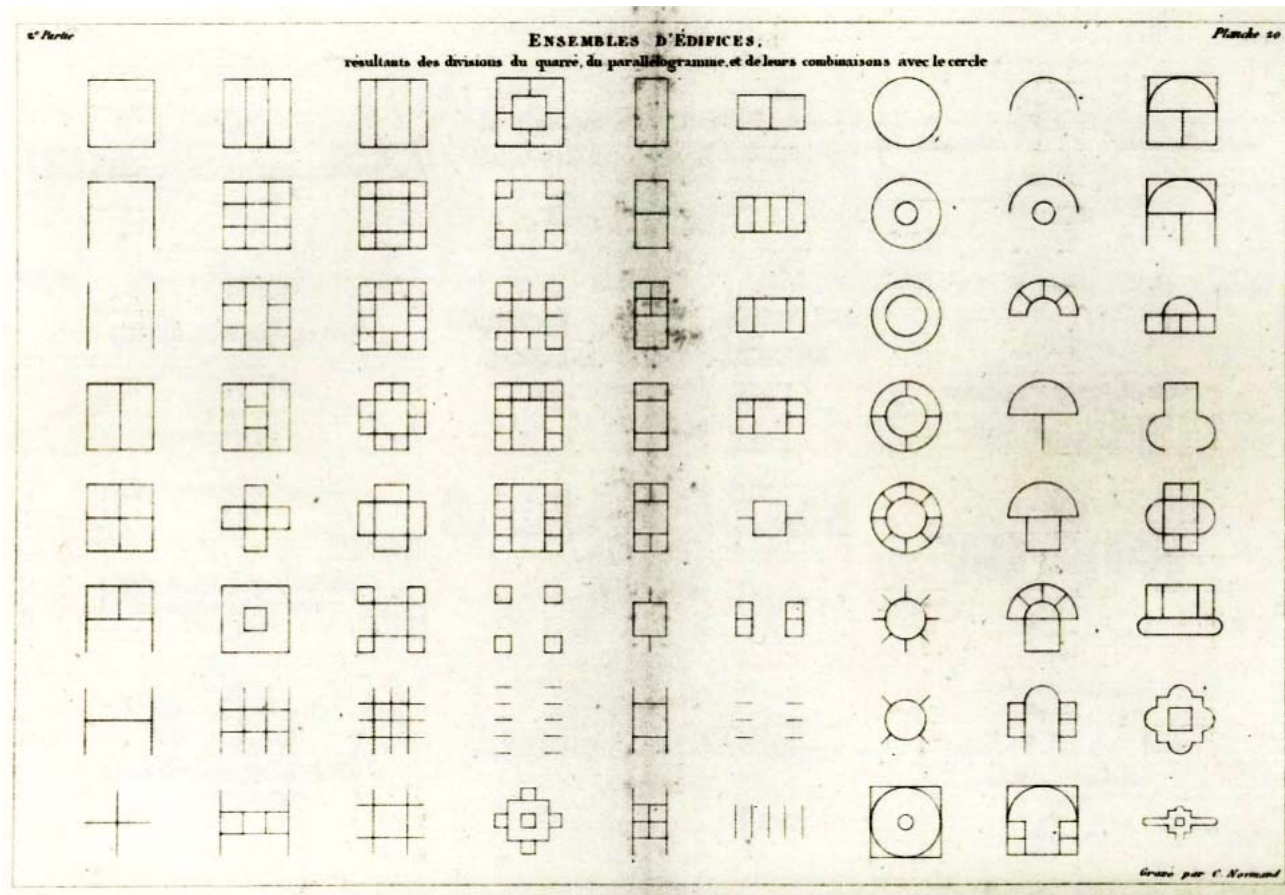


Рис. 2. Структура композиции по Дюрану

Таким образом Дюран стремился решить проблему разнообразия городских программ⁷. Е.С. Пронин стремится решить ту же проблему разнообразия и богатства архитектурного языка.

В обобщающем исследовании Пронина одинаково рассмотрены как исторические стили, так и постройки модернизма и работы западных архитекторов периода постмодернизма. Согласно теории Е.С. Пронина, архитектор остается во главе процесса формообразования, предопределяя как концептуальную комбинацию, так и формальную комбинацию элементов будущего объекта [8, с.226]. Такой комбинаторный подход в формообразовании обозначает постмодернистскую свободу, отказ от формальных канонов, правда, без отрицающего пафоса. Е.С. Пронин также затрагивает проблему комбинаторного формообразования с помощью САПР. При этом возможности генерирования компьютером различных комбинаций Пронин рассматривает достаточно критически, ссылаясь на проблемы с формализацией архитектурного процесса, подчас интуитивного. Однако, Пронин не исключает дальнейшее развитие средств автоматизированного проектирования в области архитектурной комбинаторики. В целом, комбинаторика архитектурных идей и концепций, а также комбинаторика формальных элементов в рамках определенного «слоя» [8, с.131]

⁷ Дюран ввел в обиход понятие композиции как стадии соединения различных независимых архитектурных элементов.

здания была призвана решить проблему гибкости, разнообразия и адаптации архитектурных решений к конкретным условиям (Рис. 3).

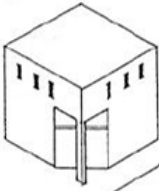
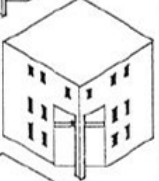
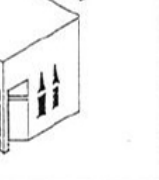
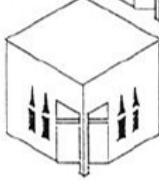
	количество на одном фасаде	форма	расположение	комбинация идей
варианты уточнений идей	по 3	□	в карнизной части	
	по 4	□	цепочкой	
	по 5	△	группой	
	по 6	◐	внизу	
	по 7	○		

Рис. 3. Матрица демонстрирует возможные комбинации в "слое" оконных проемов (по Е.С. Пронину)

Комбинаторика Е.С. Пронина вплотную подходит к проблеме генерации формы с помощью алгоритмов, однако, по-прежнему остается в рамках традиционного подхода, где архитектор сам определяет конечную форму, как аналитически, так и творчески. Комбинаторика продолжает подчиняться композиции, которая, согласно Пронину, играет первостепенную роль. Развитие генеративного создания архитектурной композиции мы можем наблюдать в работах Ч. Содду⁸. Содду придерживается тех же правил, что и Пронин: вначале выбирается общая схема будущей композиции (например, стул), затем генеративный процесс разворачивается внутри смыслового слоя, порождая различные комбинации. Так, может быть сгенерировано множество стульев, где у каждого будет свой вариант ножек, сиденья, спинки. Более сложный эффект возникает в архитектурных композициях Содду. Их внешний вид характеризует некоторая хаотичность соединения разнообразных форм. Девиз сайта Содду звучит как «ORDO AB CHAO», т. е. порядок из хаоса. Этот девиз полностью совпадает с существующими определениями порядка внутри дигитального направления. Процесс формообразования в работах Содду происходит по тому же комбинаторному принципу, однако всем результатам генерации присущ внутренний скелет, который легко узнаваем. Содду в основном придерживается традиционных прототипов: стул похож на стул, барочная церковь сохраняет привычную схему.

