С.В. МКРТЧЯН
Кандидат искусствоведения, профессор кафедры архитектуры ФГБОУ ВО «ГУЗ», г. Москва
e-mail: 7655682@rambler.ru

А.Ю. РЕПРЫНЦЕВ
Аспирант кафедры архитектуры ФГБОУ ВО «ГУЗ», г. Москва
e-mail: andyurrep@yandex.ru

S.V. MKRTCHYAN
PhD in Art History, Professor of the Department of Architecture, State University of Land Use Planning, Moscow
e-mail: 7655682@rambler.ru

A.Y. REPRYNTSEV
Postgraduate Student Department of Architecture, State University of Land Use Planning, Moscow
e-mail: andyurrep@yandex.ru

DOI: 10.37485/1997-4663_2026_3_2_342_354

ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ ЯЗЫК ГЕНЕРАТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ: ПРИНЦИПЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И ЭСТЕТИКА ВИЗУАЛЬНОГО ОБРАЗА

THE ARTISTIC LANGUAGE OF GENERATIVE DESIGN IN ARCHITECTURE: PRINCIPLES OF MORPHOGENESIS AND AESTHETICS OF THE VISUAL IMAGE

Статья посвящена исследованию генеративного проектирования как формирующегося художественного языка современной архитектуры. Рассматривается фундаментальная трансформация роли архитектора от единоличного творца к соавтору математического алгоритма, а также философские аспекты перехода от классического евклидова пространства к нелинейной топологии. Подробно анализируются предыстория метода, принципы морфогенеза алгоритмической формы, специфика ее визуаль-

ного образа, вопросы «новой тектоники» и средств пластической выразительности. Особое внимание уделяется связи цифровых структур с природными бионическими формами, трансформации законов классической композиции (ритм, масштаб, пропорции), взаимодействию формы со светом и феномену «цифрового ремесла» (Digital Craft). Делается вывод о формировании новой эстетической парадигмы, требующей принципиально обновленного искусствоведческого и дизайнерского инструментария для ее адекватной теоретической и визуальной оценки.

The article is devoted to a comprehensive study of generative design not just as a high-tech tool, but as an independent, evolutionarily new artistic language of contemporary architecture and design. The fundamental transformation of the architect's role from a sole creator to a co-author of a mathematical algorithm, as well as the philosophical aspects of the transition from classical Euclidean space to non-linear topology, are considered. The background of the method, the principles of morphogenesis of algorithmic form, the specificity of its visual image, issues of "new tectonics" and means of plastic expressiveness are analyzed in detail. Special attention is paid to the connection of digital structures with natural bionic forms, the transformation of the laws of classical composition (rhythm, scale, proportions), the interaction of form with light and the phenomenon of "digital craft". The conclusion is drawn about the formation of a new aesthetic paradigm that requires a fundamentally updated art history and design toolkit for its adequate theoretical and visual assessment.

Ключевые слова: генеративное проектирование, алгоритмическая архитектура, параметризм, формообразование, визуальный образ, архитектурная морфология, тектоника, бионика, цифровая материальность, синергетика в искусстве.
Keywords: generative design, algorithmic architecture, parametricism, morphogenesis, visual image, architectural morphology, tectonics, bionics, digital materiality, synergetics in art.

Цифровая эпоха, стремительно развернувшаяся на рубеже XX и XXI веков, радикально изменила методологию архитектурного и ди-

зайнерского проектирования, спровоцировав глубокие тектонические сдвиги не только в строительной инженерии, но и в самой философии пространственных искусств. На протяжении тысячелетий архитектурное формообразование опиралось на принципы евклидной геометрии — ортогональность, симметрию и пропорциональные системы. Античный периптер, готический собор, ренессансное палаццо и модернистский небоскреб, при всей их стилистической разнице, были созданы инструментарием циркуля и линейки.

Однако с развитием вычислительных мощностей на смену классическому черчению и полигональному 3D-моделированию (где компьютер выступал лишь в роли усовершенствованного электронного кульмана) пришло генеративное, или алгоритмическое, проектирование. Сегодня параметрические системы, визуальные скрипты и нейросетевые технологии способны самостоятельно генерировать тысячи вариантов объемно-пространственных решений на основе комплекса заданных переменных: от розы ветров и инсоляции до физических свойств материала и маршрутов движения пешеходов.

