

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ

Научная статья

УДК/UDC 502:72:001.18

DOI: 10.24412/1998-4839-2022-4-28-43

**Предпосылки развития технологий
в бионаправленной архитектуре****Анастасия Александровна Жандарова¹, Елена Владимировна Денисенко²**^{1,2}Казанский федеральный университет, Казань, Россия¹zhandar.a@yandex.ru, ²e.v.denisenko@bk.ru

Аннотация. Мир постоянно меняется во всём, и в архитектуре – в частности. С приходом новых поколений появляются новые стили и идеи. С появлением новых технологий и нового круга пользователей необходимость изменений в архитектуре неизбежна. Цель статьи представить современные технологии, способствующие инновациям и обновлению в области архитектуры и дизайна, в частности – развитию бионаправленной архитектуры. Выделены основные направления проектных и строительных технологий, дан прогноз на будущее формирование бионаправленной архитектуры. Значимость полученных результатов для архитекторов состоит в возможности разработать новый подход к проектированию бионаправленной архитектуры на основе уже имеющегося отечественного и зарубежного опыта. Анализ и систематизация опыта работы с бионаправленной архитектурой позволит выявить комплексный подход для разработки технологичной архитектурной среды.

Ключевые слова: современные технологии бионаправленной архитектуры, взаимосвязь архитектуры и природы, технологичная архитектура будущего

Для цитирования: Жандарова А.А. Предпосылки развития технологий в бионаправленной архитектуре / А.А. Жандарова, Е.В. Денисенко // Architecture and Modern Information Technologies. 2022. №4(61). С. 28–43. URL:

https://marhi.ru/AMIT/2022/4kvart22/PDF/01_zhandarova.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2022-4-28-43

ARCHITECTURAL HISTORY AND CRITICISM

Original article

**Prerequisites for the development of technologies
in biodirectional architecture****Anastasia A. Zhandarova¹, Elena V. Denisenko²**^{1,2}Kazan Federal University, Kazan, Russia¹zhandar.a@yandex.ru, ²e.v.denisenko@bk.ru

Abstract. The world is constantly changing in everything, and in architecture in particular. With the arrival of new generations, new styles and ideas appear. With the advent of new technologies and a new range of users, the need for changes in architecture is inevitable. The purpose of the article is to present modern technologies that promote innovation and renewal in the field of architecture and design, in particular, the development of biodirectional architecture. The main directions of design and construction technologies are highlighted, a forecast for the future formation of biodirectional architecture is given. The significance of the results obtained for architects lies in the possibility to develop a new approach to the design of biodirectional architecture based on existing domestic and foreign experience. The analysis and

^{1,2}© Жандарова А.А., Денисенко Е.В., 2022

systematization of the experience of working with bidirectional architecture will reveal an integrated approach for the development of a technological architectural environment.

Keywords: modern technologies of bidirectional architecture, interconnection of architecture and nature, technological architecture of the future

For citation: Zhandarova A.A., Denisenko E.V. Prerequisites for the development of technologies in bidirectional architecture. Architecture and Modern Information Technologies, 2022, no. 4(61), pp. 28–43. Available at:

https://marhi.ru/AMIT/2022/4kvart22/PDF/01_zhandarova.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2022-4-28-43

Введение

Термин бионаправленная архитектура² появился намного позже использования архитекторами природы в качестве источника вдохновения. Бионаправленная архитектура создает новый набор взаимосвязей между природными экосистемами, здоровьем человека и соответствующими конструкциями и технологиями. Такая архитектура способна к адаптации в среде, гармонизирует ее, улучшает микроклимат и природу [1]. Достижение интеграции природы и архитектуры играет решающую роль в поддержании и улучшении жизни людей. Новые взаимосвязи между здоровьем человека и здоровьем планеты представляют собой стимул дальнейшего развития бионаправленной архитектуры.

Бионаправленная архитектура включает в себя интеграцию бионаправлений, подражание модели природы и имитацию внешних и внутренних свойств жизни. Принципы бионаправленной архитектуры обуславливаются критериями закономерностей жизни природы, а именно:

- все компоненты архитектуры неразрывно связаны и взаимообусловлены;
- существование архитектурной среды отражает закономерности, найденные среди природных процессов и живых организмов;
- архитектура объединяет и оптимизирует стратегии для развития условий, благоприятствующих жизни человека.