Таким образом, композиционный метод формообразования в современном дискурсе оказывается сложным комплексом представлений о форме и способе ее построения: здесь важную роль до сих пор играют ордерные принципы (понятие композиции, пропорций, ритма, метра и др.), наличествует модернистское стремление к абстракции, универсальности. Отчетливо чувствуется период постмодернизма и его желание деконструировать, перекомпоновать составные части, сломать стереотип. В случаях некоторых генеративных практик архитектурные эксперименты, наоборот, опираются на стереотипы.

⁸ См. подробнее <http://www.soddu.it/>

Обратимся к исследованию Г.С. Лебедевой определения композиции⁹ в трактате Витрувия. При том, что Г.С. Лебедева подчеркивает наличие противостояния, соревнования человека и природной стихии в античной культуре [5], запечатленное в вертикально ориентированных античных храмах и ордерной композиции, мы можем обнаружить следующую ключевую характеристику архитектурного ордера в трактате Витрувия: «Ордерные формы даны архитектору как целостные природные образования и, так же как звери или растения, не подлежат критике» [6, с.63].

Внутри процесса композиции ордера Г.С. Лебедева выявляет ряд важных, смыслообразующих реперных понятий, которые начинают перекликаться с природным строением мира. Так, в трактате Витрувия звучит описание *неизменной* сущности античного храма, его *начала-принципа*, типа как такового - *principium*. «Соответственно и «типы» храмов - *principia* - представляют собой некие отпечатки определенных способов взаимодействия человека с природой или формы общественного существования, зафиксированные в архитектурном материале» [7, с.43]. Далее мы наблюдаем возникновение иерархии внутри «типов». «Существенно при этом, что, если «тип» - *principium* – нечто заданное в культуре, неизблемое, то «вид» храма, напротив, избирается и формируется изменчивым вкусом заказчика или архитектора» [7, с.45]. «Виды» (в трактате - *species*) представляют собой вариацию параметра расстояния между колоннами. Примеры «видов» по Витрувию: пикностиль, систиль, диастиль, ареастиль, евстиль. Отметим, что понятие «вида» у Витрувия проводит аналогию с видами живых организмов и их большим разнообразием. Еще одним компонентом возникновения храмовой постройки оказывается ее *порода*. Согласно Витрувию, Г.С. Лебедева дает определение *породы* постройки как принадлежности к ее конкретному месту происхождения [7, с.46]. *Порода*, или *genus* храма обеспечивает целостность, и целостность эта не должна быть нарушена. «Genus в обоих случаях (в природе и возведении конструкции – Е.Ш.) обозначает некую особенную пропорциональную меру трудного соединения - композиции стихий, когда речь идет о природе, или деталей стоечно-балочной конструкции в архитектуре» [7, с.47]. В тексте Витрувия *genus* представлен как результат процесса возникновения, порождения, *генерации*. *Genus* – *род* постройки - выражается, по Витрувию, в трех вариациях, согласно месту происхождения каждого рода: дорическом, ионическом и коринфском. Отметим, что Витрувий не выстраивает между ними какой-либо иерархии, и мы можем предположить, что здесь работает восприятие античным автором каждого рода как к природного явления. Г.С. Лебедева подчеркивает у Витрувия этап адаптации постройки в окружающей среде благодаря отделке, обработке поверхности - *expolitio* [6, с.67].

Исследование Г.С. Лебедевой показывает, что глубокая связь ордера с природными началами присутствовала в трактате Витрувия, и сама терминология свидетельствует об этой связи. Употребление слов в трактате *genus* и *species* происходит совершенно естественно. В целом, архитектурный ордер представляет собой наглядное воплощение композиционного принципа формообразования, где конструктивные элементы соединяются наиболее артикулированным образом. Вертикальная колонна с каннелюрами переходит через капитель в горизонтальный пояс балки-архитрава. Профили, утонение ствола колонны, оптически выверенные соотношения, дробят форму, понижая сам контраст сочленений. Открытый, лишенный профиля шов чистой геометрии модернизма - одно из возможных следствий композиционного действия по созданию конечной формы.

Композиционный метод расположения и сочетания элементов в строгой последовательности порождает тектоническую логику артикуляции ордерных форм. Несмотря на то, что архитектурный ордер отрицался авангардом начала XX века, композиционный метод сохранялся на протяжении длительного периода истории архитектуры. Детальное рассмотрение и анализ Г.С. Лебедевой лексики трактата Витрувия

⁹ Важно отметить, что Г.С. Лебедева подчеркивает различие между современным пониманием композиции, а также ордера, и античных представлений о формообразовании. См. подробнее Лебедева, Г. С. Новейший комментарий к трактату Витрувия «Десять книг об архитектуре» Текст. Г.С.Лебедева. - М. : Едиториал УРСС, 2003. - 160 с.

[4] явно указывает на аналогии с природными процессами¹⁰ внутри композиционного формообразования, поэтому сопоставление ордерной композиции и генеративного подхода нам представляется продуктивным.

3. Генерация формы как стратегия формообразования

Заметный сдвиг в сторону «нерукотворного», «природного» создания архитектурного объекта продемонстрировал в 1995 году Джон Фрейзер в своей ключевой работе «An Evolutionary Architecture» [18], где он определил важный вектор эволюционистского направления в дальнейшем развитии архитектурной теории. Программный код, согласно Фрейзеру, может выполнять функцию искусственного интеллекта и решать сложные организационные, адаптационные и структурирующие задачи в сфере архитектуры.

В целом, Фрейзер изначально делает ставку на алгоритмический природоподобный подход (здесь мы можем обнаружить сильный контраст с комбинаторной теорией Пронина и экспериментами Содду) к формообразованию, приводя примеры из биологии. Фрейзер рассматривает эволюционный, генеративный процесс формообразования вне рамок традиционного подхода, где будущий проект начинает свое развитие от общей композиционной схемы, идеального архитектурного прототипа. Теория Фрейзера фокусирует наше внимание на первоэлементах будущей структуры (не композиции!), их поведении, алгоритме их сборки. Так, процесс формообразования разворачивается «снизу - вверх»¹¹, восходящим образом.

Как мы уже обозначили выше, Джон Фрейзер во многом определил вектор развития теории архитектурного формообразования, а его использование компьютера как среды для генерации формы заметно повлияло на современный характер дигитальной архитектуры. На фоне общего многообразия архитектурных направлений начала XXI века эволюционистский подход имеет свои характерные черты. В его основе можно было бы выделить следующие принципы:

- *эволюция архитектурных структур благодаря самооптимизации и адаптации;*
- *природа как образец «высоких технологий» и прототипов;*
- *компьютер как инструмент исследования и генерации формы;*
- *проектирование «снизу - вверх»: от генетического кода к форме.*

Однако, этот подход остается по-прежнему в области эксперимента, а реализация в виде физических объектов последнего принципа носит фрагментарный характер. Это связано с высокой степенью наукоемкости проектирования генеративных структур. И в большей степени такое проектирование связано с кропотливым научным исследованием, так как генеративный алгоритм требует полной формализации проектного замысла. Сам процесс генерации возможно контролировать, но чаще не напрямую, а лишь косвенно - через изменения правил генерации. Практическое применение генеративных алгоритмов часто разворачивается в рамках одной системы объекта, например, фасада. Так, структура несущих конструкций для здания Пекинского плавательного комплекса, возведенного к Олимпийским играм, была сгенерирована алгоритмом, воспроизводящим принцип образования пены. Сама же форма здания представляет собой прямоугольную призму.

