ФОРМИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ АДАПТИВНОЙ АРХИТЕКТУРЫ В КОНТЕКСТЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ ПРОСТРАНСТВА ОБИТАНИЯ

УДК 72.012:531.3:004.9 DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15302

Н.А. Сапрыкина
Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия

Аннотация
Статья посвящена актуальной проблеме формирования объектов адаптивной архитектуры в контексте кинематической модификации пространства обитания. Цель статьи заключается в рассмотрении подходов к решению проблемы, связанной с преобразованием архитектурных объектов, вызванным динамическим развитием общества. Установлено, что формирование в теории архитектуры новых подходов к моделированию пространства обитания связано с поиском и разработкой способов организации искусственной среды обитания за счет изменяемости, гибкости, подвижности архитектурного пространства. В результате исследования определены особенности формирования кинетических адаптируемых систем в контексте регуляции и замещения, включая приемы их автоматизированного контроля и самоуправления в рамках интерактивной платформы обратной связи, переменчивости и многослойности. Кроме того, выявлены принципы интерактивности в контексте пространственно-временных пульсаций архитектурной среды, включая приемы отражения информационных потоков во времени в объектах, являющихся информационными ориентирами и реагирующими на воздействия обитателей. Материалы статьи могут быть полезными для теории и практики формирования пространства обитания, так как открывают совершенно новые возможности в архитектуре и в строительстве.[1]

Ключевые слова: кинетические адаптируемые системы, пространственно-временные пульсации, интерактивность, автоматизированный контроль, самоуправление, информационные технологии

FORMATION OF ADAPTIVE ARCHITECTURE OBJECTS IN THE CONTEXT OF KINEMATIC MODIFICATION OF THE HABITAT SPACE

N. Saprykina
Moscow Institute of Architecture (State Academy), Moscow, Russia

Abstract
The article is devoted to the topical problem of the formation of adaptive architecture objects in the context of kinematic modification of the habitat space. The purpose of the article is to consider approaches to the problem of the transformation of architectural objects caused by the dynamic development of society. It was established that the formation in architecture of new approaches to the modeling of the space of habitat is associated with the search and development of ways to organize artificial habitat due to the variability, flexibility, mobility of the architectural space. The study identifies the specifics of the formation of kinetic adaptable systems in the context of regulation and substitution, including the techniques of their automated monitoring and self-management within the framework of the interactive platform of feedback, variability and multi-layering. In addition, the principles of interactivity in the context of space-time pulsations of the architectural environment were revealed, including techniques for

[1] **Для цитирования:** Сапрыкина Н.А. Формирование объектов адаптивной архитектуры в контексте кинематической модификации пространства обитания // Architecture and Modern Information Technologies. – 2020. – №4(53). – С. 34–56. – URL: https://marhi.ru/AMIT/2020/4kvart20/PDF/02_saprykina.pdf DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15302

reflecting information flows over time in objects that are information landmarks and responsive to the impacts of inhabitants. The materials of the article can be useful for the theory and practice of the formation of the habitat space, as they open up completely new opportunities in architecture and construction.[2]

Keywords: kinetic adaptable systems, space-time pulsations, interactivity, automated control, self-management, information technology

Введение

При рассмотрении среды обитания как системы, совокупность природных и искусственных средовых пространств находится в постоянном взаимодействии с человеком и его запросами. В данном случае такие категории как пространство, объект и субъект в качестве подсистем среды обитания могут являться как самостоятельными целостными объектами, так и отдельными объектами системы [12]. Используя накопленный методологический и проектный опыт системного подхода, предоставляется возможность рассмотреть формирование современной пространственной среды обитания как адапт-системы [20].

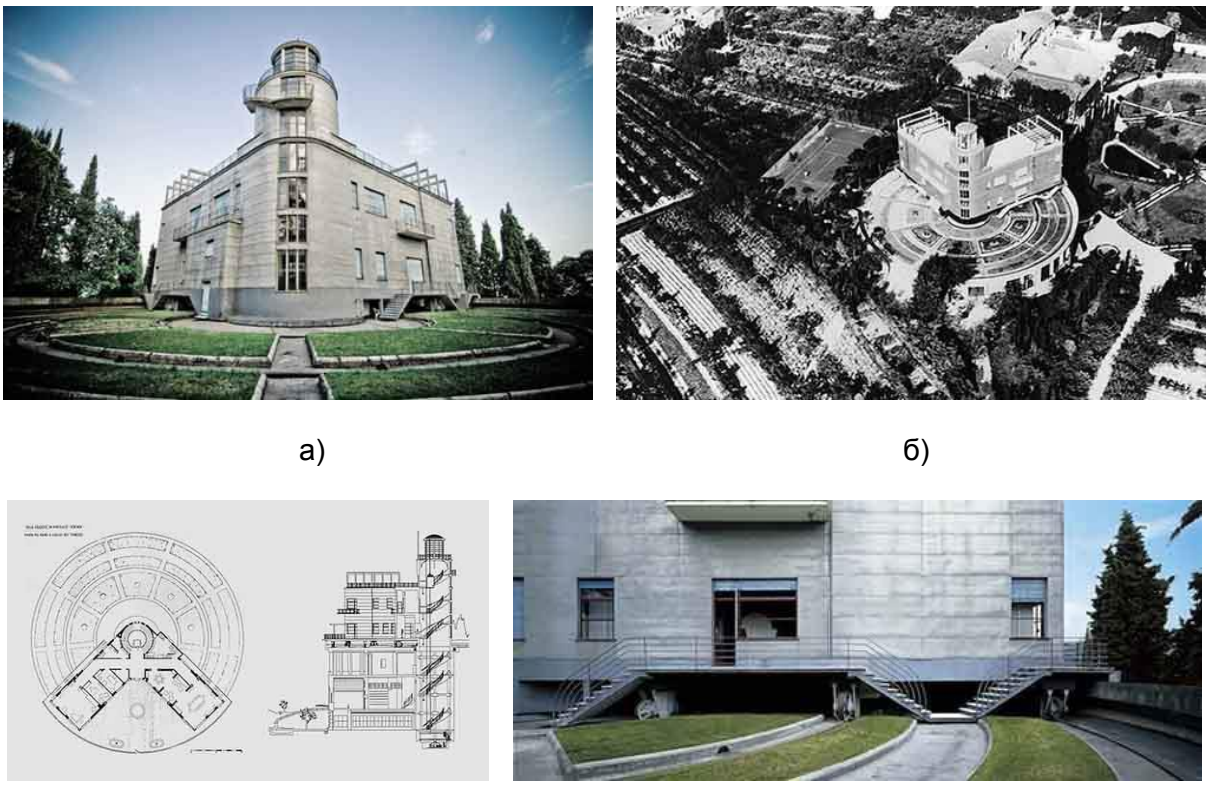
В данном случае адаптивное свойство среды обитания выступает, как способность раскрыть потенциальные возможности формирования архитектурных объектов в условиях изменяющейся действительности в связи с динамическим развитием общества. В связи с этим представляет интерес рассмотрение особенностей получения совершенно новых свойств адаптивной системы в контексте кинематической модификации пространства обитания.

Моделирование кинетических адаптируемых конструктивных систем в контексте регуляции и замещения

Современные технологии позволяют создавать архитектурные объекты, которые включают в себя подвижные фасадные системы для автоматического регулирования освещенности, температуры, влажности и других компонентов создания комфортного климата внутреннего пространства. Стремительно развивающиеся технологии позволяют создавать здания не просто функциональными, но и саморегулируемыми, динамически изменяемыми и являющимися аналогами природного мира (например, как подсолнух, поворачивающийся за Солнцем). При их создании преобладает функционально-технологический подход.

В качестве иллюстрации этой идеи образцом кинетической архитектуры является вилла «*Girasole*» (итал. «Подсолнух»). Это здание, спроектированное и построенное архитектором Анджело Инверницци, располагается на круглом основании диаметром 44 метра и оснащено двумя дизельными двигателями, что позволяет дому двигаться с максимальной скоростью 4 миллиметра в секунду по ходу движения Солнца (рис. 1). Вилла «Girasole» – это огромный механизм, который вращается вокруг центрального пилона и оборудован жалюзи с электронным управлением [11].