Тема бионаправления в архитектуре стала актуальной и приобрела особую остроту в связи со стремительным развитием технологий. Сегодня направление технологичной архитектуры пока еще не столь радикально, но достижения науки, применение новых материалов, проектных и строительных технологий позволяют строить здания, взаимодействующие непосредственно с природой и человеком и отвечающие на их действия и запросы. Развитие новых технологий вызовет капитальные сдвиги как в реализации, так и в функционировании архитектуры. Кибернетизация современного мира – неопровержимый факт. Мир идет к глобализации. Искусственная среда становится все более ответственной за глобальные экологические и социальные проблемы с огромными объемами отходов, материалов и энергии [2].

Мы стоим на пороге нового поколения архитектуры: с привлечением различного уровня высоких технологий, чрезвычайно экологичной благодаря разумному использованию функционально адаптивных материалов, продуктов и конструкций, реагирующей и приспособляющейся к изменениям окружающей среды в прямом или косвенном виде [3]. Анализ современных проектных и строительных технологий в архитектуре поможет найти решения для устойчивого развития не только путем воспроизведения естественных

² «Бионаправленная архитектура – направление в архитектуре, характеризующееся привлечением природной составляющей – цитирование, копирование или интерпретации форм, структур, процессов или природных элементов». Из диссертации Денисенко Е.В. «Принципы формирования архитектурного пространства на основе биоподходов», 2013 г.

природных форм и пониманием законов формообразования, но и технологичного многопланового подхода устойчивого развития.

Объект исследования – бионаправленная архитектура, имеющая идею о внедрении природных характеристик в архитектурное пространство, направленная на развитие единства архитектуры с природой.

Предмет исследования – архитектурные технологии, с помощью которых реализуется «продвижение» бионаправленной архитектуры.

Итак, сегодня можно выделить основные направления технологий, используемых в архитектуре и дизайне: компьютерные технологии (параметрическое, алгоритмическое и генеративное моделирование), искусственный интеллект и роботы (станки с ЧПУ, 3Д принтеры и робототехника), аддитивный дизайн, инновации в строительных материалах (наноматериалы, энергоэффективность и биотехнологии в материалах).

Компьютерные технологии

В 1976 году архитектор Седрик Прайс³ создал компьютерную систему «Генератор». Со временем проект стал известным «умным домом», где компьютеры, отвечали за параметры внутреннего климата и настроения жителей. Прайс говорил: «Технологии – это ответ, но что такое вопрос?» Важнейшая роль технологий и автоматизации процессов не должна приводить к лишению человека принимать самостоятельные решения, поэтому должна быть предоставлена возможность вмешиваться, когда возникает желание и необходимость.

Автоматизированное проектирование (САПР) – это технология, которая упрощает и помогает проектировщику изменять, анализировать, оптимизировать или представлять проект [4]. Так, в 1963 году Айвен Сазерленд⁴ создал Sketchpad. Это программное обеспечение было разработано для того, чтобы сменить профессию архитектора на инженера-программиста. Для большинства архитекторов этот момент считается первым взаимодействием между архитектором и компьютером. Впоследствии компания Autodesk превратила идею Сазерленда в коммерческий продукт под названием AutoCAD. Программное обеспечение предложило одно из первых решений для автоматизированного проектирования.

Современные архитекторы работают с различными алгоритмами в качестве модели вычислений, для использования их в качестве инструмента в решении задач проектирования. Алгоритм – это набор правил и инструкций в пошаговой процедуре для вычисления, обработки данных и выполнения определенной задачи. Для любой формы данных, предоставленных в качестве входных данных, алгоритм выполнит свои предопределенные операции и вычислит требуемый результат.

С появлением алгоритмических сценариев в архитектуре, архитекторы смогли проектировать, создавать и формулировать панели для использования их в строительстве [5]. Это привело к сотрудничеству между компьютером и человеком в проектировании. Хотя современные технологии не позволяют компьютерам понимать эстетику, они могут помочь быстрее и эффективнее найти решение.

³ Седрик Прайс – английский архитектор, преподаватель и писатель по архитектуре.

⁴ Айвен Сазерленд – американский учёный в области информатики и пионер интернета. Получил премию Тьюринга от ACM в 1988 за создание «Sketchpad» - прообраза будущих САПР, имеющего ранний прототип графического интерфейса. Одновременно впервые применил объектно-ориентированный подход к программированию. В 2012 был удостоен премии Киото за ту же разработку.