Джон Фрейзер подчеркивает необходимость итераций в поиске формы. До тех пор, пока форма не будет удовлетворять особенностям среды, итерации не прекратятся. Архитектор может даже не представлять конечного результата. Например, Фрейзер приводит случай

¹⁰ Несмотря на то, что представления о природе заметно эволюционировали к началу XXI века.

¹¹ В проектировании информационных систем различаются два подхода: «сверху - вниз» (top-down) и «снизу - вверх» (bottom-up). Подробнее см.

http://en.wikipedia.org/wiki/Top-down_and_bottom-up_design

проектирования здания в условиях, где помещения имеют ограниченный доступ к естественному свету¹². Оптимальный вариант расположения различных функций жилого дома был достигнут благодаря генерации трехмерной ячеистой структуры, которая и выполняла роль датчика разнообразных качеств среды. Таким образом, пространственное строение здания было основано не на художественной композиции объемов, а на аналитическом подходе, где генеративный алгоритм был определяющим принципом, хотя конечная форма здания оказалась довольно традиционной.

Более наглядным и одновременно близким к физической природе архитектуры оказывается формообразование, отталкивающееся от внутренней логики материала¹³. Здесь можно упомянуть эксперименты А. Гауди, Х. Излера, Ф. Канделы, Ю. Лебедева, Ф. Отто, Н. Оксман и др. На основе рассуждений Нери Оксман [25, с.81] мы можем выстроить следующую схему (Рис. 4).

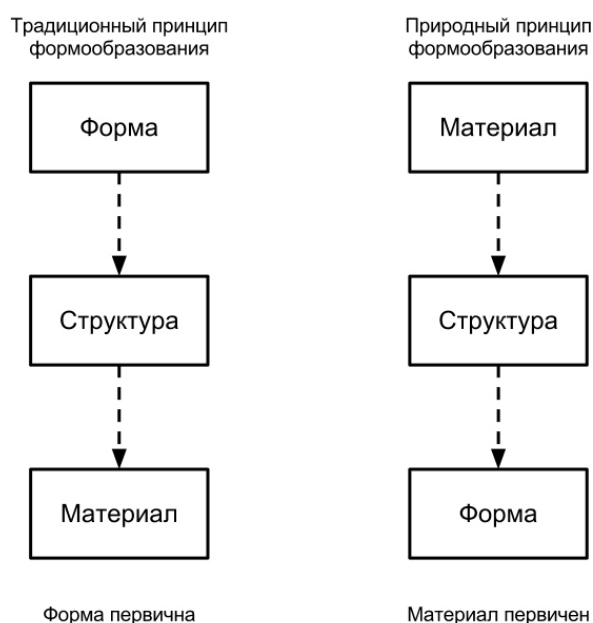


Рис. 4. Сопоставление формообразования "от формы" и "от материала"

Подход «от формы» (можно перефразировать - от формального образа), согласно Оксман, наглядно прочитывается в творчестве Фрэнка Гери, и материал конечного объекта вторичен. Это подтверждается известной методикой Гери работать с бумажными макетами, т.е. в первую очередь определять форму. Оксман предлагает альтернативный путь формообразования, более близкий природным процессам. В материале уже заложена природой (или ее физическими закономерностями) логика поведения будущей структуры. При этом Оксман не дает традиционную оценку конечной формы в результате формообразования «от материала».

Эта позиция свойственна современному архитектурному дискурсу, где идеальный *прототип*¹⁴ [9] или *образец* перестают играть ключевую роль в процессе создания формы. Далее Оксман формулирует общую методологию, в основе которой лежит вариация с помощью информационных технологий самих свойств материала на различных этапах - проектирования, моделирования, анализа, производства [25, с.81-83]. Таким образом, проектирование и производство с помощью информационных технологий предоставляет

¹² См. подробнее <http://www.giannibotsford.com/project/light-house/>

¹³ В английском языке это звучит как form-finding (поиск формы) и противопоставляется form-making (делание формы).

¹⁴ Проблема проектирования без прототипов была широко рассмотрена А.Г. Раппапортом.

возможность внедрять те или иные свойства в материал, что позволяет нам контролировать общую структуру формы и эффективность распределения самого материала (Рис. 5).

Проблема формообразования и интеграции материала, формы и информационных потоков широко освещается на международных конференциях (eCAADe, Smart Geometry, SIMAUD), в периодических изданиях (выпуски журнала Architectural Design), в западных архитектурных школах.



Рис. 5. Изготовленный на 3D-принтере образец бетонной колонны, структура которой повторяет структуру костной ткани. Этот прием позволяет уменьшить вес конструкций

Если же рассматривать информационные технологии в архитектурном материаловедении с позиций архитектурной теории, то на примере исследований Н. Оксман мы видим попытку уйти от дуалистического характера архитектурной формы, который заложил в понятие тектоники К. Бёттихер. Согласно теории Бёттихера, архитектурная форма раскладывается на две составляющие - внутреннее ядро и внешнюю художественно осмысленную оболочку. Ю.П. Волчок характеризует попытку Бёттихера синтезировать в понятии тектоники два компонента архитектурной формы как предпосылку к «сталкиванию» художественного и технологического процессов, к неизбежному внутреннему противоречию внутри самого понятия тектоники [1, с.72]. Отметим, что проблема тектоники формы приобрела контуры, близкие к периоду конструктивного рационализма [14, с.98] конца XIX - начала XX вв. Пример творческого метода Антонио Гауди иллюстрирует иной тектонический принцип, нежели тектоника ордера. Структура материала, его поведение "вычисляет" конечную форму, тем самым фактически избавляя архитектора от проблемы обоснования тектоники. Форма оптимальна согласно структуре материала. Продолжают эту рационалистскую традицию, описанную Фремптоном, Н. Оксман, А. Менгес и др. Джон Фрейзер предлагает заменить понятие *архитектоники аутотектоникой* (architectonics – autotectonics) [18], что характеризует отказ от традиционной интенции архитектора определять выразительность формы. Можно сказать, что Фрейзер в этой паре относит *архитектонику* (или традиционную тектонику) к области субъективных ощущений, опирающихся на восприятие субъекта. *Аутотектоника*, будучи результатом генерации, по своей сути не субъективна.

В целом, генеративный подход, который представлен в теории и экспериментах Фрейзера и практике Ф. Отто, Н. Оксман, М. Хенселя, А. Менгеса и др., предусматривает изначальную связку материала, структуры и формы. Формирование структуры происходит «снизу - вверх»: при генерации (буквально - симуляции природных процессов эволюции) цифровой модели с учетом работы алгоритмов и поиске формы или структуры (form-finding) на основе логики материала. Таким образом, процесс генеративного формообразования по своей сути не отталкивается от идеального прототипа¹⁵, не предусматривает синтезирующий композиционный подход отдельных частей формы и не предопределяет конечный

¹⁵ К идеальному прототипу мы можем отнести структурную схему ордерной системы, в основе которой лежит стоечно-балочная конструкция. Структурная схема отражает характер связей между элементами общей системы.

результат, а предоставляет архитектурному объекту формироваться согласно принципам природных процессов на уровне структуры и на уровне материала. Исследованием проблемы заимствования и трансляции принципов формообразования в архитектурную практику занимается архитектурная бионика [21].