[2] **For citation:** Saprykina N. Formation of Adaptive Architecture Objects in the Context of Kinematic Modification of the Habitat Space. Architecture and Modern Information Technologies, 2020, no. 4(53), pp. 34–56. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2020/4kvart20/PDF/02_saprykina.pdf
DOI: 10.24411/1998-4839-2020-15302



а) б)

в) г)

Рис. 1. «Вилла «Girasole». Архитектор Angelo Invernizzi (1929- 1935 гг.): а) фасад; б) общий вид; в) план и разрез; г) фрагмент фасада

Концепция здания, следящего за солнцем, находит свое воплощение во многих проектных предложениях, патентных разработках и построенных объектах. Так, например, вращающийся дом архитектора Ричарда Т. Фостера в Коннектикуте (спроектированный при содействии Филипа Джонсона в 1967 году) очертаниями больше напоминает летающую тарелку, чем жилой дом (высота здания составляет 3,65 м, а диаметр – почти 22 м).

Значительно позже построенный защитником экологии архитектором Рольфом Дишем во Фрайбург-в-Брайсгау, Германия (1994 г.) был предложен «*Гелиотропный вращающийся дом*», работающий на солнечной энергии. Дом зимой обращается фасадом к солнцу, обогревая весь дом, а летом, наоборот, отворачивается от него, обеспечивая хорошую теплоизоляцию (рис. 2). Экологически чистое здание имеет солнечно-тепловые балконные перила и оснащено геотермальным теплообменником, двухосевыми солнечными фотоэлектрическими панелями. Кроме того, система теплового обеспечения и электроснабжения здания использует комбинированное производство электроэнергии и источник тепловой энергии [3].

Вращающийся жилой дом «*Suite Vollard*», спроектированный архитектором Бруно де Франко, возведен в 2004 году в городке Куритиба (Curitiba) в Бразилии из виниловых и металлических конструкций на металлической подвижной основе, установленной на опорах (рис. 3). Центральная часть статична, в ней расположены кухня, прачечная и санузел, пункт управления с дистанционным пультом, изменяющим направление и скорость вращения, а также светом и системой кондиционирования с помощью голосовых команд [35].

а) б)

Рис. 2. Гелиотропный вращающийся дом. Архитектор Rolf Disch (1994 г.): а) общий вид ночью с южной стороны зимой; б) общий вид днем с северной стороны летом

а) б)

Рис. 3. Вращающийся жилой дом «Suite Vollard» в Куритиба (Бразилия). Архитектор Bruno de Franco (1995-2001 гг.): а) общие виды; б) план этажа

Водопроводные трубы и электрические провода установлены с возможностью менять длину в зависимости от угла поворота (автоматически удлиняются или укорачиваются подобно пожарному шлангу, намотанному на вал). Каждая отдельная квартира, вращающаяся самостоятельно вокруг своей оси в течение часа, оснащена большими окнами из нескольких стекол разного оттенка. Солнечный свет, проникая через стекла, окрашивает каждый сектор соответствующим цветом, создавая определенный облик здания [35].

Приемы автоматизированного контроля и самоуправления динамически изменяемых адаптивных объектов

Формирование динамической архитектуры проявляется не только при вращении зданий. Особенно ярко выраженная кинетическая направленность проявляется во многих проектных предложениях, как при вращении зданий, так и при видоизменении формы самих архитектурных объектов или их фасадных конструкций в процессе изменения режима потребления солнечного света. Кроме того, появление в последнее время новых оригинальных решений с использованием кинетических приемов, основанных на эффектах, связанных с солнечным освещением свидетельствует о переосмыслении подходов к формированию фасадов зданий. Этому способствует использование современных прогрессивных технологий и инноваций будущего, в частности, сложной интегрированной экологической системы автоматизированного контроля и самоуправления, служащей повышению комфорта, экономии затрат и энергоресурсов, а также использованию цифровых технологий, связанных с использованием возможностей солнечного света.

Одна из самых интересных концепций строительства кинетических зданий путем создания изменяемой формы в целях удовлетворения требований пользователей и как реакции на солнечный свет, является проект «*Kinetower*» (архитекторы Барбара ван Биервлит и Кавир Клаэрхаут). Внешние элементы окон этого объекта реагируют на интенсивность солнечного света или на контроль пользователя так же, как цветы, распускаясь на восход солнца, придавая фасаду здания мягкие линии и совершенно другой внешний вид (рис. 4). Данное превращение стало возможным благодаря использованию материала, который является жестким в обычном состоянии, но при этом достаточно гибким, чтобы согнуться под действием изменения температуры [17].

а) б)

Рис. 4. Проект «Kinetower». 2011 г. Архитекторы Barbara van Biervliet, Xaveer Claerhout: а) общий вид в стационарном и трансформируемом состоянии; б) фрагмент фасада в процессе реакции оконных конструкций на интенсивность солнечного света

Сюда же, в качестве примера кинетического моделирования архитектурного объекта можно отнести концепт-модель архитектора Дэвида Фишера «*Динамически изменяемый небоскреб*» в Дубае, изготовленный индустриальным способом (рис. 5). Здание состоит из готовых строительных единиц, которые доставляются на место возведения с полным инженерным оборудованием и готовым к эксплуатации. Структура здания состоит из отдельных этажей, что позволяет, с одной стороны, сократить время возведения и, с другой, обеспечить сейсмостойкость объекта.

Рис. 5. Концепт-модель «Динамически изменяемый небоскреб» в Дубае. 2008 г. Архитектор David Fisher

Известным примером, динамического изменения формы архитектурных объектов в связи с использованием солнечного света является Музей Искусств Милуоки в США (Quadracci Pavilion – часть музейного комплекса Milwaukee Art Museum), который разработан в 2001 году архитектором Сантьяго Калатравой (Santiago Calatrava), в работах которого прослеживается его особое отношение к свету. Павильон выполнен со своеобразной подвижной на крыше конструкцией с крыльями под названием «*Солнечный Бриз*», которые раскрываются в солнечную погоду и складываются в пасмурную, или просто ночью (размах крыльев – 66 метров) [13].

В архитектурной практике появляется также много новых решений, способствующих обновлению подходов к формированию фасадов зданий с использованием кинетических приемов, основанных на эффектах, связанных с солнечным освещением. Так, еще в начале 80-х годов 20-го века Жан Нувель (Jean Nouvel) в сотрудничестве с компанией Architecture-Studio выиграл конкурс на проект здания Института Арабского мира в Париже (Франция), который был построен в 1987 году и стал достопримечательностью города. Это связано с тем, что южная стена здания закрыта множеством своеобразных титановых диафрагм (240 алюминиевых квадратных панелей, выполненных в арабском стиле), которые в зависимости от интенсивности солнечного света сужаются или расширяются, тем самым регулируя освещенность помещений. В них встроены фотоэлементы, измеряющие уровень дневного освещения и поддерживающие постоянный его уровень в помещениях [5].

Другим примером, использующим современные прогрессивные технологии и инновации будущего, такую как интегрированную экологическую систему автоматизированного контроля и самоуправления для повышения комфорта, экономии затрат и энергоресурсов, является здание кампуса Университета Южной Дании в Кольдинге (Syddansk Universitet) с «умным» фасадом. Особенностью здания, спроектированного архитектурным бюро Henning Larsen Architects (Кольдинг, Дания), стала необычная треугольная форма плана и элементов подвижного кинетического фасада, реагирующего на изменения температуры и солнечного освещения (рис. 6). На фасаде здания установлено более полторы тысячи треугольных элементов – мобильных солнцезащитных панелей. Вмонтированные в них сенсорные датчики отслеживают уровень температуры и естественного освещения. Сенсорные приборы соединены с системой мобильных панелей, которые меняют положение, полностью закрывая, открывая или приоткрывая окна, что позволяет избежать перегрева внутри здания [6].