Грег Линн⁵ был первым архитектором, который использовал автоматизированное проектирование в строительстве. Его «блобитектура»⁶ «l» была первым примером компьютерных форм.

Сегодня, проектирование возможно с использованием программного обеспечения, которое может принимать данные, установленные архитектором, и обрабатывать их для формирования различных форм. Эти инструменты не вызывают серьезных перемен в архитектуре, но компьютерные технологии способны дать нечто большее – увидеть мир не таким, какой он есть, а позволяет нам увидеть миры, которые могли бы быть.

Параметризм в архитектуре

Параметрическое проектирование – это процесс, в основе которого лежит алгоритмическое мышление, позволяющий выражать параметры и правила, определяющие и проясняющие взаимосвязи между целями проекта и его итогом [6]. Итальянский архитектор Луиджи Моретти⁷ был одним из первых архитекторов, который работал над параметрической архитектурой, используя математику для создания новых форм. В 1957 году он основал Институт исследований операций и прикладной математики (IRMOU) для создания новых форм с использованием математических теорий в дизайне.

Параметрическое моделирование берет начало в 1988 году, после появления системы проектирования параметризации благодаря скриптингу⁸ и программированию. Параметрическое проектирование возможно с использованием программного обеспечения, которое может принимать данные, установленные архитектором, и обрабатывать их для формирования различных форм [7]. Такая гибкость в проектировании невозможна лишь с помощью программного обеспечения. Современные системы проектирования позволяют связывать отдельные параметрические формулы вместе, создавая целую сложную сеть взаимодействий. Отдельные фрагменты кода могут использоваться в разных проектах повторно, комбинироваться с другими алгоритмами и т.д.

BIM подразумевает создание детализированных 3D-геометрий и значительного объема информации о данных. Наиболее важные программы для параметрического проектирования: Grasshopper, Rhino. Rhino – это инструмент свободной формы, работающий с меньшим количеством деталей, а Grasshopper можно применять к моделям, которые менее богаты данными, что делает его подходящим для ранней стадии разработки дизайна. Rhino и Grasshopper взаимосвязаны. Rhino определяет геометрию модели, Grasshopper используется для изменения и оптимизации этой геометрии параметрически, а инструменты плагина Ladybug используются для дальнейшей оценки экологических характеристик этих геометрических итераций. Программы дают возможность совместно моделировать городскую и природную среду, объединяя их уравнениями, относящимися к областям экосистем, климатологии, материаловедения, синтетической биологии, биологии, ботаники и физиологии. С помощью программного обеспечения архитекторы могут моделировать большое количество вариантов дизайна, позволяющего решать

⁵ Грег Линн – владелец компании Greg Lynn FORM, профессор архитектуры Венского университета прикладного искусства, профессор школы искусств и архитектуры Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе. Придумал термин «блобархитектура», в последствии экспериментов по цифровому дизайну с метаболическим графическим программным обеспечением.

⁶ Blobitecture (от архитектуры blob), blobism и blobismus – это условия для движения в архитектуре, в котором здания имеют органическую форму амебы, форму здания.

⁷ Луиджи Вальтер Моретти – итальянский архитектор. Он признан изобретателем параметрической архитектуры.

⁸ Сценарный язык (язык сценариев, от англ. scripting language) – высокоуровневый язык программирования для написания сценариев (англ. script) – кратких описаний последовательных действий, выполняемых системой. Разница между программами и сценариями довольно размыта. Сценарий – это программа, имеющая дело с готовыми программными компонентами.

сложные экологические проблемы [8]. Применение широкого спектра плагинов, представляющих различные дисциплины, требует интеграции нескольких типов знаний.

Здание Гуггенхайма в Бильбао архитектора Фрэнка Гери⁹ было одним из первых зданий, в котором использовались математические алгоритмы для формирования отдельных панельных элементов (рис. 1). За последние десятилетия архитектура значительно эволюционировала. Параметризм предоставляет свободу для исследования формы архитектуры, начиная от первоначальной идеи и заканчивая окончательным результатом, имея дело с геометрией, вычислительным дизайном и тематическими исследованиями.



Рис. 1. Музей Гуггенхайма в Бильбао, Фрэнк Гери, Испания

Искусственный интеллект и роботы

Понятие *искусственный интеллект* происходит от человеческого интеллекта, где интеллект – это процесс, участвующий в мышлении. Человеческий интеллект – это наличие личных желаний и интуитивное принятие решений, в то время как искусственный интеллект обладает беспрецедентными вычислительными возможностями. К сожалению, художественные фильмы дезинформировали население и превратили искусственный интеллект в популярную карикатуру.