Если техническая, экономическая и расчетная стороны этого процесса исследованы современной наукой достаточно глубоко, то художественная, эстетическая природа получаемых форм парадоксальным образом остается предметом острых искусствоведческих дискуссий. Как справедливо отмечает ведущий отечественный теоретик архитектуры И.А. Добрицына, в современной нелинейной архитектуре «происходит сдвиг от геометрии форм к геометрии сил» [1, с. 45]. Визуальный образ перестает быть статичным результатом прихоти художника. Он становится застывшим отображением невидимых физических и информационных потоков. Этот феномен требует совершенно нового, междисциплинарного подхода к оценке визуального образа, выходящего за рамки традиционного витрувианского триединства польза, прочность, красота.

Для адекватного понимания эстетики генеративной архитектуры необходимо проследить исторические корни этого явления. Ошибочно полагать, что алгоритмическое, процессуальное мышление возникло исключительно с появлением мощных ЭВМ. Предыстория генеративного метода уходит корнями в аналоговые эксперименты великих мастеров прошлого, искавших идеальную гармонию вне прямого угла.

Ярчайшим прото-генеративным опытом можно считать работу каталонского архитектора Антонио Гауди. Создавая полифуникулярные





Рис. 1. Храм Соградa Фамилия, в котором архитектор Антонио Гауди рассчитывал параболические своды с помощью физического алгоритма

Рис. 2. Павильоны Олимпийского парка в Мюнхене, созданные архитектором Фрай Отто путем экспериментов материи

подвесные макеты из сложных систем грузиков и нитей для расчета параболических сводов колонн Гуэль и храма Саграда Фамилия (рис. 1), Гауди, по сути, использовал физический аналоговый алгоритм поиска формы (form-finding). В его системе гравитация выступала главным вычисляющим параметром. Архитектор не рисовал свод. Он задавал начальные условия (вес, точки опор), а форма определялась действием гравитации как естественного вычислительного механизма.

Во второй половине XX века немецкий инженер и архитектор Фрай Отто продолжил эти исследования, изучая изменяющиеся процессы самоорганизации материи.

Он экспериментировал с мыльными пленками, проволочными каркасами и каплями жидкости для создания своих знаменитых тентовых конструкций (например, павильонов Олимпийского парка в Мюнхене (рис. 2)). Мыльная пленка всегда стремится занять минимальную площадь поверхности при заданных границах — это математический закон оптимизации, который Отто перенес в архитектуру. Эти исторические примеры доказывают, что стремление архитектора найти идеальную, естественную форму путем задания начальных алгоритмов, а не директивного рисования фасада, является глубинной потребностью архитектурного творчества, которая именно сегодня получила мощнейший цифровой инструментарий.

Интеграция программных визуальных скриптов (таких как среда Grasshopper для Rhinoceros или Dynamo для Revit) переводит вычислительную машину из статуса пассивного исполнителя в статус активного «соавтора». С точки зрения искусствоведения и теории художественного языка, это означает делегирование фундаментальной части творческого процесса искусственному интеллекту или математической логике. Архитектор эпохи диджитал-модернизма больше не рисует форму напрямую линией на листе бумаги, он проектирует сам процесс ее роста.

Согласно Н.А. Сапрыкиной, в этих условиях «современный зодчий становится режиссером параметров, где визуальный образ возникает как результат сложной синергетической игры переменных среды, функции и материала» [2, с. 112]. Возникает феномен эмерджентности — ситуация, при которой сложная система порождает визуальный результат, значительно превосходящий сумму ее составных частей и не всегда предсказуемый на начальном этапе.

Эстетика генеративной архитектуры становится эстетикой процесса, а не только эстетикой результата. Архитектор проектирует не само здание, а «генетический код» (алгоритм), из которого это здание вырастет в виртуальной среде. Конечный визуальный образ, предстающий перед зрителем в реальной городской среде, является лишь единичным «замороженным» мгновением, одной из тысяч возможных вариаций бесконечной алгоритмической эволюции. Роль творца кардинально смещается от создания конечного продукта (дизайна) к мета-дизайну — созданию логических правил, порождающих этот продукт.