Если мы рассмотрим множество примеров генеративного подхода в формообразовании, то отличительной особенностью сгенерированных структур окажется однородность элементов. Формообразование при помощи генеративных алгоритмов в современной трактовке зачастую дает результат, подобный структуре кристаллов, растений, пены. В процессе формообразования «от материала» однородность обеспечена самим материалом, внутри которого и разворачивается самооптимизация и адаптация формы. Здесь тема орнамента может стать ключом к пониманию характера генерации в дигитальном направлении. Исследовательская работа Ф. Муссави, посвященная роли и месту орнамента в ограждающих конструкциях оболочки здания, демонстрирует функционирование этой категории на уровнях формы, структуры, слоя-экрана (screen)¹⁶ и поверхности [24]. Также орнамент играет значительную роль в формообразовательной теории Л. Спайбрука. Генерация структур в рамках стратегии воспроизведения природных принципов может быть приравнена к порождению орнамента - категории, получившей новое звучание в начале XXI века.

Соответственно, если архитектурный объект сгенерирован с помощью алгоритмов в цифровой среде, форма, структура и материал представляют собой интегрированную систему¹⁷, и в качестве *образца* выступают природные структуры (например, структуры кораллов, пены, кристаллов, растений и т.д.), то мы, руководствуясь логикой дигитального направления, можем предположить, что решается проблема как формирования образа целостного объекта, так и последующей оценки его тектонических и орнаментальных качеств.

4. Композиция ордера и генеративные методы формообразования

Как мы уже предварительно обозначили выше, принципиальное различие между композиционным подходом и генерацией формы с помощью алгоритмов лежит в «направлении» процесса формообразования. В случае композиции форма изначально иницируется и определяет свои очертания при помощи архитектора, который опирается на прототип будущего здания. В случае генерации архитектор лишь контролирует процессы формообразования, ориентируясь на логику материала и используя генеративные алгоритмы.

Также, согласно общей концепции генеративного подхода, форма изначально не предопределена, не подчиняется композиционному стереотипу (как в случае ордера), а рождается в процессе порождения и адаптации при минимальном прямом участии архитектора. Чтобы прояснить различия в двух подходах, нам необходимо сопоставить композиционную деятельность с генерацией формы по ряду аспектов. Наиболее удобным объектом рассмотрения композиционного подхода, как мы уже говорили, представляется архитектурный ордер. Первый аспект характеризует роль проектного прототипа, а именно его *структурной схемы* внутри процесса формообразования.

4.1. Структурная схема внутри композиционного метода и генеративного подхода

В случае ордерного композиционного подхода мы можем увидеть основополагающую роль структурной схемы «балка-колонны», которая может быть рассмотрена как отправная точка дальнейшего формообразования. Общая структура постройки в архитектуре, ориентированной на античные образцы, часто соотносилась с сакральным *образом храма*¹⁸.

¹⁶ Речь идет о светопрозрачных слоях фасада.

¹⁷ Мы можем ясно проследить это в постройках Ф. Отто.

¹⁸ Здесь уместно вспомнить строки Г.Р. Державина: «Стекл заревом горит мой храмовидный дом...».

Попробуем воспроизвести иерархию понятий Витрувия, которую выявляет Г.С. Лебедева (Рис. 6.):



Рис. 6. Структура понятий в процессе создания ордерной постройки по Лебедевой

В этой схеме мы видим порождающую роль *genus* – способа композиции, соединения «несоединимого», которая влияет на конечный облик ордера. Неизменность самой структуры постройки, допускающей вариации внутри себя, характерна для ордерной архитектуры. Следующая схема демонстрирует внутри процесса создания ордерной постройки роль проектного образа, или, если опираться на термин Витрувия, - типа-*principium* (Рис. 7).



Рис. 7. Роль "типа-principium" в ордерной постройке

Несмотря на то, что данная схема сильно упрощена, мы видим, что конечный результат процесса композиции отдельных элементов сопоставляется с образом здания, который может фиксироваться в рисунке, физической модели, тексте, или просто находиться в уме архитектора. Соответствие конечной композиции здания своему первоначальному образу, в т.ч. его структурной схеме, часто оценивалось через категорию тектоники. Сами прототипы могли меняться в представлениях архитекторов на протяжении различных периодов, AMIT 4 (21) 2012

однако, структурная схема ордера оставалась неизменной. Наверное, поэтому происхождение ордера, его первоначальный прототип, становились предметом бурных споров и дискуссий [11].

В более поздние периоды, согласно детальному исследованию Ю.Е. Ревзиной изобразительных техник эпохи Ренессанса, идеальный, воображаемый образ будущей постройки и его последующая репрезентация занимали значительное место в архитектурной практике Ренессанса [10, с.72]. Способы его отображения могли быть различными: от эскиза с поясняющими комментариями до парадных чертежей или детализированной деревянной модели, которая зачастую становилась основным документом во взаимоотношениях заказчика и архитектора. Ю.Е. Ревзина наглядно раскрывает проблему передачи проектного замысла, идеального образа постройки, тем самым подчеркивая *конструктивную* роль идеального образа внутри проектного процесса. Идеальный образ и его структурообразующую функцию можно соотнести с понятием «тип-principium» у Витрувия.

Если обратиться к принципам генеративного подхода, то, на первый взгляд, Дж. Фрейзер, К. Терцидис и другие исследователи уходят от привязки к изначальной структурной схеме проектного прототипа и последующей сверки с ней во время процесса проектирования. Дж. Фрейзер описывает генеративный подход к формообразованию следующим образом: на основе генерирующей схемы «семья» из «генофонда» попадает в «окружающую среду», где происходит сама генерация и отбор оптимальных решений посредством анализа (Рис. 8.).

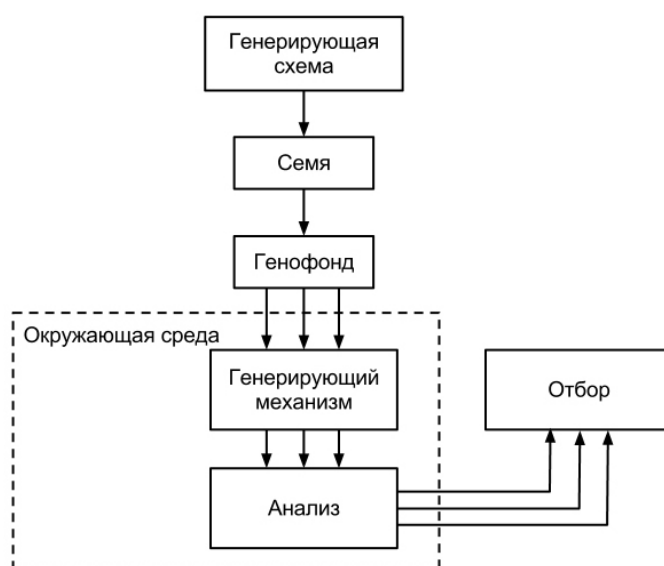


Рис. 8. Схема генерации формы (по Дж. Фрейзеру)

Функцию генерирующей схемы в системе Reptile выполняет базовый треугольный элемент, направления «роста» которого зависят напрямую от его структуры. Например, базовая структурная схема в виде куба даст уже другой результат роста всей структуры. Соответственно, роль структурной схемы внутри генеративного процесса - ключевая. Однако, Фрейзер не стремится выбрать *идеальную* структурную схему, более того - он не приводит примеры «правильных» схем, акцентируя внимание именно на самом подходе. Процесс композиции ордера отталкивается от идеализированной структурной схемы, которая оставалась устойчивой на протяжении длительных периодов.