Архитектурная система интеллектуального анализа данных искусственного интеллекта работает более эффективно, чем человек. Проект архитектора Бенджамина Эннемозера¹⁰, был создан в 2019 году в Калифорнии с помощью искусственного интеллекта, цифрового дизайна и машинного учения. Системе искусственного интеллекта были представлены образцы стиля для изучения, основанные на работах Фрэнка Ллойда Райта¹¹ и Джона

⁹ Фрэнк Гэри – один из крупнейших архитекторов современности, стоявший у истоков архитектурного деконструктивизма. Лауреат Притцкеровской премии 1989 года.

¹⁰ Бенджамин Эннемозер – архитектор и исследователь из Лос-Анджелеса, штат Калифорния. Он получил несколько исследовательских стипендий, таких как Tische-Stipendium, престижная стипендия доктора Отто Зайберта и Start-Grant.

¹¹ Фрэнк Ллойд Райт – американский архитектор, создатель «органической архитектуры» и приверженец открытого плана. По заключению Американского института архитекторов, Райт – самый влиятельный из всех архитекторов США. Британская энциклопедия называет его «самым творческим гением американской архитектуры».

Лотнера¹². Машина произвела анализ стиля, расчет и выдала не только 2D изображения, но и 3D модели будущего дома. Результат имитировал принципы «современного дома», а также представил новую архитектурную концепцию. Искусственный интеллект, обладающий способностью генерировать новую концептуальную форму, рассматривается как возможный вариант проектирования в будущем.

Воплощение эстетических принципов бионаправленной архитектуры было бы просто невозможным, или крайне нецелесообразным без соответствующих средств производства, среди которых с некоторыми условностями можно выделить следующие виды:

– *станки с ЧПУ*¹³ (широко применяются в строительстве для оболочек любой формы и сложности, а также при создании предметов дизайна. Это стало возможно благодаря гибкому программированию станков);

3D принтеры (широко применяют в архитектуре (рис. 2, 3). С помощью 3D принтера можно реализовывать формы любой сложности и печатать крупномасштабные проекты – здания [9]);

– *робототехника* – многофункциональное звено производства от создания до конечного результата, область применения которого зависит от фантазии и экономической рациональности. Примером использования робототехники служит строительство нового музея в Южной Корее, где планируют задействовать квадрокоптеры (рис. 4), 3D-принтеры, роботы KUKA (рис. 5) и другие виды техники.

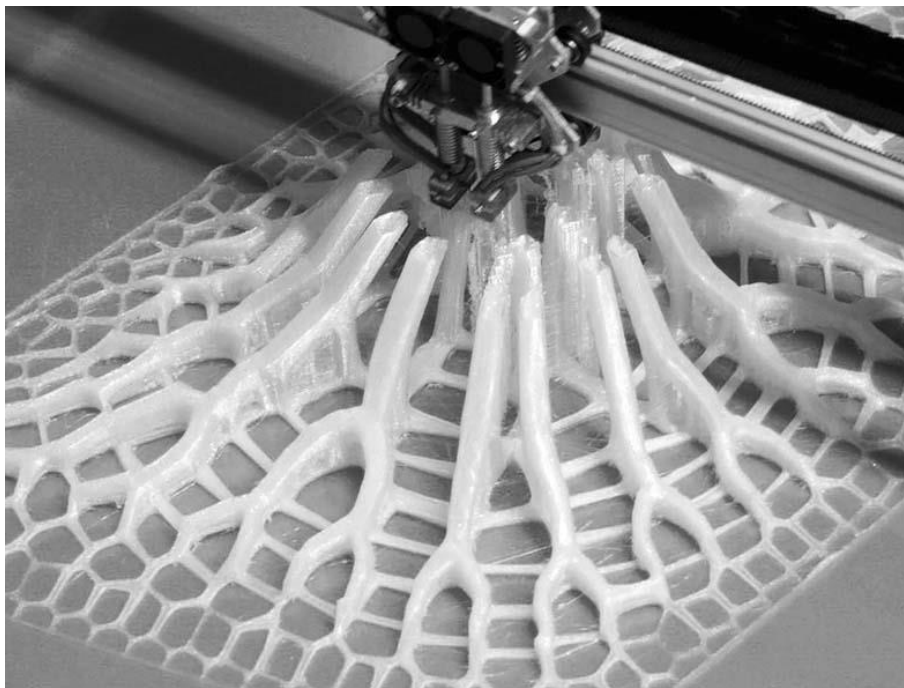


Рис. 2. 3D печать полимерными «стержнями»