Использование цифровых технологий позволила Кристоферу Баудеру и Кристиану Перстилу создать фасад-мембрану «*FLARE*», реализованную и представленную берлинской компанией «WHITEvoid interactive art & design» на выставке искусства и технологий NEXT в Орхусе (Aarhus) в Дании (2008 г.), и представляющую собой пневматическую фасадную систему, которую может контролировать компьютер (рис. 7). Сама система состоит из поворотных металлических элементов, при разном наклоне образующих игру объемов на плоскости фасада (поверхности модуля гладкие и

блестящие, что позволяет отражать в них окружающую среду). При солнечной погоде, компьютерная система запускает пневматические элементы, и фасад становится «темным», не пропускающим лишних солнечных лучей. Сенсоры внутри и снаружи здания фиксируют изменения погоды и освещенности, при этом образ фасада меняется вместе с ними [27].

Рис. 6. Кинетический фасад здания кампуса Университета Южной Дании в Кольдинге с «умным» фасадом. Архитектурное бюро Henning Larsen Architects

а) б)

Рис. 7. Фасад-мембрана «FLARE» 2008 г. Архитекторы Christopher Bowder und Christian Pertile (Германия): а) общий вид; б) фрагмент фасада

В современной практике реализован целый ряд динамически изменяемых адаптивных архитектурных объектов. Кинетические фасады становятся одним из самых популярных направлений в современных архитектурных разработках. Пространство офисного здания для компании Kiefer Technic Architecture Showroom в Штирии (Австрия) включает в себя и выставочные площади. Электроприводные фасадные панели находятся в постоянном движении и подстраиваются под нужды деятельности офиса, регулируя солнечное освещение помещений (рис. 8). Архитектура оживает, превращаясь в динамичный скульптурный объект [16].

Представленные прецеденты использования солнечного света как важного фактора формирования кинетических объектов возникли благодаря активно развивающимся отраслям инженерии, механики, физики, химии и другим областям знаний. В данном случае архитектура стремится совершенствовать и расширять свою сферу влияния и как целостная наука утрачивает четкость своих границ, пройдя через разделение задач проектирования на отдельные специальности. Кинетическая архитектура с использованием возможностей солнечного света является одним из самых новых и интересных направлений архитектуры будущего.

а) б) в)

Рис. 8. Кинетический фасад офисного здания компании Kiefer Technic Architecture Showroom (архитектурная студия Ernst Giselbrecht + Partner), 2012 г. (Австрия): а–в) варианты трансформации фасада

Концепция накопления информации в рамках интерактивной платформы постоянной переменчивости

Адаптивность среды обитания как одно из свойств формирования пространства, характеризуется динамичностью всех его составляющих. Развитие такой модели сочетания постоянных и изменяемых структур по интерактивной программе позволит ее использовать как основу в проектировании адаптируемой пространственной среды. Эта концепция находит свое воплощение в ряде областей, связанных с изменением функционального назначения объектов при смене деятельности их обитателей [8].

В наметившейся тенденции, где большинство офисных рабочих мест становятся полностью автоматизированными, офисные башни могут стать бесполезными в связи с сокращением используемого пространства. Следовательно, это приводит к сокращению массы офисных помещений и к увеличению площади жилья. По мнению авторов концепции «*Постоянно изменяющийся небоскреб»* (Великобритания), 2018 г. (авторы Нгай Ханг ВУ, Хан-Хсун, Се, Ман Нгуен), банковские организации начали свою кампанию, чтобы вернуть неиспользуемое офисное пространство государству. Его программа развернула стратегию по перераспределению жилья из переполненной территории (такой как Коулун), в центр бывшей экономической зоны, который теперь становится вакантным. Башня «Банк Китая», которая когда-то была как символ бюрократии, теперь рассматривается как одна из первых структур, которая подразумевает эту демократическую стратегию жилищного строительства «снизу-вверх» [30].

Процесс реорганизации начинается с анализа основных потребностей в домах каждого гражданина, а затем продолжается наблюдение за их деятельностью, которая может быть включена в новый утопический район. Затем эта информация собирается через приложение под названием «Dream House», на интерактивную платформу обратной связи, которая предоставляет обширные данные для дальнейшего анализа. Центр системы проектирования будет использовать вычислительную мощность, которая была разработана архитекторами и компьютерными инженерами, начиная с создания системы имитации для агрегирования и, наконец, оптимизации экологического соседства, которое уравновешивает потребности каждого пользователя, обеспечивая при этом адекватное качество энергии, света, вентиляции и зелени для более устойчивой жизни сообщества и его благосостояния. Формирование башни никогда не будет завершено – она будет постоянно адаптироваться, перенастраиваться и расширяться в соответствии с постоянно меняющейся потребностью жителей (рис. 9).

Обитатели этого объекта могут строить собственный дом, исходя из своих интересов и желания благодаря сбору энергии, автоматизации и искусственному интеллекту, используемому в архитектуре. Авторы концепции представили себе, как будет выглядеть

чистый и безопасный город, и какие конкретно функции он будет выполнять. Их видение охватывает прошлое и настоящее, старое и новое, ограничивающее город и его вертикальное продолжение. Принцип заключается в создании полностью интегрированной системы, где каждая часть имеет место в общем проекте [30].

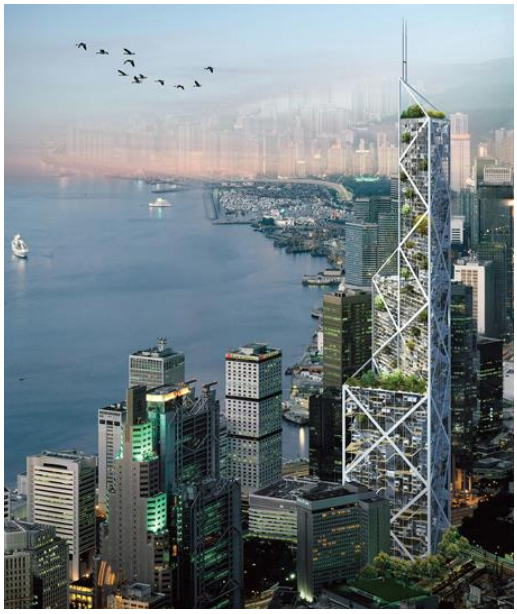


Рис. 9. Постоянно изменяющийся небоскреб (Великобритания), 2018 г.
Авторы Ngai Hang WU, Han-Hsun, Hsieh, Man Nguyen

Кинетические структуры в контексте переменчивости и многослойности

Одно из современных инновационных направлений в архитектуре является кинетическая составляющая, возможности практического применения которой резко выросли в связи с развитием электроники, механики и новейших достижений инженерии. В данном случае актуально использование понятия *интеллектуальные кинетические системы*. Для этого архитекторы привлекают такие технологические компоненты как структурную разработку, подключенное вычисление и приспосабливаемую архитектуру.

Инициирование программы таких исследований явилось следствием кризиса архитектурного рационализма и бесконечного повторения промышленно развитых архитектурных форм. Их цель состоит в демонстрации того, что использование энергетических и экологических приемов формирования зданий сможет сформировать их более эффективно и удобно, используя комбинацию этих технологий, а также сделать здания адаптивными и создать интеллектуальную среду, чтобы ответить на требования и пожелание пользователя [20].

Предлагаемая пространственная структура «*Кибертопия*», по мнению автора Егора Орлова, представляется как «будущее архитектурного пространства и смерть аналогичных городов». Сложная пространственная структура будущего мегаполиса объединяет физические и цифровые миры. Пространства этих цифровых областей имеют большое количество физических и механических законов, чуждых реальному пространству. В киберпространстве, полном галлюцинаций и ошибок, компоненты его собственной среды обитания перемещаются в настоящий мегаполис, который формируется и организуется одновременно в цифровом и физическом пространстве (рис. 10).

Жилой район небоскреба представляет собой постоянно растущий и развивающийся пространственный комплекс. По мнению автора, огромные пристыковывающиеся корабли

сразу становятся частью этого небоскреба, его органической связью и пространственной ячейкой. Его палубы являются временными площадями города и строительными лесами его улиц. После наполнения корабль «плывет» в следующем направлении и по прибытии в новый портовый город-мегаполис на неопределенный срок соединяется с новой структурой, как пространственный блок [29].