В настоящий момент в дигитальном направлении тема образа, столь развитая внутри композиционного метода, уступает процессу генерации. Процедурность генерации, разложение процесса на компоненты - все это характеризует генеративный подход.

Генерирующая схема явно прочитывается в исследовании М. Хансмайера, где в основу процесса генерации ложится алгоритм подразделения¹⁹ поверхности [22]. Вариации в генерирующей схеме (в данном случае - базовой геометрической сетке) влияют на последующие «поколения» форм (Рис. 9).

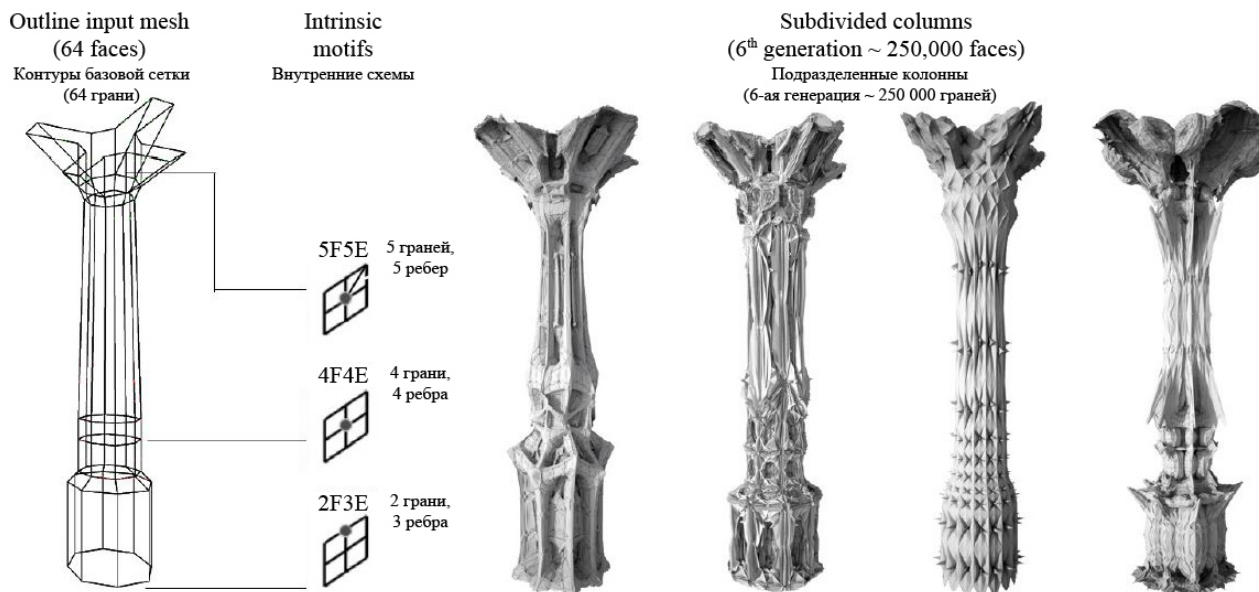


Рис. 9. Схема генерации колонн на основе базовой сетки по Хансмайеру

Итак, при отсутствии традиционной функции образа внутри генеративного подхода, понятие структурной схемы не ушло, а претерпело некоторые видоизменения. Так, Патрик Шумахер рассуждает о параметрических диаграммах, которые оказываются базой параметрической системы проектирования. Шумахер сравнивает параметрическую диаграмму (по сути - ту же структурную схему) с биологическим термином *плана строения (body plan)* живых организмов, принципиальные варианты которого довольно немногочисленны, а разнообразие самих существ огромно.

«План строения, по сути, утонение и является параметрической диаграммой для того, каким образом тело организма скомпоновано (в англ. тексте *laid out* – Е.Ш.): его симметрия, количество сегментов и конечностей и т.д.» [27, с.263]. Фрейзер ссылается на опыт ботаники и 24 «архитектуры» деревьев. Однако, ни Фрейзер, ни Шумахер напрямую не заявляют о конкретном прототипе, который необходимо использовать в качестве структурной схемы. Более практическое, утилитарное использование прототипа – *design model*²⁰ - в проектом процессе присутствует в подходе голландского бюро UNStudio [15]. Итак, мы можем утверждать, что прототип внутри генеративного процесса носит структурный, организационный характер, а не семантический.

4.2. Сложность и целостность в ордерной композиции и генеративной структуре

Обратимся ко второму аспекту сопоставления. Если мы оставим принятое нами в начале определение композиции как *деятельности*, а перейдем к другому значению этого понятия - *свершившейся целостности*, то в паре «композиция - генерация» проявляется еще один «слой» в рассмотрении этой пары. Целостность ордерной композиции, в которой синтезируются контрастные элементы (круглое сечение колонны, прямоугольная балка),

¹⁹ Хансмайер использует принцип моделирования, основанный на подразделении поверхностей. Подробнее см. Малюх В.Н. Введение в современные САПР. - М.: ДМК-Пресс, 2009. - с. 31-34.

²⁰ Примерный перевод: проектная модель. Термин *design model* было заимствовано из области разработки программного обеспечения.

изначально несет в себе *парадокс*. Г.С. Лебедева указывает сложный художественный эффект соединения "несоединимого" [4, с.29] в ордерной композиции.

Таким образом, целостность как одно из качеств композиции *возникает* из соединения разнообразных элементов. Г.С. Лебедева подчеркивает *порождающий, генерирующий* эффект композиционного действия. Категория *возникновения* или *эмерджентности* получила широкое распространение в современной архитектурной теории. Так, на примере формообразования, согласно логике поведения материала происходит *возникновение* целостности общей формы, однако, результат не имеет определенных контуров, так как в современном архитектурном дискурсе формальный канон не фиксирован.

Продолжая тему *возникновения*, или *порождения*, мы можем представить следующую схему. Генеративные алгоритмы в основном применяются для создания и адаптации сложных, но одновременно однородных структур. Однако зачастую операции с базовыми элементами включают в себя и стыковку, выравнивание, использование локальных симметрий и т. д. Таким образом, комбинаторика на уровне элементов присутствует. Та же комбинаторика существует и в рамках ордерной композиции, но структура ордерной композиции неизменна согласно влиянию образа и его структурной схемы. Характер связей между элементами в генеративном процессе, наоборот, может изменяться, адаптируясь к внешним условиям. Ограничения в порождении структуры зависят лишь от конфигурации самого базового элемента и правил генеративного алгоритма. Сами же элементы, даже модифицированные, зачастую создают гомогенную структуру. Эмерджентность и сложность сгенерированной структуры проявляет себя, в том числе, и в качественном переходе от однообразия, гомогенности, к разнообразию и гетерогенности внутри самой себя.