¹² Джон Эдвард Лотнер – американский архитектор. После стажировки в середине 1930-х годов в Талиесинской стипендии под руководством Фрэнка Ллойда Райта Лотнер открыл собственную практику в 1938 году, где работал до конца своей карьеры.

¹³ ЧПУ – понятие станок с числовым программным управлением включает в себя и 3-д принтеры и промышленные роботы, однако 3-д принтеры и роботов можно выделить в отдельные группы для более подробного их рассмотрения.

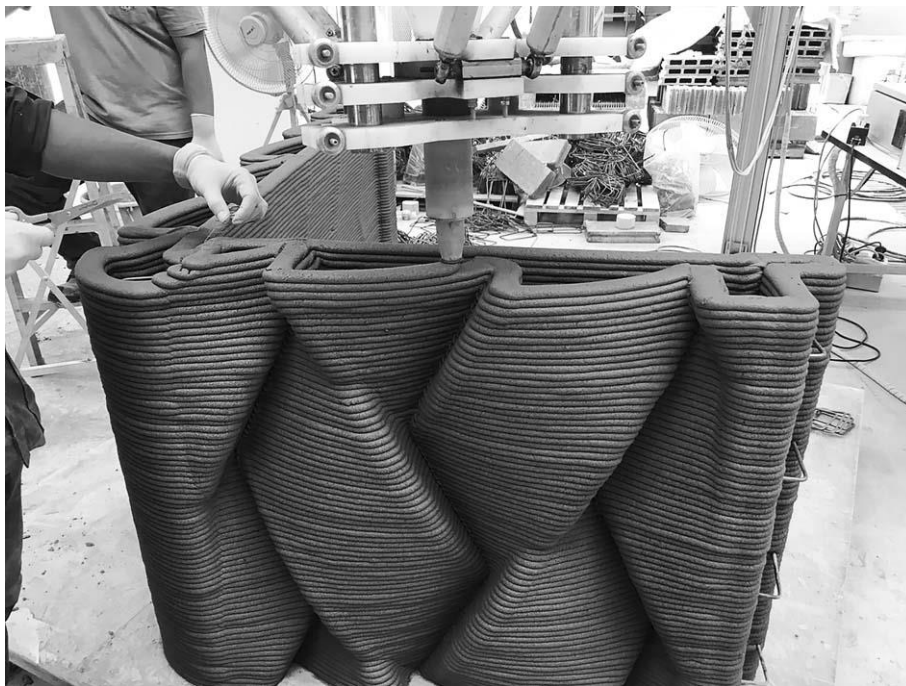


Рис. 3. 3D печать быстротвердеющим бетоном



Рис. 4. Квадрокоптер

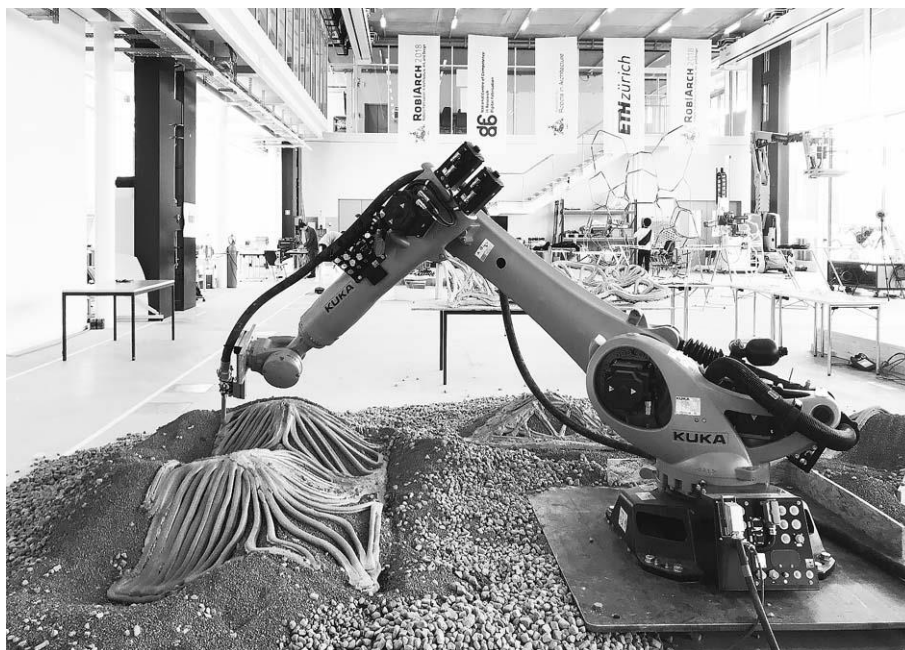


Рис. 5. Промышленный робот

Генеративный дизайн

Генеративный дизайн¹⁴ представляет собой новый и объективный подход, который может устранить субъективность в процессе проектирования и сократить затраты и время на строительство. В архитектуре переломный момент представлен идеями, технологиями, открытиями. Теория бифуркации применена к ускоренному росту и развитию технологий в архитектуре с акцентом на генеративный дизайн [4].

Генеративный дизайн – это проектирование «управляемый технологией», имеющий тенденцию отличаться в выборе алгоритмов и использовании экологических целей и ограничений для влияния на конечный продукт. Компьютер становится партнером архитектора воспроизводя мысли иначе, творчески исследуя возможный дизайн. Основные характеристики генеративного дизайна:

- Расширение возможностей архитектора в области проектирования.
- Автоматизация процесса проектирования для повышения производительности.
- Гибкость методов проектирования и способность основывать выбор дизайна на объективность, а не субъективность.
- Архитектор частично или полностью знает конечную форму проекта.

Исследовательская группа «The Living» в 2017 году использовала генеративный подход для проектирования офисов Autodesk Mars (рис. 6). Дизайн здания, расположенного в Торонто, был полностью разработан с использованием данных об окружающей среде (солнечный свет, вид снаружи) и предпочтений работников (соседство, стиль работы и отвлекающие факторы). Это позволило создать абсолютно объективную архитектуру.

¹⁴ Идея генеративного дизайна появилась в 1960-х годах, представляющая собой «автоматическую архитектуру». Подход того времени был признан неудачным, так как в архитектуре необходимо учитывать широкий спектр факторов.