Морфология, новый композиционный язык и визуальный образ генеративной архитектуры, обладает ярко выраженными, легко считываемыми стилистическими маркерами. Ведущим теоретиком этого направления Патриком Шумахером (соратником Захи Хадид) был предложен термин «параметризм», который он манифестировал как новый великий глобальный стиль, пришедший на смену исчерпавшему себя модернизму и ироничному постмодернизму. Шумахер жестко сформулировал негативные и позитивные догмы нового стиля — категорический отказ от прямых линий, острых углов, жестких типовых элементов и простых метрических повторений в пользу непрерывной изменчивости, текучести и плавных топологических деформаций [3, с. 14].

Художественный язык генеративного проектирования оперирует специфическими пластическими и композиционными принципами, которые трансформируют классическое академическое понимание гармонии:

В алгоритмических формах практически отсутствуют резкие границы, ортогональные углы и артикулированные сочленения. Стены плавно перетекают в перекрытия, несущие конструкции сливаются с ограждающими оболочками, образуя единую непрерывную топологическую поверхность, концептуально подобную ленте Мебиуса или бутылке Клейна. Это создает визуальный образ непрерывного пластического потока, полностью ломающий классическую тектонику, основанную на визуальном конфликте несомого (балки, антаблемента) и несущего (колонны, стены). Здание начинает восприниматься зрителем не как конструктор из деталей, а как единая, неразрывная скульптурная биомасса.

Классическая архитектура всегда строилась на метрическом повторении одинаковых элементов с равным шагом (колоннада периптера, сетка окон палаццо, стандартизированные панели хрущевки). В генеративной архитектуре фасадные системы являются сложными паттернами, которые плавно меняют свою плотность, масштаб, глубину рельефа или угол наклона модулей в зависимости от внешних факторов. Например, ламели на южном фасаде могут сгущаться для защиты от солнца, а на северном — раскрываться. Возникает эстетика градиента — визуальный ритм меняется по логарифмическому закону. Зрительно это напоминает природные структуры — чешую рептилий, оперение птиц или рябь на водной глади, где все элементы принадлежат к одному семейству, но ни один из них не повторяется в абсолютной точности.

Важнейшей эстетической чертой генеративного визуального образа является его глубинная фрактальность (самоподобие). Такой архитектурный объект интересен для восприятия на любом расстоянии. Издалека зритель считывает крупный силуэт города — часто биоморфный, каплевидный или напоминающий горный хребет. При приближении к зданию раскрывается средний масштаб — сложный математический рисунок структурных панелей или диагональных связей каркаса. А вблизи, на расстоянии вытянутой руки, становится видна микроструктура материала или узлов крепления, которые также подчинены единому алгоритмическому коду. Подобная высокая плотность визуальной информации была характерна только для пламенеющей готики, но в цифровой архитектуре она достигается не многолетним ручным трудом сотен резчиков по камню, а масштабированием математического скрипта.

В отличие от ренессанса или классицизма, где ось симметрии являлась основой композиционного равновесия, генеративные формы

практически всегда асимметричны. Однако это не хаос деконструктивизма. Алгоритмическая форма обладает глубоким, скрытым математическим балансом. Ее равновесие сродни равновесию раскидистого дерева, оно не симметрично зеркально, но его центр тяжести и визуальные массы идеально сбалансированы природой.

Связь генеративного дизайна с природой (так называемой нео-бионикой) требует глубокого философско-искусствоведческого осмысления. Исторически архитектура всегда обращалась к природе за вдохновением. Однако мастера стиля модерн (ар-нуво) на рубеже XIX–XX веков — такие как Эктор Гимар в Париже или Виктор Орта в Брюсселе — занимались, по сути, прямым миметическим подражанием, копируя изгибы стеблей орхидей, формы бутонов и раковин в кованом металле, гипсе и стекле.

В современной генеративной архитектуре происходит фундаментальный концептуальный сдвиг, имитируется не внешний вид природы, а скрытая математическая логика ее формирования [5, с. 215]. Визуальная метафора генеративного здания строится исключительно на процессуальности. В.В. Птичникова справедливо отмечает, что «алгоритмическая форма воздействует на зрителя на глубинном, подсознательном уровне, так как ее визуальный ритм и геометрия родственны ритмам живой природы» [4, с. 88].