Рис. 10. Пространственная структура «Кибертопия» (Россия) 2015 г. Автор Егор Орлов

В достижениях современных архитекторов при формировании зданий и сооружений не последнее место играет и экологическая составляющая. Жизненный цикл зданий, как фундаментальный фактор архитектуры, охватывает не только фазы строительства и эксплуатации. В городском поселении в динамические системы цикличности должны включаться такие факторы, как планирование, архитектурное проектирование, сохранение исторических памятников, повторное использование приспособленных старых зданий, оздоровление городов, использование подземных сооружений и т.д.

Это особенно проявляется при создании мобильных и трансформируемых архитектурных объектов. С точки зрения изменения и трансформации архитектурной формы, на первый взгляд технические критерии имеют главенствующее значение, так как они связаны с конструктивным решением объекта. Выбор оптимального варианта решения *адаптивно-эволюционной трансформации* объекта связан с учетом всех стадий его существования: прогнозный анализ и планирование, проектирование, транспортировка, возведение (строительство), эксплуатация. Представляется существенной программа «жизненного цикла здания», где с момента проектирования предусматривается *демонтаж и утилизация материалов*, отличающиеся ресурсными ограничениями, включаются соответствующие прогнозные стадии, сопутствующие проекту. Все перечисленные стадии зависят от социальных и технико-экономических условий и определяют техническую политику заказчика (потребителя в лице индивида, организации или общества) [21].

Драматургия обмена и отражения информационных потоков с цифровым управлением алгоритмами создания формы объектов

В системе улучшения качества архитектуры при нынешнем подходе к пространству, а также проявление тенденций устойчивости в подходе к городскому планированию и архитектурному проектированию важными факторами являются *обратимость и цикличность* системы. Концепция разрыва во времени проявляется в системе, принципом организации которой является интерактивность, при которой достигается информационный обмен ее элементов, что может применяться в различных областях деятельности. Концепция архитектуры возвращения тесно связана с новой парадигмой

цикличности, которая ставит проблему формирования своеобразной циклической картины мира.

В архитектурной практике также появляется много новых решений, способствующих обновлению подходов к формированию фасадов зданий с использованием кинетических приемов, основанных на эффектах, связанных с солнечным освещением. Трансформация динамического пространства обитания связана со сценарной последовательностью фаз трансформируемой композиции, драматургией соотношения частей с разной скоростью изменения объемных и функциональных параметров объекта, что является ведущими чертами творческого поиска и находок. Это концепция находит широкое воплощение, как при изменении общей формы самого объекта, так и в трансформации его частей (в частности, поверхности фасадов).

В кинетическом фасаде «*Vertical Lake»* (Вертикальное озеро) в Брисбене (Австралия) аналогичные эффекты достигаются благодаря движению потоков ветра и солнечному излучению (проектная группа «Brisbane Airport Corporation», художник Ned Kahn). Фасад объекта представляет собой пневматическую фасадную систему с компьютерным управлением, состоящую из поворотных металлических элементов с разным наклоном. «Вертикальная стена» при незначительном дуновении ветра напоминает водную гладь (рис. 11). Управляемая система сенсоров, расположенных внутри и снаружи здания, в зависимости от изменений погоды и освещенности запускает реакцию подвижных элементов, которые регулируют поток света при солнечной и пасмурной погоде [37].

а) б)

Рис. 11. Кинетический фасад «Vertical Lake» (Вертикальное озеро), 2010 г. Брисбен (Австралия): а) общий вид; б) фрагмент фасада

В случае с динамическими архитектурными объектами речь идет о создании специфической драматургии, сценария последовательной смены состояний объекта, его внешнего облика и композиции. В этот сценарий может органично войти как демонстрация нынешней фазы существования объекта, так и опосредованная информация о других фазах его изменения. Каждая из фаз по принципу своего построения может быть замкнутой, самодостаточной, однако может выражать и программную незавершенность, неустойчивость, стремление к переходу в новое состояние. В данном случае архитектор является не автором, а режиссером [9].

Примером цифрового управления «хореографией» алгоритмов создания формы объектов может служить основанная на системе Lego концепция «*Geno-Matrix*», особенность которой заключается в том, чтобы сделать как можно больше предварительной сборки в контролируемых заводских условиях. В модульной строительной системе большое количество объемных кубических единиц изготавливается и собирается в решетчатую структуру. Эти единицы могут быть «вытащены», «сдвинуты» или «объединены» в решетчатую сетку вдоль оси и образуют бесконечные типологические особенности. Характеристика небоскреба в значительной

степени зависит от местоположения этих блоков и внутренней логики между ними. Небоскреб формируется теми же кубическими «блоками» зданий, которые берут на себя организацию, навязанную социальными, экономическими и культурными требованиями [31].

В этой структуре генеративное формирование позволяет сборку единиц как снизу-вверх, так и линейная иерархия заменяется более сложной сетью. В проекте исследуются отношения между подразделениями. Например, сетка, подобная рисунку, повторяет сетку улиц, а мелкомасштабные жилые единицы могут объединяться в крупные сложные образования. Перекрытие нескольких шаблонов формирует потенциальные зоны смешанного использования, которые могут непрерывно настраиваться на основе изменяющихся пространственных требований на протяжении многих лет (рис. 12).

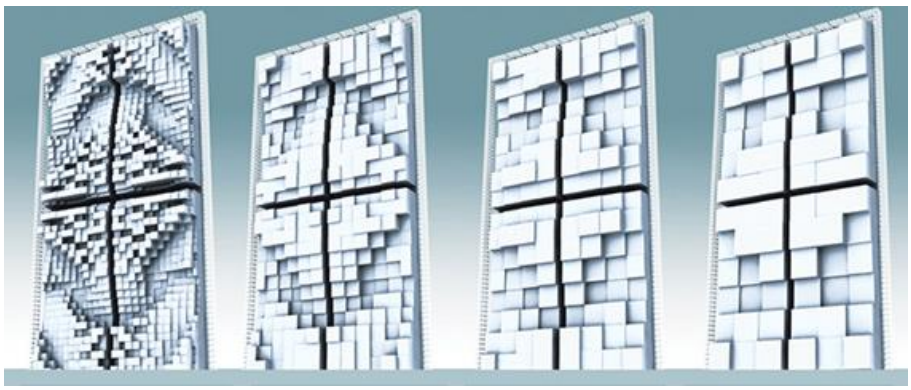


Рис. 12. Концепция «Geno-Matrix» (США) 2007 г. (авторы Dihua Yang Ming Tang)

Динамические системы возвращения с обратной связью в контексте пространственно-временных пульсаций архитектурной среды

Подход к формированию адаптивного пространства обитания с обратной связью в контексте парадигмы цикличности как базиса концепции формирования системы пространства, проявляется в трансформации, мобильности, изменчивости, использование которых предоставляет функционально-целевые модификации и образует подвижное и динамичное пространственное окружение.

Пространственно-временные пульсации в контексте организации адаптивного пространства выявляют направление в теории архитектуры – *реагирующая или отзывчивая* архитектура.

В контексте отзывчивой архитектуры, реагирующей на изменения в процессе осуществления функций жизнедеятельности на протяжении определенного промежутка времени, проявляется такое направление как *архитектура возвращения* с обратной связью [14].

Примером этого направления является инсталляция «*Кинетическая стена*», представленная на Венецианской биеннале 2014 года (автор Баркоу Лейбингер). Цифровое управление «хореографией» поверхности дает бесконечные образцы, которые возникают медленно, а затем отступают и изменяются. Этот эффект визуальной поверхности дополнительно усиливается двумя слоями сетчатой ткани, которые при сдвиге друг над другом создают эффект полупрозрачного и эфемерного муара, а также второй масштаб движения. Поверхность, поддерживаемая пространственной рамой, содержащей механическую пленку, создает анкерный каркас для ткани и содержит механизмы, которые активируют поверхность. Стена имеет видимую переднюю и заднюю стороны, создавая ситуацию, где обе стороны пленки видны одновременно. Инсталляция «Кинетическая стена» иллюстрирует приемы формирования будущей архитектуры,

которая материально динамична в пространстве и может выполняться как из натуральных, так и из синтетических переработанных материалов [28].