Рис. 6. Autodesk MaRS Office, The Living, Канада

Можно выделить 5 этапов генеративного проектирования:

- *ограничения*. Устанавливается ряд ограничений для программного обеспечения (в этом случае ограничения представлены количеством людей и набором помещений в здании);
- *данные*. Данные – это фактор вариации генеративного процесса;
- *создание*. Этап состоит в создании геометрической системы для размещения помещений, путем определения «фиксированных зон» до начала генеративной эволюции;
- *эволюция*. Этот этап представляет собой просто представление каждой цели в виде алгоритма, который оценивает возможные результаты;
- *оценка*. На данном этапе процесс автоматизирован с использованием ранее созданных алгоритмов. Они разработают тысячи итераций проекта, которые соответствуют заданным клиентом целям.

«... Все, что важно для человечества, было изобретено за последние 150 лет...по моему мнению, мир в мире вырос, а не упал...» – TED¹⁵ (2018). Генеративный дизайн является компетентным и надежным методом проектирования. Такой подход к проектированию открывает возможности для улучшения рабочего процесса архитектора с точки зрения эффективности и точности. Достижения в области вычислительной мощности, технологий моделирования и инвестиций в технологии создали прочную основу для того, чтобы генеративный дизайн стал мейнстримом.

¹⁵ TED (англ. technology, entertainment, design; технологии, развлечения, дизайн) – американский частный некоммерческий фонд, известный прежде всего своими ежегодными конференциями. Конференции проводятся с 1984 года в городе Монтерей (Калифорния, США), а с 2009 года – в городе Лонг-Бич (Калифорния, США). Миссия конференции состоит в распространении уникальных идей («ideas worth spreading»).

Аддитивный дизайн

Аддитивный дизайн – 3D-печать в промышленном масштабе. Первый оперативный процесс 3D-печати был запатентован в 1984 году в Калифорнии Чакот У. Халлом¹⁶. Трехмерный объект был создан путем разделения его на части поперечного сечения и материализован с помощью химических веществ и физического вмешательства. Аддитивное производство оказывает огромное влияние на промышленный и производственный процесс, радикально меняя его. Применение 3D-печати возможно во разных масштабах и целях.