Композиционная сложность ордера, своеобразная эмерджентность, разворачивается в другой плоскости - в плоскости соотношения и взаимодействия между самими элементами при фиксированной структуре. При контрастном, не характерном для природы, соединении *несоединимого* возникает сложное ощущение одновременной гармонии и динамического равновесия. Все внимание архитектора фокусируется на сочленяемых элементах и, как следствие, их тектонических качествах в структуре общей композиции.

Композиционный метод изначально ориентирован на построение целостной системы, однако, в его основе лежит логика, отличная от природной. Целостность при восприятии композиции *возникает* из общего умозрительного синтеза разнородных элементов. Генеративный принцип работает в едином направлении, обеспечивая целостность и обоснованность общей структуры благодаря научному "подражанию" природным аналогам – таким, как структуры кораллов, кристаллов, пены и т.д. К проблеме целостности апеллирует и М. Хансмайер: «Один недостаток дифференцированной сетки: ее геометрия может быть ограничивающей. ... Формы (колонны - Е.Ш.) могут казаться в большей степени созданными из нескольких частей и компонентов, а не восприниматься как целостные» [21, с.287].

Отметим более близкий к традиционным представлениям взгляд на проблему целостности. Согласно Кристоферу Александру, восприятие сложной системы может быть вполне объективным инструментом оценки целостности системы [14, с.7]. Архитектура сама по себе, согласно Александру, может быть источником понимания сложности как природного явления. Наиболее наглядным примером осознания проблемы разнообразия, качественного перехода внутри одной структуры, сгенерированной по единому принципу, может стать вышеупомянутый проект М. Хансмайера «The Sixth Order» - «Шестой Ордер». Здесь мы отмечаем чрезвычайную сложность и упорядоченность сгенерированной «колонны».

Фрактальный эффект, который возникает при многоуровневых подразделениях базовой структуры, заставляет взглянуть по-новому на ордер и орнаментальные возможности сеток. Хансмайер, воспроизводя генеративным способом подобие колонны, вычленяет внутри общей сетки капитель, ствол, базу. Проект Хансмайера демонстрирует попытку исследовать потенциал генеративных алгоритмов в достижении сложного художественного эффекта. Так, мы обнаруживаем сближение традиционного составного элемента, колонны, и нового подхода в формообразовании.

Таким образом, сложность, целостность и эмерджентные свойства в генеративных процессах и композиционном подходе разворачиваются на разных уровнях, можно сказать, в разных масштабах. Сложность и одновременная целостность ордерной композиции прочитывается зрителем в соотношениях и сочленениях разнородных элементов. В генеративном подходе сложность и целостность возникает на уровне структуры элементов. Артикуляции соотношений между элементами уделяется меньше внимания.

4.3. Роль семантики в ордерной композиции и генерации формы

Примечателен тот факт, что Дж. Фрейзер, а также В. Митчелл, Р. Стини, и др. в своих исследованиях «грамматики формы и стиля» выявляют жесткость семантической структуры ордера, вне которой невозможно производить дальнейшую генерацию форм.

Так, В. Митчелл в своей работе «The Logic Of Architecture» [23], рассуждая о проблеме формализации проектного мышления, приводит пример ордерной системы, в основе которой он выявляет схему хижины (hut). Хижина, в свою очередь, состоит из вложенных семантических элементов конструкции, которые необходимо описать на понятном для компьютера формальном языке (Рис. 10).

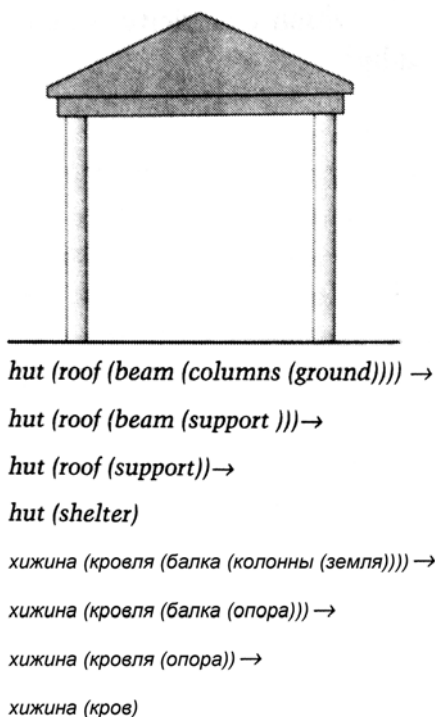


Рис. 10. Схема семантических уровней хижины по В. Митчеллу

Отметим, что именно область семантики, с точки зрения информационных технологий, остается одним из самых перспективных направлений науки. В случае генеративных алгоритмов, не связанных с семантической проблематикой, структуры генерируются без какой-либо привязки к смыслу. В определенном смысле семантика в структуре ордера создает членения по их репрезентативной функции и артикулирует формальный репертуар. Различные репрезентативные и конструктивные функции - разнообразие членений и форм внутри одной структуры.

Итак, семантическая структура ордерной системы выражается в артикулированном разнообразии элементов. Если мы рассмотрим генеративный подход, то обнаружим: для того, чтобы заложить потенциал качественного изменения и функционального (здесь семантика может быть приравнена к функции) разнообразия структурных элементов, необходимо производить эту операцию на самом уровне элемента, отмечает Дж. Фрейзер

[18]. Происходит это по причине технической сложности прямого управления генеративным процессом, и поэтому влияние на конечный результат возможно с помощью внешних условий и базовой генерирующей схемы, что мы можем наблюдать в работах Фрейзера и Хансмайера.

Если мы представим себе задачу генерации цветка, где качественные изменения в структуре присутствуют везде (переход от корней к стеблю, от стебля к лепесткам), то столкнемся с комплексной, наукоемкой задачей. Разница между различными органами цветка очень велика, при этом вся система остается целостной с точки зрения восприятия и самого строения. Ордерная композиция в этом аспекте может быть рассмотрена как сложно организованная целостная система, где семантическая структура достаточно разнообразна и порождает богатство форм. Результаты современных генеративных экспериментов в формообразовании представляют собой, в основном, однородные структуры.

5. Заключение

К. Терцидис отмечает, что оба метода, композиционный и алгоритмический (генеративный), имеют право на существование в современной практике [28, с.86] и оба метода способны по-своему решать проблемы сложных систем. Отсюда следует, что несмотря на ослабление роли композиции в процессе проектирования, генерация формы при помощи цифровых алгоритмов является во многом экспериментальной методикой формообразования.

Однако, если обратиться к ордерному принципу композиции как деятельности, мы обнаружим заметный сдвиг в формообразовательных практиках в сторону более природоподобных схем. Соединение колонны и балки в общую систему изначально заключает в себе элемент противопоставления природе, которая на протяжении многих веков продолжает влиять на архитектуру. Сейчас же активно заимствуются сами схемы природного формообразования как на уровне материала (например, исследования Н. Оксман), так и на уровне структуры элементов всего объекта (Дж. Фрейзер, К. Терцидис).

Таким образом, во многом интуитивный и сложный для последующей оценки композиционный метод формообразования в некоторых случаях сменяется более рациональными, технологичными подходами, которые мы заключили в понятие генерации формы. Параллельно с этим проблема тектоники как категории, традиционно базировавшейся на восприятии, уходит из области семантики²¹ в сферу научных представлений о поведении материала.