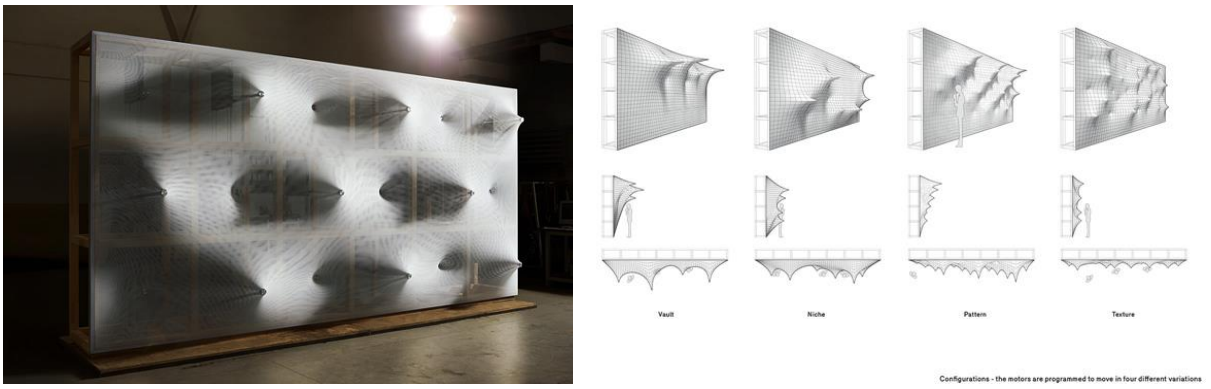


Рис. 13. «Кинетическая стена» архитектора Баркоу Лейбингера (Венецианская биеннале, 2014 г).

Другим примером реагирующей или отзывчивой архитектуры может служить инсталляция «*Пространство с обратной связью*» (архитектор Руайри Глинн) 2005 г., которая представляет собой конструктивную систему со встроенными датчиками с компьютерным управлением. Это позволяет пространству взаимодействовать с его обитателями и реагировать на происходящие процессы. В стены помещения из прочного и гибкого материала встроены специальные сенсорные манипуляторы с компьютерным управлением. Это позволяет пространству взаимодействовать с обитателями и менять форму архитектурного объекта в зависимости от их желаний [4].

В рамках рассматриваемого контекста представляют интерес инсталляция «*Muscle Non-Standard Architecture*» (NSA Muscle) исследовательской группы Hyperbody Технического университета Делфта под руководством архитектора Каса Остерхуиса, которая проводила в павильоне, расположенном центре Помпиду в Париже, эксперименты с, так называемой, «мускульной» архитектурой [10]. Инсталляция павильона выполнена из пневматической мембраны, обтянутой сеткой с треугольными ячейками, в которых образуются «мускулы». Все элементы павильона управляются с помощью компьютерной программы, позволяющей деформировать его объем в зависимости от характера взаимодействия с посетителями (рис. 14).

Рис. 14. Модель программируемого павильона «NSA Muscle» 2003 г. Архитектор Kas Oosterhuis

Рассмотренные пространственно-временные пульсации среды обитания в контексте парадигмы цикличности (архитектура возвращения с обратной связью, как реагирующей или отзывчивой системы) позволяют в теории архитектуры выявить инновационные

приемы организации пространства обитания. Здесь используются динамические принципы, связанные с гибкостью используемого пространства и эластичностью применяемых материалов [18].

Информационные ориентиры в пространстве как реакция на восприятие и движение людей

В практике экспериментального проектирования в творчестве архитекторов возникают предложения информационных объектов, существование которых основано на функционировании их динамической системы путем чередовании различных фаз их эксплуатации. В операционном поле архитектуры появляется большое количество прецедентов, где пространство, реагирует на присутствие и характер движения людей динамическими цветовыми и звуковыми импульсами.

Проект «*Urban Image*» (Городское изображение), 2007 г. (Чехия) автора Якуба Класка фокусируется на том, что небоскреб способен стать ориентиром в контексте почти каждого европейского города. Проект «Urban Image» основан на потенциальных возможностях объекта, чтобы стать акцентом в определенном районе города, который открывает пространство для полного его восприятия. Такой объект, как ориентир всего района, концентрирует энергию информации, чтобы перераспределить ее обратно в город. Он служит ориентиром для места настроения, культуры, традиций и пространственного контекста этого района [36].

Небоскреб «Urban Image» состоит из двух очень тонких прямоугольных плит, которые оснащены разными программами. Квадратная форма обеспечивает четкую рамку (рис. 15). Изображение создается посредством взаимодействий и видимых пересечений этих двух плит в соответствии со светом или темнотой и различным использованием многоцелевых составляющих здания в любой момент времени. Внутренние пространства тонких плит поддерживают созданные изображения посредством различной концентрации массы в соответствии с назначением каждого пространства.

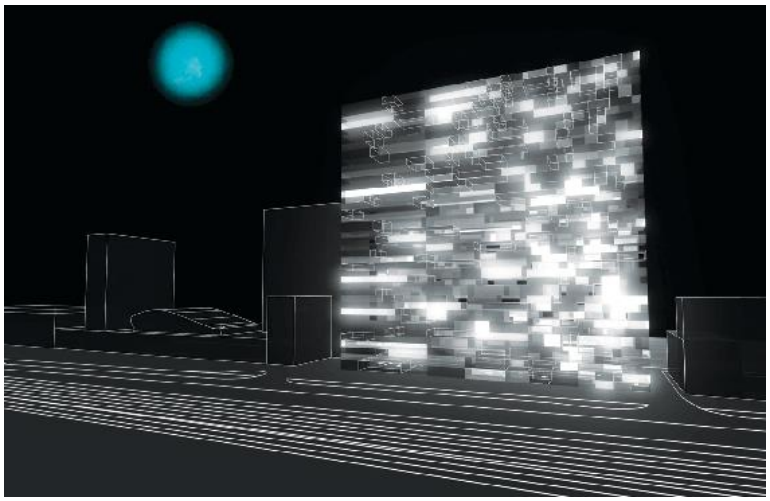


Рис. 15. Городское изображение «Urban Image», Чехия, 2007 г. (автор Jakub Klaska)

В качестве примеров информационных ориентиров в контексте пространственно-временных пульсаций архитектурной среды можно привести целый ряд объектов (рис. 16, 17). Так, временный сакральный павильон создан для размещения идолов при проведении крупнейших социально-культурных и религиозных фестивалей в Индии. Главный идол размещается вдоль продольной оси и обрамлен стальными стойками [33]. Оснащение высоко технологичным оборудованием не противоречит религиозным традициям и придает ощущение святости при входе внутрь святилища (рис. 16).

Рис. 16. Сакральный павильон идолов (Индия), 2014 г.

Рис. 17. Вертикальный парк аттракционов на Тайм-сквер «Rollin 'and Tumble» (Корея), 2011 г. (архитекторы Dalho Yang, Seungdon Jung)

К объектам, использующих преобразование механических колебаний или движений в электричество, относится проект «*Инновационный ландшафт*» (конструкторское бюро «Barker Freeman») 2013 г. Энергия ветра, звуковые вибрации и людское движение комплексно могут быть собраны благодаря использованию природных пьезоэлектрических материалов, встроенных в поверхность переходов и гибкие стебли ограждения (рис. 18). Использование системы пьезоэлектрических компонентов позволяет создать постоянно меняющееся пространство широкого спектра деятельности парка – от проведения крупных мероприятий и до организации индивидуальной рекреационной деятельности, а также сформировать пространство амфитеатра и организовать пешеходные тропы [32].

Информационные технологии и электронные коммуникационные системы становится средством трансформации повседневной жизни. Их применение позволяет изменить выполнение многих функций, уменьшая пространственную зависимость между ними. Что касается пульсирующего архитектурного объекта, то зритель, в принципе, может оставаться в покое – меняется сам объект. Задача архитектора состоит в предвидении различных состояний изменчивой во времени композиции, основанной на чередовании различных фаз существования и функционирования динамической системы [9].