Так, первый печатный дом был создан в 2014 году компанией WinSun в Китае с помощью машины, применяющей послойную систему FDM в большем масштабе с использованием цемента и песка (рис. 7). Попытки внедрения 3D-печати принесли успешные результаты как для печати сложных швов, так и для специфической многоразовой опалубки для бетона или других материалов, учитывая масштаб компонентов и фасадных систем.



Рис. 7. 3D House, WinSun, Китай

Скорость является одним из главных преимуществ 3D-печати. Сложные и точные проекты могут быть напечатаны за несколько часов. При этом обеспечивается:

- высокая точность конечного продукта достигается благодаря полным и единым настройкам данных, заданным цифровой модели машине, способной преобразовать эту точность в физическую модель с небольшим диапазоном ошибок;
- свобода творчества в дизайне. Создание объектов сложной формы, в которых структуры и компоненты более точные и убедительные;
- простота доступа к этой технологии. В 2010 года истек срок действия патентов на основные технологии и приложения, лежащие в основе 3D-печати;
- использование материалов, которые могут быть переработаны и повторно использованы несколько раз, рассматривается с точки зрения устойчивого развития использования биоразлагаемых материалов.

¹⁶ Чак Халл – соучредитель, исполнительный вице-президент и технический директор компании 3D Systems. Один из изобретателей 3D-принтера SLA, первой коммерческой технологии быстрого прототипирования и широко используемого STL формат файла.

3D-печать представляет собой интересную область исследований, демонстрируя интересный инструмент для строительства привлекательной, эффективной и устойчивой архитектуры.

Инновации в строительных материалах

В настоящее время использование интеллектуальных материалов становится необходимым из-за стремления к большей автоматизации, компактных материалов и изделий, реагирующих на датчики и исполнительные механизмы, а также растущего глобального спроса на дорогие источники энергии и сырье [9]. «Умные строительные материалы» – материалы, обладающие изменяемыми свойствами и способностью конвертировать свою форму, цвет в ответ на физические и/или химические воздействия. С помощью определенного интеллекта материалы способны на адаптивные изменения.

Форма. Архитектура, способная к частичной или полной трансформации, может быть эффективна во многих аспектах. Так, например, с 1970-х годов в качестве временной защиты от непогоды используются откидные крыши, т.е. крыши, способные складываться. Первая и инновационная концепция пневматически трансформируемой крыши была разработана в рамках проекта ангара для дирижаблей.

Архитекторы dECOi разработали интерактивную кинетическую стену Aegis Hyposurface (рис. 8). Стена реагирует на различные раздражители, такие как свет, звук и движение. Специальное программное обеспечение заставляет поверхность изменяться в пространстве. Спонтанные перемещения плиток, помимо прочих эффектов, создают почти естественную имитацию движущихся волн.