В целом, интерес архитекторов и исследователей к природным механизмам с целью их применения демонстрирует два аспекта: первый — совершенно практический, второй — идеологический. Идеология современного формообразования заключается именно в созидательном, порождающем характере проектной деятельности. Остается нерешенным вопрос художественной оценки результата генерации, так как большинство исследований и экспериментов лежат в плоскости изучения самого процесса формообразования. Сгенерированная форма заранее «верна», так как является «вычисленной» либо структурой материала, либо природоподобными алгоритмами. Композиция, именно как результат композиционной деятельности, содержит куда больший массив архитектурной теории, хотя само понятие «верной» композиции достаточно сложно определить.

Итак, мы обнаружили принципиальные аналогии в паре «композиция - генерация» на уровне структурной схемы, в отношении проблемы сложности и целостности как качеств, в отношении тектоники формы. Также мы попробовали затронуть влияние семантики на механизмы композиции и генеративных методов. Выявлена роль композиции как принципа,

²¹ Отметим, что тема орнамента, паттерна широко представлена в современном дискурсе и, соответственно, сгенерированная структура как орнамент может нести семантическую нагрузку. См. подробнее Moussavi F., Kubo M. *The Function of Ornament*. - Actar, 2008. - 192 p. Однако этот вопрос необходимо рассматривать более комплексно.

который тесно связан другими понятиями - тектоники, структурной схемы, сложности и целостности, семантической нагрузки и формального разнообразия.

Результатом сопоставления по вышеуказанным аспектам двух подходов в формообразовании может стать следующая таблица (**Таблица 1**):

Таблица 1. Сопоставление композиционного принципа ордера и современного генеративного подхода

Аспект	Композиционный принцип ордера	Современный генеративный метод
Структурная схема	<i>Фиксированная</i> структурная схема определяет конечный результат; вариации <i>соотношений между элементами</i> формируют саму композицию; привязка к прототипу храма;	Структурная схема <i>не фиксирована</i> и может порождать (генерировать) различные, неопределенные результаты; соотношения между элементами не несут художественной нагрузки, вариации на уровне <i>самой</i> структуры; прототип — природные структуры;
Уровень сложности и целостности	Сложная организация разнородных элементов <i>внутри</i> композиции; целостность рождается в «соединении несоединимого» - композиция как метод порождения (genus)	Сложность на уровне <i>структуры</i> ; целостность возникает благодаря однородности элементов - генеративные алгоритмы как основной механизм «роста» формы
Тектонические качества	Тектоника форм и их общей композиции <i>придается</i> архитектором «вручную»	В случае генеративного подхода на уровне материала форма находит свои оптимальные границы, следуя поведению материала;
Формальное разнообразие	Семантически и функционально насыщенные и разнородные элементы	Преимущественно однородные структуры — нет привязки к конкретной семантике

В качестве заключения мы можем отметить, что на данный момент в процессе развития генеративных практик формообразования происходит актуализация ряда традиционных качеств архитектурной формы и ее строения, таких как: целостность, тектоническая артикуляция, сложность, связь с проектным прототипом, его структурной схемой. Используя генеративные алгоритмы в проектном поиске, архитектор сталкивается с фундаментальными проблемами. Обращение и переосмысление понятийных основ ордерной композиции представляется конструктивным шагом в сторону дальнейшей эволюции теории архитектурного формообразования.

Изображения, используемые в статье:

Рис. 1, 4, 6-8 - выполнены автором статьи.

Рис. 2 - Durand, Jean-Nicolas-Louis Précis des leçons d'architecture données à l'École polytechnique. Volume 1. - Nabu Press, 2010. – 260 p.

Рис. 3 - Пронин Е.С. Теоретические основы архитектурной комбинаторики: учеб. для вузов: спец. «Архитектура». - М.: Архитектура-С, 2004. - 232 с.

Рис. 5 -

http://www.youtube.com/watch?v=0nFyuxGEhzY&list=FLRh9VaPeykBmBk8v0rs_aEA&index=9&feature=plpp_video Также см. <http://web.mit.edu/newsoffice/2011/3d-printing-0914.html>

Рис. 9 - Hansmeyer M. From Mesh to Ornament. Subdivision as a generative system // ECAADe 2010 Conference: Future Cities: Proceedings of the 28th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe. - vdf Hochschulverlag AG, an der ETH Zurich, 2010. - p. 285 – 294.

Рис. 10 - Mitchell W.J. The Logic of Architecture: Design, Computation, Cognition. – MIT Press, 1990. – 304p.

Табл. 1 - выполнена автором статьи.

Литература

1. Волчок Ю.П. Тектоника // Теория композиции в советской архитектуре / под ред. Л.И. Кирилловой. – М.: Стройиздат, 1986. - с. 69 – 87.
2. Добрицына И.А. От постмодернизма к нелинейной архитектуре. - М.: Прогресс-традиция, 2004. - 416 с.
3. Глазычев В.Л. Композиция как мыслительная деятельность (к постановке проблемы) // Теория композиции в советской архитектуре / под ред. Л. И. Кирилловой. – М.: Стройиздат, 1986. - с. 213 – 225.
4. Лебедева, Г.С. Новейший комментарий к трактату Витрувия «Десять книг об архитектуре». - М.: Едиториал УРСС, 2003. - 160 с.
5. Лебедева Г.С. Становление классической композиции // Теория композиции как поэтика архитектуры. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. - с. 23 – 36.
6. Лебедева Г.С. К истокам категориального аппарата по композиции. Приемы описания и оценки внешнего вида сооружений у Витрувия // Теория композиции как поэтика архитектуры. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. – с.60 – 77.
7. Лебедева Г.С. У истоков ордерной композиции. Теоретический контекст и семантика ордера у Витрувия // Теория композиции как поэтика архитектуры. – М.: Прогресс-Традиция, 2002. – с.37 – 59.
8. Пронин Е.С. Теоретические основы архитектурной комбинаторики: учеб. для вузов спец. «Архитектура». - М.: Архитектура-С, 2004. - 232 с.
9. Раппапорт А.Г. Проектирование без прототипов. Разработка и внедрение автоматизированных систем в проектировании (теория и методология) [Электронный ресурс]. – URL: <http://agency.archi.ru/lib/publication.html?id=1850569396&fl=5&sl=1>
10. Ревзина Ю.Е. Инструментарий проекта. От Альберти до Скамоцци. - М.: Памятники исторической мысли, 2003. - 176 с.
11. Таруашвили Л.И. Эстетика архитектурного ордера. – М.: Architectura, 1995. – 178 с.