Алгоритмы, используемые для генерации архитектурных форм, напрямую заимствованы из биологии, физики и химии. Широчайшее применение нашли диаграммы Вороного (Voronoi tessellation), описывающие ячеистые структуры. В архитектуре они используются для создания несущих экзоскелетов зданий, которые визуально абсолютно идентичны структуре крыла стрекозы, прожилкам листа или губчатой человеческой костной ткани. Различные вариации L-систем (Lindenmayer systems), используемые в ботанике для моделирования фрактального роста растений, позволяют архитекторам генерировать ветвящиеся древовидные колонны удивительной пластической выразительности, которые оптимально распределяют вес перекрытий. Алгоритмы роевого интеллекта (swarm intelligence) помогают в зонировании сложных пешеходных потоков в мега-моллах и аэропортах, рождая органичные планировки, напоминающие муравейники или русла пересыхающих рек.

В результате этих процессов рождается совершенно новая, гибридная эстетика «цифровой органики». Зритель воспринимает такие пространственные формы как нечто парадоксальное. Они одновременно

подчеркнуто искусственны, высокотехнологичны, футуристичны (очевидно, что они сгенерированы сверхмощной машиной) и в то же время воспринимаются как нечто глубоко естественное, родственное живому организму.



Рис. 3. Общий вид здания с фасадными модулями на основе датчиков и актуаторов (изображение создано А.Ю. Репрынцевым)

Свет, кинетика и новые средства выразительности Специфика визуального образа генеративной архитектуры неразрывно связана с ее взаимодействием со светом. Сложная вязь параметрических конструкций фасада, изгибы ламелей, двоякокривизненные стеклянные панели и градиентная перфорация создают невероятно богатую, динамичную светотеневую игру (кьяроскуро). В отличие от плоского фасада модернистской коробки, который однообразно освещается солнцем, параметрическая оболочка работает как сложный оптический инструмент.

Более того, современный генеративный фасад часто перестает быть статичной, неподвижной границей между интерьером и экстерьером. Интеграция датчиков и актуаторов порождает кинетическую архитектуру, где алгоритм не просто сформировал здание на этапе проекта, но и продолжает управлять им в реальном времени. Фасадные модули могут раскрываться и закрываться вслед за движением солнца, подобно лепесткам цветов (рис. 3), обогащая визуальный образ кинетическими, изменчивыми визуальными эффектами. Архитектурный образ теряет свою монументальную статичность, приобретая качества перформативного искусства.

Одной из основных теоретических проблем эстетики генеративной архитектуры является неизбежный конфликт между идеальным виртуальным образом и грубой физической материей, между цифровой мечтой и гравитационной реальностью Земли. В виртуальном пространстве программной среды CAD-систем алгоритм не имеет физической массы. Он способен генерировать бесконечно сложные, визуально парящие пространственные графы, зависшие в абсолютной пустоте монитора. Но при переносе проекта в реальность строительной площадки архитектурный объект жестко сталкивается с суровыми законами физики, сопротивлением материалов, ветровыми нагрузками и технологическими допусками оборудования.

Классическая тектоника в теории архитектуры (в частности, в фундаментальных трудах А.В. Иконникова) подразумевает художественное выражение работы конструкции, ясность передачи тяжести и опоры, демонстрацию прочности и основательности [6, с. 54]. В генеративной архитектуре происходит рождение парадоксальной «новой цифровой тектоники». Она выражается, прежде всего, в деконструкции массы и радикальном переосмыслении понятия тяжести.



Рис. 4. Фактура поверхности декоративного элемента фасада, созданная методом роботизированной 3D-печати (работа авторов статьи)

Использование программных алгоритмов топологической оптимизации позволяет вычислительной машине (а не инженеру) самостоятельно вычислять и удалять весь «лишний» материал из тела конструкции там, где нет физических напряжений. Этот процесс сродни работе гениального скульптора, отсекающего все лишнее от глыбы мрамора, но выполняемый с абсолютной математической, конечной точностью. В результате получаются ажурные, перфорированные структуры. Визуально они воспринимаются как визуально облегченные и проницаемые, похожими на тончайшую паутину, кружево или скелет глубоководного существа, но на деле они обладают феноменальной несущей способностью. Традиционная эстетика монументальной тяжести, характерная для каменного зодчества и брутализма, сменяется эстетикой левитации, невесомости и максимальной визуальной проницаемости.