Рис. 18. Инновационный ландшафт «Piezoscape» – преобразует механические движения в электричество, 2013 г. (конструкторское бюро Barker Freeman)

Заключение

Выявленные подходы к формированию объектов адаптивной архитектуры в контексте кинематической модификации пространства обитания основываются на концепции преобразования архитектурных объектов, вызванного динамическим развитием общества. Инновационные приемы кинематического моделирования архитектурной среды в настоящей статье обозначены в контексте следующих рассмотренных направленностей.

Моделирование кинетических адаптируемых конструктивных систем в контексте регуляции и замещения. Стремительно развивающиеся технологии позволяют создавать здания не просто функциональными, но и саморегулируемыми, динамически изменяемыми и являющимися аналогами природного мира. Они включают в себя подвижные фасадные системы для автоматического регулирования освещенности, температуры, влажности и других компонентов создания комфортного климата внутреннего пространства.

Приемы автоматизированного контроля и самоуправления динамически изменяемых адаптивных объектов. Для принятия оптимального решения адаптивного изменяемого и расширяемого архитектурного пространства необходимо осуществление следующих условий: увеличение пространства обитания путем его расширения; создание универсальных гибких пространств путем трансформации оборудования и мебели; формирование в ограниченном пространстве психологического комфорта для комфортного осуществления функциональных процессов. Кинетическая направленность проявляется во многих проектных предложениях в процессе изменения режима потребления солнечного света.

Концепция накопления информации в рамках интерактивной платформы обратной связи. Моделирование пространства обитания проводится интегрировано всеми элементами его системы и позволяет предусматривать адаптивность всей структуры жилой среды. Развитие модели сочетания постоянных и изменяемых структур позволит ее использовать как основу в проектировании адаптивного пространства обитания на всех уровнях его формирования. Принцип заключается в создании полностью интегрированной системы, где каждая часть имеет место в общем проекте. Это позволяет использовать взаимодействие пространственных структур для создания новых элементов, позволяющих программировать интерактивную среду жизнедеятельности.

Кинетические структуры в контексте переменчивости и многослойности. Актуально использование понятия *интеллектуальные кинетические системы*, которые могут при формировании здания создавать их адаптивными, чтобы удовлетворить изменяющиеся потребности и пожелания пользователя. Необходимость системного подхода к организации обитаемого пространства связана с актуальность его адаптации для обеспечения оптимальных условий существования человека в среде, что дает возможность сформировать ресурсы жилой среды как восстанавливающей и реабилитирующей системы

Драматургия обмена и отражения информационных потоков с цифровым управлением алгоритмами создания формы объектов. Концепция разрыва во времени проявляется в системе, принципом организации которой является интерактивность, при которой достигается информационный обмен ее элементов. В случае с динамическими архитектурными объектами речь идет о создании специфической драматургии, сценария последовательной смены состояний объекта, его внешнего облика и композиции. Моделирование динамического пространства обитания связано со сценарной последовательностью фаз трансформируемой композиции с разной скоростью изменения объемных и функциональных параметров объекта.

Динамические системы возвращения с обратной связью в контексте пространственно-временных пульсаций архитектурной среды. Пространственно-временные пульсации в контексте организации адаптивного пространства выявляют направление в теории архитектуры - *реагирующая или отзывчивая* архитектура, образующая подвижное и динамичное пространство. В контексте отзывчивой архитектуры, реагирующей на изменения в процессе осуществления функций жизнедеятельности на протяжении определенного промежутка времени, проявляется такое направление как *архитектура возвращения* с обратной связью. Адаптивная способность таких объектов проявляется в трансформации, мобильности, изменчивости.

Пространство, реагирующее на присутствие и характер движения людей. В операционном поле архитектуры появляется большое количество прецедентов, где пространство, реагирует на присутствие и характер движения людей динамическими цветовыми и звуковыми импульсами. Задача архитектора состоит в предвидении различных состояний изменчивой во времени композиции, основанной на чередовании различных фаз существования и функционирования динамической системы. Учет этого факта позволяет изменить выполнение многих функций, уменьшая пространственную зависимость между ними.

Введение понятия адаптации в пространственную структуру архитектурных объектов и их функционирование связано с жестокой необходимостью системного подхода к организации обитаемого пространства для обеспечения оптимальных условий существования человека в жизненной среде. Использование принципа адаптивности позволяет раскрыть потенциальные возможности моделирования кинематических архитектурных объектов для организации комфортной пространственной среды обитания в условиях постоянно изменяющейся действительности.

Источники иллюстраций

Рис. 1,2. [3].
Рис. 3. **–** URL: http://geographyofrussia.com/krutyashhiesya-kvartiry-v-bashne-suite-vollard/ (дата обращения 20.10.2020).
Рис. 4. [17].
Рис. 5. – URL: http://www.dynamicarchitecture.net/ (дата обращения 20.10.2020).
Рис. 6. – URL: http://stofasadov.ru/novosti/universitet-v-danii.html; [6].
Рис. 7. – URL: [27].

Рис. 8. – URL: https://www.architime.ru/specarch/giselbrecht/kiefer_technic_showroom.htm#9.jpg (дата обращения 20.10.2020).
Рис. 9. [30].
Рис. 10. [29].
Рис. 11. [37].
Рис. 12. [31].
Рис. 13. [28].
Рис. 14. [10].
Рис. 15. – URL: http://www.evolo.us/urban-image/ (дата обращения 20.10.2020).
Рис. 16. – URL: http://www.evolo.us/architecture/religious-idols-pavilion-in-india/ (дата обращения 20.10.2020).
Рис. 17. [34].
Рис. 18. [32].

Литература

1. Белоголовский В. Архитектура адаптации. Интервью с Шулан Колатан и Уильямом Мак-Дональдом. – Москва, 2010. – URL: http://archi.ru/press/russia/23622/arhitektura-adaptacii-intervyu-s-shulan-kolatan-i-uilyamom-mak-donaldom (дата обращения 20.10.2020).

2. Волегова А.А. Феномен архитектуры нового тысячелетия // Вестник ТГАСУ. – 2008, № 3. – URL: http://eakimova.com/?page_id=226&page=17 (дата обращения 20.10.2020).

3. Гелиотропный вращающийся дом (Германия) 1994. – URL: http://mixstuff.ru/archives/43807 (дата обращения 20.10.2020).

4. Глинн Р. Взаимное пространство. – URL: http://www.interactivearchitecture.org/reciprocal-space-ruairi-glynn.html (дата обращения 20.10.2020).

5. Институт Арабского мира в Париже архитектора Жана Нувеля (Франция). – 2011. – URL: http://www.arhinovosti.ru/2011/10/22/institut-arabskogo-mira-ot-zhana-nuvelya-jean-nouvel-parizh-franciya/ (дата обращения 20.10.2020).

6. Кампус Университета Южной Дании в Кольдинге (Syddansk Universitet) с «умным» фасадом. – URL: http://stroyka.uz/publish/doc/text116422_kineticheskaya_arhitektura_fasad (дата обращения 20.10.2020).

7. Коренев В.И. Периодические и эпизодические пульсации архитектурной среды / В.И. Коренев, И.И. Левченко // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2010. – № 4. – URL: http://www.tsuab.ru/PUBLICATION/VESTNIK/2010/4/4-2010-06-korenev.pdf (дата обращения 20.10.2020).

8. Короткова С.Г. Адаптационные ресурсы жилой среды для людей с ограниченной мобильностью // Известия КГАСУ. – 2011. – № 3(17). – С. 57–62.

9. Лошаков П. Пульсирующая архитектурная среда. Философия и форма // Международный журнал по теории архитектуры. Technische Universitet Cottbus. – Cottbus, BRD. – 1997. – № 2. – URL: http://www.tu-cottbus.de/theoriederarchitektur/Wolke/X-positionen/LOSHAKOV/loshakovr.html (дата обращения 20.10.2020).

10. Мускульная архитектура // 2003. NSA Muscle. Centre Pompidou Paris. – URL: http://www.oosterhuis.nl/?page_id=534 (дата обращения 20.10.2020).