12. Шубенков М.В. Структурные закономерности архитектурного формообразования: учебное пособие. - М.: Архитектура-С, 2006. - 319с.
13. Фремpton К. Современная архитектура. Критический взгляд на историю развития / под ред. В.Хайта. – М.: Стройиздат, 1990. - 534с.
14. Alexander Ch. New Concepts in Complexity Theory [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.natureoforder.com/library/scientific-introduction.pdf>
15. Berkel van B., Bos C. UN Studio: Design Models - Architecture, Urbanism, Infrastructure. Rizzoli, 2006. - 400 p.
16. Durand, Jean-Nicolas-Louis Précis des leçons d'architecture données à l'École polytechnique Volume 1. Nabu Press, 2010. - 260 p.
17. Frazer J. An Evolutionary Architecture. London, 1995. - 128 p.
18. Frazer J. Intentionality – The coding of a design concept [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.aaschool.ac.uk/VIDEO/lecture.php?ID=1633>
19. Garcia M. Introduction. Histories and Theories of the Diagrams of Architecture / The Diagrams of Architecture. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 18 – 45.
20. Gruber P. Biomimetics in Architecture. - SpringerWienNewYork, 2011. - 1-st Edition. - 280 p.
21. Hansmeyer M. From Mesh to Ornament. Subdivision as a generative system // ECAADe 2010 Conference: Future Cities: Proceedings of the 28th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe. - vdf Hochschulverlag AG, an der ETH Zurich, 2010. - p. 285 – 294.
22. The Metapolis Dictionary of Advanced Architecture. - ACTAR, 2003. - 688 p.
23. Mitchell W.J. The Logic of Architecture: Design, Computation, Cognition. – MIT Press, 1990. – 304p.
24. Moussavi F., Kubo M. The Fuction of Ornament. - ACTAR, 2008. - 192 p.
25. Oxman N. Structuring Materiality: Design Fabrication of Heterogeneous Materials // Architectural Design, Vol 80, no.4, 2010. – p.78-85.
26. Schumacher P. Parametric Diagrams / The Diagrams of Architecture. Garcia Mark (ed.) John Wiley & Sons. - 2010. - p. 260 – 296.
27. Terzidis K. Algorithmic Complexity: Out of Nowhere. // Complexity. Design Strategy and World View. - Birkhäuser Architecture; 1 ed., 2008. - p. 75-88.
28. Vidler A. Diagrams of Diagrams: Architectural Abstraction and Modern Representation / The Diagrams of Architecture. Garcia Mark (ed.) John Wiley & Sons. - 2010. - p. 54 – 63.

References

1. Volchok Yu. P. *Tektonika* [Tectonics]. *Teorija kompozicii v sovetskoj arhitekture* [The Composition Theory in Soviet Architecture]. Moscow, 1986, pp. 69 - 87.
2. Dobritsyna I. A. *Ot postmodernizma k nelinejnoj arhitekture* [From Postmodernism to Nonlinear Architecture]. Moscow, 2004, 416 p.

3. Glazychev V.L. *Kompozicija kak myslitel'naja dejatel'nost' (k postanovke problemy)* [The Composition as a Thinking Activity (on issue definition)]. *Teorija kompozicii v sovetskoj arhitekture* [The Composition Theory in Soviet Architecture]. Moscow, 1986, pp. 213 – 225.
4. Lebedeva G.S. *Novejsnij kommentarij k traktatu Vitruvija "Desjat' knig ob arhitekture"* [The Newest Commentary on Vitruvius Treatise]. Moscow, 2003, 160 p.
5. Lebedeva G.S. *Teorija kompozicii kak pojetika arhitektury* [Composition Theory and Poetics of Architecture]. Moscow, 2002, pp. 23 – 36.
6. Lebedeva G.S. *Teorija kompozicii kak pojetika arhitektury* [Composition Theory and Poetics of Architecture]. Moscow, 2002, pp. 60 – 77.
7. Lebedeva G.S. *Teorija kompozicii kak pojetika arhitektury* [Composition Theory and Poetics of Architecture]. Moscow, 2002, pp. 37 – 59.
8. Pronin E.S. *Teoreticheskie osnovy arhitekturnoj kombinatoriki* [The Theoretical Framework of Architectural Combinatorics]. Moscow, 2004, 232 p.
9. Rappaport A.G. *Proektirovanije bez prototipov. Razrabotka i vnedrenije avtomatizirovannyh sistem v proektirovanii (teorija i metodologija)* [Design without Prototypes. The Development and Implementation of Automated Design Systems (Theory and Methodology)]. Available at: <http://agency.archi.ru/lib/publication.html?id=1850569396&fl=5&sl=1>
10. Revzina Yu. E. *Instrumentarij proekta. Ot Al'berti do Scamocci* [The Tooling of Project. From Alberti to Scamozzi]. Moscow, 2003, 176 p.
11. Taruashvili L.I. *Jestetika arhitekturnogo ordena* [Aesthetics of Architectural Order]. Moscow, 1995, 178 p.
12. Shubenkov M.V. *Strukturnye zakonomernosti arhitekturnogo formoobrazovaniya* [Structural Regularities of Morphogenesis in Architecture]. Moscow, 2006, 321 p.
13. Frampton K. *Sovremennaja arhitektura. Kriticheskij vzglyad na istoriju razvitiya* [Modern architecture. A critical sight at history of development]. Moscow, 1990, 534 p.
14. Alexander Ch. *New Concepts in Complexity Theory*. Available at: <http://www.natureoforder.com/library/scientific-introduction.pdf>
15. Berkel van B., Bos C. *UN Studio: Design Models - Architecture, Urbanism, Infrastructure*. Rizzoli, 2006, 400 p.
16. Durand, Jean-Nicolas-Louis *Précis des leçons d'architecture données à l'École polytechnique* Volume 1. Nabu Press, 2010, 260 p.
17. Frazer J. *An Evolutionary Architecture*. Architectural Association Publications, 1995, 128 p.
18. Frazer J. *Intentionality – The coding of a design concept*. Available at: <http://www.aaschool.ac.uk/VIDEO/lecture.php?ID=1633>
19. Garcia M. *Introduction. Histories and Theories of the Diagrams of Architecture. The Diagrams of Architecture* (ed. Mark Garcia). John Wiley & Sons, 2010, p. 18 – 45.
20. Gruber P. *Biomimetics in Architecture*. SpringerWienNewYork, 2011, 1-st Edition, 280 p.
21. Hansmeyer M. *From Mesh to Ornament. Subdivision as a generative system*. ECAADe 2010 Conference: Future Cities: Proceedings of the 28th Conference on Education in Computer

- Aided Architectural Design in Europe. vdf Hochschulverlag AG, an der ETH Zurich, 2010, p. 285 – 294.
22. The Metapolis Dictionary of Advanced Architecture. Actar, 2003, 688 p.
 23. Mitchell W.J. The Logic of Architecture: Design, Computation, Cognition. MIT Press, 1990, 304p.
 24. Moussavi F., Kubo M. The Fiction of Ornament. Actar, 2008, 192 p.
 25. Oxman N. Structuring Materiality: Design Fabrication of Heterogeneous Materials. Architectural Design, Vol 80, no.4, 2010, p.78-85.
 26. Schumacher P. Parametric Diagrams / The Diagrams of Architecture. Garcia Mark (ed.) John Wiley & Sons, 2010, p. 260 – 296.
 27. Terzidis K. Algorithmic Complexity: Out of Nowhere. Complexity. Design Strategy and World View. Birkhäuser Architecture; 1 ed., 2008, p. 75-88.
 28. Vidler A. Diagrams of Diagrams: Architectural Abstraction and Modern Representation. The Diagrams of Architecture. Garcia Mark (ed.) John Wiley & Sons, 2010, p. 54 – 63.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Е.А. Ширинян

Аспирант, кафедра История архитектуры и градостроительства Московский архитектурный институт (Государственная академия), Москва, Россия
e-mail: evgeny.shirinyan@gmail.com

DATA ABOUT THE AUTHOR

E. Shirinyan

Post-graduate student, chair of History of architecture and town-planning, Moscow Institute of Architecture (State academy), Moscow, Russia
e-mail: evgeny.shirinyan@gmail.com