Кроме того, визуальный образ алгоритмического объекта во многом формируется самим технологическим способом его производства в реальном материале. Развитие технологий CAD/CAM (компьютерного проектирования и производства) породило важнейшую для дизайна концепцию цифрового ремесла — Digital Craft [7, с. 140]. Использование многоосевых роботизированных манипуляторов (KUKA, ABB), промышленных станков лазерной и гидроабразивной резки, фрезеровки с числовым программным управлением (ЧПУ) и крупногабаритной строительной 3D-печати бетоном (рис. 4) или композитами оставляет на поверхности материала характерные, неустранимые технологические следы.

Эти следы — ритмичные слои экструзии цементной смеси, тончайшие концентрические линии траектории фрезы на массиве дерева,

математически выверенная градиентная лазерная перфорация металлических фасадных кассет — становятся самостоятельным, мощным средством художественной выразительности. Возникает новая «цифровая фактура», которая больше не стыдливо скрывается под слоем штукатурки или гипса, а, напротив, гордо эстетизируется, выставляется напоказ. Этот процесс возвращает современной архитектуре внимание к орнаменту, микрорельефу поверхности и тактильности, которое было жестко отвергнуто и признано «преступлением» еще Адольфом Лоосом в начале XX века, а затем закреплено в эпоху стандартизированного функционализма и холодного Интернационального стиля. Архитектура вновь становится глубоко рукотворной, детализированной, кастомной, только «рукой» ремесленника теперь выступает прецизионный промышленный робот, с микронной точностью выполняющий волю алгоритма.

Важнейшим аспектом изучения художественного языка генеративной архитектуры является анализ особенностей психологии зрительского восприятия. Визуальный образ нелинейного здания радикально бросает вызов устоявшимся стереотипам гештальт-психологии. Человеческий глаз и мозг исторически, эволюционно приучены считывать и вычленять из окружающей пространственной среды симметрию, вертикали, горизонтали и четкие платоновы геометрические примитивы (куб, шар, пирамиду, цилиндр). Это базовый природный механизм визуального комфорта, ориентации и безопасности.

Сталкиваясь с масштабным параметрическим объектом, который полностью лишен прямых углов, привычных осей симметрии, ясных членений на этажи и понятного человекоразмерного масштаба (в таких зданиях часто невозможно на глаз определить их реальный размер из-за сплошной текучей глянцевой оболочки), неподготовленный зритель первоначально испытывает сильный когнитивный диссонанс. Возникает своеобразный «эстетический шок», поскольку мозг не может мгновенно охватить, структурировать и упростить логику такой формы в привычные паттерны [8, с. 61].

Однако именно эта невероятная визуальная сложность, заложенная в недрах алгоритмов, делает генеративную архитектуру эстетически притягательной, эмоционально насыщенной и магнетической. Высокая информационная плотность фасадов, оболочек и интерьеров предлагает зрителю интерактивный процесс постоянного разгадывания формы. В генеративном пространстве не работает классический ренес-

сансный принцип единой точки схода перспективы. Алгоритмическое пространство полицентрично, оно обволакивает человека со всех сторон. Каждый шаг зрителя по зданию, каждое малейшее изменение ракурса зрения открывают новые, совершенно неожиданные пластические силуэты, перекрытия оптических перспектив и пространственные сценарии. Здание окончательно перестает быть просто утилитарным контейнером для определенной функции. Оно приобретает характер иммерсивной пространственной среды зрительного и чувственного опыта.

В градостроительном контексте генеративные объекты чаще всего выступают в роли ярких акцентов, архитектурных икон (landmarks). Контраст между традиционной, исторически сложившейся ортогональной сеткой городской застройки (состоящей из классических кварталов-коробок) и биоморфной, текучей массой параметрического здания рождает мощнейшее градостроительное напряжение. Алгоритмическое здание становится визуальным магнитом, катализатором обновления городской среды, формируя новые центры притяжения общественной жизни.