11. Малеин М. Архитектура движения. Лекция, ноябрь 2015, в культурном центре ЗИЛ, Москва. – URL: http://www.architime.ru/video/kinetic_architecture.htm (дата обращения 20.10.2020).

12. Мкртчян С.В. Адаптивность как системное свойство среды проживания // ВЕСТНИК ОГУ. – 2014. – №5(166)/май. – С. 79–84.

13. Музей Искусств Милуоки в США архитектора Сантьяго Калатравы. – URL: http://www.liveinternet.ru/users/4099413/post185810584/ (дата обращения 20.10.2020).

14. Невлютов М. П. Цумтор. Архитектура вечного возвращения. – URL: http://papardes.blogspot.ru/2013/12/blog-post_8.html (дата обращения 20.10.2020).

15. Отзывчивая архитектура. – URL: https://www.hisour.com/ru/responsive-architecture-28074/ (дата обращения 20.10.2020).

16. Проект здания офиса для компании Kiefer Technic Architecture Showroom в Штирии, (Австрия). – URL: http://ostmetal.info/kineticheskaya-arxitektura-metall-v-d (дата обращения 20.10.2020).

17. Проект «Kinetower». – 2011. – URL: http://mobbit.info/item/2011/3/17/kinetower-ydivitel-noe-kineticheskoe-zdanie-sposobnoe-menyat-formy-6-foto-video (дата обращения 20.10.2020).

18. Сапрыкина Н.А. Адаптивное пространство с обратной связью в контексте парадигмы цикличности // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ. / Тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. 3-7 апреля. – Т. 1. – Москва: МАРХИ, 2017. – С. 186–188.

19. Сапрыкина Н.А. «Безбумажная» архитектура в контексте виртуальной реальности / Н.А. Сапрыкина, И.А. Сапрыкин // Architecture and Modern Information Technologies. – 2012. – Специальный выпуск. – С. 7. – URL: https://marhi.ru/AMIT/2012/special_12/saprykina/saprykina1.pdf (дата обращения 20.10.2020).

20. Сапрыкина Н.А. Концепции адаптируемой среды обитания в контексте инновационной парадигмы // Исследования и инновационные разработки РААСН // Сборник статей к общему собранию РААСН. – Том 1. – Москва-Иваново, 2010. – С. 56–63.

21. Сапрыкина Н.А. Основы динамического формообразования: учебник для вузов. – Москва: Архитектура-С, 2018, – 372 с.

22. Сапрыкина Н.А. Параметрические подходы формирования архитектурной среды в контексте адаптации и интерактивности // Наука, образование и экспериментальное проектирование / Труды МАРХИ: Материалы международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. 4-8 апреля. – Москва: МАРХИ, 2016. – С. 277–283.

23. Сапрыкина Н.А. Пространственно-временные пульсации как регулируемые параметры адаптивного пространства обитания в архитектурных исследованиях и образовании // Наука, образование и экспериментальное проектирование / Труды МАРХИ: Материалы международной научно-практической конференции

профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. 2-6 апреля. – Москва: МАРХИ, 2018. – С. 128–130.

24. Сапрыкина Н.А. Современные подходы к исследованию пространственно-временных концепций в архитектурной гетеротопии // Наука, образование и экспериментальное проектирование. / Труды МАРХИ: Материалы международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. - М.: МАРХИ, 6-1- апреля 2015. С. 190-196.

25. Субетто А.И. Проблема цикличности развития. – Ленинград: ВИИ им. А.Ф. Можайского, 1989. – 33 с.

26. Теоретические и методологические основы социального прогнозирования. – URL: http://kurs.ido.tpu.ru/courses/prediction_designing_sw/tema2.html (дата обращения 20.10.2020).

27. Фасад-мембрана «FLARE» (Германия). – 2008. – URL: http://www.archplatforma.ru/?act=1&catg=48&nwid=100 (дата обращения 20.10.2020).

28. Barkow Leibinger's Kinetic Wall For Venice Biennale. – 2014. – URL: http://www.evolo.us/barkow-leibingers-kinetic-wall-for-venice-biennale/#more-32088 (дата обращения 20.10.2020).

29. Cybertopia: Future of an Architecture Space, Death of Analogous Cities (Russia). – 2015. – URL: http://www.evolo.us/cybertopia-future-of-an-architecture-space-death-of-analogous-cities/#more-33200 (дата обращения 20.10.2020).

30. Ever-changing Skyscraper for Post-capitalism World (United Kingdom). – 2018. – URL: http://www.evolo.us/ever-changing-skyscraper-for-post-capitalism-world/#more-36079 (дата обращения 20.10.2020).

31. «Geno-Matrix» (USA). – 2007. – URL: http://www.evolo.us/geno-matrix/#more-279 (дата обращения 20.10.2020).

32. Piezoscape: Innovative Landscape Converts Mechanical Movement into Electricity (Barker Freeman Design Bureau). – 2013. – URL: https://www.evolo.us/piezoscape-innovative-landscape-converts-mechanical-movement-into-electricity/ (дата обращения 20.10.2020).

33. Religious Idols Pavilion in India (India). – 2014. – URL: http://www.evolo.us/architecture/religious-idols-pavilion-in-india/ (дата обращения 20.10.2020).

34. Rollin' and Tumble: Vertical Amusement Park for Times Square (Korea). – 2011. – URL: http://www.evolo.us/rollin-and-tumble-vertical-amusement-park-for-times-square/#more-8926 (дата обращения 20.10.2020).

35. «Suite Vollard» (Brazil). – 1995–2001. – URL: http://mixstuff.ru/archives/43807 (дата обращения 20.10.2020).

36. «Urban Image» (Czech Republic). – 2007. – URL: http://www.evolo.us/urban-image/ (дата обращения 20.10.2020).

37. «Vertical Lake» (Australia). – 2010. – URL: http://www.lookatme.ru/flow/posts/arcitecture-radar/110075-kineticheskiy-fasad (дата обращения 20.10.2020).

References

1. Belogolovskij V. *Arxitektura adaptacii. Interv`yu s Shulan Kolatan i Uil`yamom Mak-Donal`dom* [Adaptation architecture. Interview with Shulan Kolatan and William McDonald]. Moscow, 2010. Available at: http://archi.ru/press/russia/23622/arhitektura-adaptacii-intervyu-s-shulan-kolatan-i-uilyamom-mak-donaldom

2. Volegova A.A. *Fenomen arxitektury` novogo ty`syacheletiya. Vestnik TGASU* [The phenomenon of new millennium architecture. TGASU Herald]. Tomsk, 2008, no. 3. Available at: http://eakimova.com/?page_id=226&page=17

3. *Geliotropny`j vrashhayushhijsya dom* [Heliotropic rotating house (Germany), 1994]. Available at: http://mixstuff.ru/archives/43807

4. Glinn R. *Vzaimnoe prostranstvo* [Mutual space]. Available at: http://www.interactivearchitecture.org/reciprocal-space-ruairi-glynn.html

5. *Institut Arabskogo mira v Parizhe arxitektora Zhana Nuvelya* [Institute of the Arab World in Paris architect Jean Nouvel. (France). 2011]. Available at: http://www.arhinovosti.ru/2011/10/22/institut-arabskogo-mira-ot-zhana-nuvelya-jean-nouvel-parizh-franciya/

6. *Kampus Universiteta Yuzhnoj Danii v Kol`dinge s «umny`m» fasadom* [University of Southern Denmark campus in Kolding with a "smart" façade]. Available at: http://stroyka.uz/publish/doc/text116422_kineticheskaya_arhitektura_fasad

7. Korenev V.I., Levchenko I.I. *Periodicheskie i e`pizodicheskie pul`sacii arxitekturnoj sredy`. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arxitekturno-stroitel`nogo universiteta* [Periodic and episodic pulsations of the architectural environment. Tomsk State University of Architecture and Construction]. 2010, no. 4. Available at: http://www.tsuab.ru/PUBLICATION/VESTNIK/2010/4/4-2010-06-korenev.pdf

8. Korotkova S.G. *Adaptacionny`e resursy` zhiloj sredy` dlya lyudej s ogranichennoj mobil`nost`yu. Izvestiya KGASU* [Adaptation housing resources for people with limited mobility. KGASU News]. 2011, no. 3(17), pp. 57–62.