Проведенный комплексный анализ позволяет утверждать, что генеративное проектирование является не просто утилитарной эволюцией прикладного программного обеспечения в руках инженеров-конструкторов. Это полноценная, фундаментальная смена философской и художественной парадигмы в пространственных искусствах XXI века.

Делегирование части важнейших творческих полномочий алгоритму не обесценивает и тем более не уничтожает профессию архитектора и дизайнера. Напротив, оно переводит ее на качественно более высокий уровень абстрактного и стратегического мышления — в плоскость интеллектуального кураторства, философского осмысления и тонкой настройки сложных междисциплинарных системных процессов. Эстетика нелинейных зданий базируется на беспрецедентном в истории искусств мощном синтезе передовых компьютерных макро-технологий и глубинных физико-биологических законов морфогенеза вселенной.

Для адекватной, профессиональной оценки визуального образа таких инновационных объектов современному академическому искусствоведению и теории дизайна совершенно необходимо радикально расширять свой классический понятийный аппарат. Требуется синтез традиционных знаний — дополнение классических витрувианских и палладианских законов композиции инструментарием теории сложных нелинейных систем, фрактальной геометрией, пространственной тополо-

гией и передовыми принципами цифровой материальности. Только так искусствоведение сможет описать и осмыслить новую, цифровую красоту окружающего нас мира.

Основываясь на материалах исследования, можно сформулировать следующие основные выводы:

— генеративное проектирование окончательно вышло за узкие рамки прикладного инженерно-оптимизационного инструментария и сформировало собственный, стилистически яркий и узнаваемый художественный язык, базовыми визуальными принципами которого являются непрерывная пространственная дифференциация, топологическая оптимизация, фрактальная многомасштабность и сложный градиентный параметрический ритм;

— процесс современного формообразования бесповоротно смещает акцент с прямого директивного проектирования конечного визуального образа (результативного дизайна) на проектирование самого алгоритма и сценарной логики его роста (мета-дизайн), что жестко требует от современного автора кардинально нового уровня математического, алгоритмического и междисциплинарного режиссерского мышления;

— эстетика алгоритмической архитектуры неразрывно, на генетическом уровне, связана с концепцией нео-бионики, где визуальные метафоры апеллируют не к внешней оболочке, а к внутренней морфологии живой природы; это обогащает пластику современных мегаполисов, избавляя их от агрессивной, психологически давящей ортогональной монотонности;

— стремительное развитие и удешевление технологий роботизированного производства («цифровое ремесло» / Digital Craft) формирует абсолютно новую архитектурную тектонику (эстетику невесомости) и специфическую фактуру поверхности, которая переходит из категории технологического побочного эффекта в категорию важнейшей, осознанной части эстетического и смыслового образа объекта;

— нелинейная параметрическая архитектура навсегда меняет устоявшуюся парадигму зрительского восприятия, требуя от субъекта активного, интеллектуального и оптического взаимодействия со сложной, полицентричной, перформативной и информационно сверхнасыщенной формой.

Список литературы:

1. *Добрицына И.А.* От постмодернизма — к нелинейной архитектуре: архитектура в контексте современной философии и науки. — Москва, 2004.

2. *Сапрыкина Н.А.* Основы динамического формообразования в архитектуре: учеб. пособие. — Москва, 2005.

3. *Шумахер П.* Параметризм: новый глобальный стиль для архитектуры и городского дизайна // Архитектурный вестник. — 2010. — № 4. — С. 14–23.

4. Птичникова В.В. Биоморфные парадигмы в современной архитектуре: от метафоры к формообразованию // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. — 2018. — № 53. — С. 85–94.

5. *Азизян И.А., Добрицына И.А., Лебедева Г.С.* Теория композиции как поэтика архитектуры. — Москва, 2002.

6. *Иконников А.В.* Пространство и форма в архитектуре и градостроительстве. — Москва, 2006.

7. *Бандорин В.Г., Быстрова Т.Ю.* Философия и эстетика цифрового формообразования в дизайне и архитектуре // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. — 2020. — № 4.

8. *Прокопенко В.В.* Эстетика параметрической архитектуры: проблема визуального восприятия // Архитектура и современные информационные технологии. — 2021. — № 1.