9. Loshakov P. *Pul`siruyushhaya arxitekturnaya sreda. Filosofiya i forma / P. Loshakov // Mezhdunarodny`j zhurnal po teorii arxitektury`* [A pulsating architectural environment. Philosophy and Form. International Journal of Architecture Theory. Technische Universitet Cottbus. Cottbus, BRD]. 1997, no. 2. Available at: http://www.tu-cottbus.de/theoriederarchitektur/Wolke/X-positionen/LOSHAKOV/loshakovr.html

10. *Muskul`naya arxitektura, 2003. NSA Muscle. Centre Pompidou Paris* [Muscular Architecture. 2003. NSA Muscle. Centre Pompidou Paris]. Available at: http://www.oosterhuis.nl/?page_id=534

11. Malein M. *Arxitektura dvizheniya. Lekciya, noyabr` 2015, v kul`turnom centre ZIL, Moskva* [Motion Architecture. Lecture, November 2015, at the cultural center of the ILL, Moscow]. Available at: http://www.architime.ru/video/kinetic_architecture.htm

12. Mkrtchyan S.V. *Adaptivnost` kak sistemnoe svojstvo sredy` prozhivaniya. VESTNIK OGU* [Adaptability as a systemic property of the living environment. OGU BULLETIN]. 2004, no. 5(166)/May, pp. 79–84.

13. *Muzej Iskusstv Miluoki v SShA arxitektora Sant`yago Kalatravy`* [Milwaukee Museum of Art in the U.S. architect Santiago Calatrava]. Available at: http://www.liveinternet.ru/users/4099413/post185810584/

14. Nevlyutov M. P. *Czumtor. Arxitektura vechnogo vozvrashheniy* [P. Tsumtor. The architecture of eternal return]. Available at: http://papardes.blogspot.ru/2013/12/blog-post_8.html

15. *Otzy`vchivaya arxitektura* [Responsive architecture]. Available at: https://www.hisour.com/ru/responsive-architecture-28074/

16. *Proekt zdaniya ofisa dlya kompanii Kiefer Technic Architecture Showroom v Shtirii, (Avstriya)* [Office building project for Kiefer Technic Architecture Showroom in Styria (Austria)]. Available at: http://ostmetal.info/kineticheskaya-arxitektura-metall-v-d

17. *Proekt «Kinetower»* [The Kinetower Project. 2011]. Available at: http://mobbit.info/item/2011/3/17/kinetower-ydivitel-noe-kineticheskoe-zdanie-sposobnoe-menyat-formy-6-foto-video

18. Saprykina N.A. *Adaptivnoe prostranstvo s obratnoj svyaz`yu v kontekste paradigmy` ciklichnosti* [Adaptive space with feedback in the context of the cyclical paradigm. Science, education and experimental design in MARCHI. Theses reports of the international scientific and practical conference of faculty, young scientists and students]. Vol. 1, Moscow, MARCHI, April 3–7, 2017, pp. 186–188.

19. Saprykina N.A., Saprykin I.A. "Paperless" architecture in the context of virtual reality. Architecture and Modern Information Technologies, 2012, special issue, p. 7. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2012/special_12/saprykina/saprykina1.pdf

20. Saprykina N.A. *Koncepcii adaptiruemoj sredy` obitaniya v kontekste innovacionnoj paradigmy`* [Concepts of adaptable habitat in the context of the innovation paradigm. Research and innovation of RAASN. A collection of articles to the general collection of RAASN]. Volume 1, Moscow-Ivanovo, 2010, pp. 56–63.

21. Saprykina N.A. *Osnovy` dinamicheskogo formoobrazovaniya. Uchebnik dlya vuzov* [The basics of dynamic formation. Textbook for universities]. Moscow, Architecture-C, 2018, 372 p.

22. Saprykina N.A. *Parametricheskie podxody` formirovaniya arxitekturnoj sredy` v kontekste adaptacii i interaktivnosti* [Parametric approaches to the formation of the architectural environment in the context of adaptation and interactivity. Science, education and experimental design. WORKS of MARCHI: Materials of the International Scientific and Practical Conference of Faculty, Young Scientists and Students]. Moscow, MARCHI, April 4-8, 2016, pp. 277–283.

23. Saprykina N.A. *Prostranstvenno-vremenny`e pul`sacii kak reguliruemy`e parametry` adaptivnogo prostranstva obitaniya v arxitekturny`x issledovaniyax i obrazovanii* [Space-time pulsations as adjustable parameters of adaptive habitat space in architectural research and education. Science, education and experimental design. WORKS of MARCHI: Materials of the International Scientific and Practical Conference of Faculty, Young Scientists and Students]. Moscow, MARCHI, April 2–6, 2018, pp. 128–130.

24. Saprykina N.A. *Sovremenny`e podxody` k issledovaniyu prostranstvenno-vremenny`x koncepcij v arxitekturnoj geterotopii* [Modern approaches to the study of space-time concepts in architectural heterotopia. Science, education and experimental design. WORKS of MARCHI: Materials of the International Scientific and Practical Conference of Faculty, Young Scientists and Students]. Moscow, MARCHI, 6–1-April, 2015, pp. 190–196.

25. Subetto A.I. *Problema ciklichnosti razvitiya* [The problem of cyclical development]. Leningrad, 1989, 33 p.

26. *Teoreticheskie i metodologicheskie osnovy` social`nogo prognozirovaniya* [The theoretical and methodological foundations of social forecasting]. Available at: http://kurs.ido.tpu.ru/courses/prediction_designing_sw/tema2.html

27. *Fasad-membrana «FLARE» (Germaniya) 2008* [FLARE facade (Germany) 2008]. Available at: http://www.archplatforma.ru/?act=1&catg=48&nwid=100

28. Barkow Leibinger's Kinetic Wall for Venice Biennale, 2014. Available at: http://www.evolo.us/barkow-leibingers-kinetic-wall-for-venice-biennale/#more-32088

29. Cybertopia: Future of an Architecture Space, Death of Analogous Cities (Russia), 2015. Available at: http://www.evolo.us/cybertopia-future-of-an-architecture-space-death-of-analogous-cities/#more-33200

30. Ever-changing Skyscraper for Post-capitalism World (United Kingdom), 2018. Available at: http://www.evolo.us/ever-changing-skyscraper-for-post-capitalism-world/#more-36079

31. «Geno-Matrix» (USA), 2007. Available at: http://www.evolo.us/geno-matrix/#more-279

32. Piezoscape: Innovative Landscape Converts Mechanical Movement into Electricity (Barker Freeman Design Bureau), 2013. Available at: https://www.evolo.us/piezoscape-innovative-landscape-converts-mechanical-movement-into-electricity/

33. Religious Idols Pavilion in India (India), 2014. Available at: http://www.evolo.us/architecture/religious-idols-pavilion-in-india/

34. Rollin' and Tumble: Vertical Amusement Park for Times Square (Korea), 2011. Available at: http://www.evolo.us/rollin-and-tumble-vertical-amusement-park-for-times-square/#more-8926

35. «Suite Vollard» (Brazil), 1995–2001. Available at: http://mixstuff.ru/archives/43807

36. «Urban Image» (Czech Republic), 2007. Available at: http://www.evolo.us/urban-image/

37. «Vertical Lake» (Australia), 2010. Available at: http://www.lookatme.ru/flow/posts/arcitecture-radar/110075-kineticheskiy-fasad

ОБ АВТОРЕ

Сапрыкина Наталия Алексеевна
Доктор архитектуры, профессор, заведующая кафедрой «Основы архитектурного проектирования», Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, Россия
e-mail: nas@markhi.ru

ABOUT THE AUTHOR

Saprykina Natalia
Doctor of Architecture, Professor, Head of the «Basics of Architectural Design», Moscow Institute of Architecture (State Academy), Moscow, Russia
e-mail: nas@markhi.ru