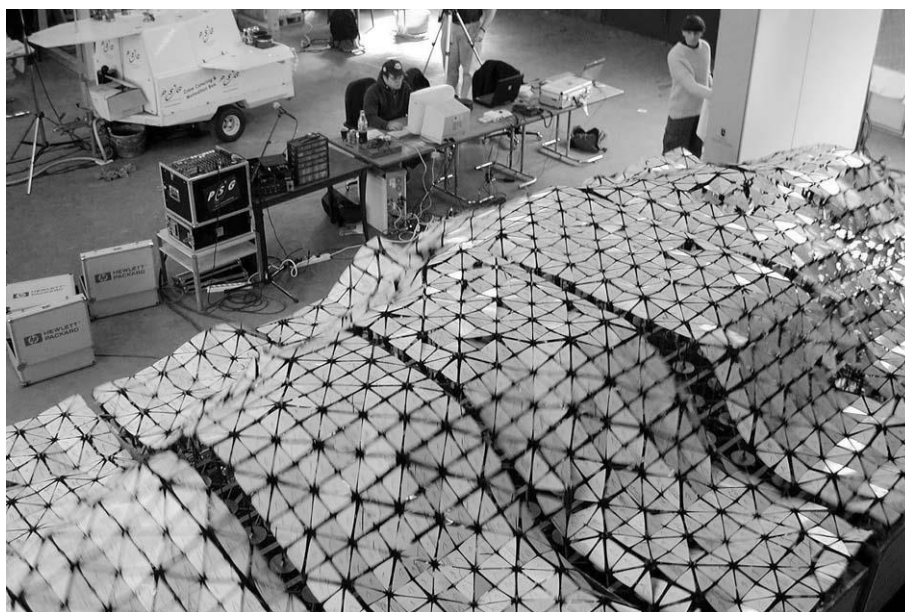


Рис. 8. Hyposurface Moving Wall, dECOi, Британия

Интеллект. Современная архитектура может быть спроектирована с помощью интеллектуальных материалов, которые способны принимать и обрабатывать множество сложных данных, предпочтительно с использованием электрических систем [10]. В 1998 году, Билл Гейтс построил «умный дом» со встроенными датчиками и связанным с ним программным обеспечением. Дом способен распознавать людей и, в зависимости от предпочтений пользователя, изменять окружающую среду.

В 2004 году в Японии, была построена штаб-квартира модного дома Chanel. Фасад здания способен принимать различные облики в течение дня. Днем фасад из электрооптического

стекла представляет собой прозрачный объем с беспрепятственным видом на интерьер здания. Ночью стекло становится матовым, а фасад обеспечивает проекционную поверхность для 700000 светодиодов. На дисплее фасада могут отображаться неподвижные изображения и видео презентации.

Проект KOL/MAC LLC¹⁷ «INVERSAbrane» – это наружная мембрана и инфраструктура, работающая с помощью искусственного интеллекта. Её производительность основана на избыточной поверхности, которая максимизирует контакт с окружающей средой и создает уникальную возможность для экосистемного обмена между зданием и городом. Поры мембраны благодаря сложной циркуляции фильтруют воздух, отсеивают грязь, пыль и дым; волнистые поверхности аккумулируют солнечную энергию, регулируют влажность и температуру, а также растапливают лед и снег [7]. INVERSAbrane способен адаптироваться к конкретным задачам на каждом объекте, улучшать микроклимат внутри и снаружи здания.

Цвет. Материалы, изменяющие цвет, все еще редко используются для наружных поверхностей, такая способность распространена в интерьерных решениях. Оптически переключаемые слои в ограждающих конструкциях обеспечивают временный экран конфиденциальности и контролируемое затемнение помещения.

Одной из систем, способных оказывать различное влияние на прозрачность внешней обшивки здания, является пленка ETFE для стены Cycle Bowl, которую архитекторы Atelier Brückner из Германии разработали для выставки «EPXO-2000» в Ганновере (рис. 9). Каждая подушка состоит из трех слоев. Под пневматическим управлением находится фасад, в определенные моменты времени он становится то плоским, то трехмерным. Внутреннее пространство также может быть изолировано от солнечного света с помощью надувных труб с пневматическим управлением, встроенных в крышу.



Рис. 9. Cycle Bowl, Atelier Brückner, Германия

В 2007 году в Испании был построен Отель Habitat H&R со светокинетическим навесным фасадом. Расположенные на расстоянии 57 см друг от друга искусственные листья

¹⁷ KOL/MAC LLC – профессиональная архитектурно-дизайнерская фирма, базирующаяся в Нью-Йорке. Фирма отличается исследованиями в области архитектуры и дизайна благодаря своим инновационным решениям. Работа сосредоточена на соединении уникального цифрового, новых методов в строительстве, новых технологий производства и материалов нового поколения.

оснащены солнечными фотоэлементами. В зависимости от времени года и энергетических условий ночью фасад здания автоматически изменяется в виде подсветки разных цветов.

Использование электролюминесцентных материалов продемонстрировано на примере световой инсталляции в Великобритании в 2005–2010 году на York Art Gallery. В ночное время на фасаде демонстрируются погодные явления. Цель инсталляции – привлечь внимание прохожих с помощью эстетических и кинетических световых узоров к глобальному потеплению.

Запах. Китай преуспел в разработке материалов со встроенными ароматами, используемых в качестве напольных покрытий, способных, при ходьбе по ним выделять молекулы запаха в воздух помещения [11].

Скульптура с внешней оболочкой, полностью состоящая из рядов растений в горшках, была создана художником Олафуром Элиассоном¹⁸ в своей работе Dufftunnel для «Car City» в Вольфсбурге в 2004 году (рис. 10). Три соединенные секции туннеля постоянно вращаются, чтобы обеспечить растения достаточным количеством естественного света, а также усилить запах от них.

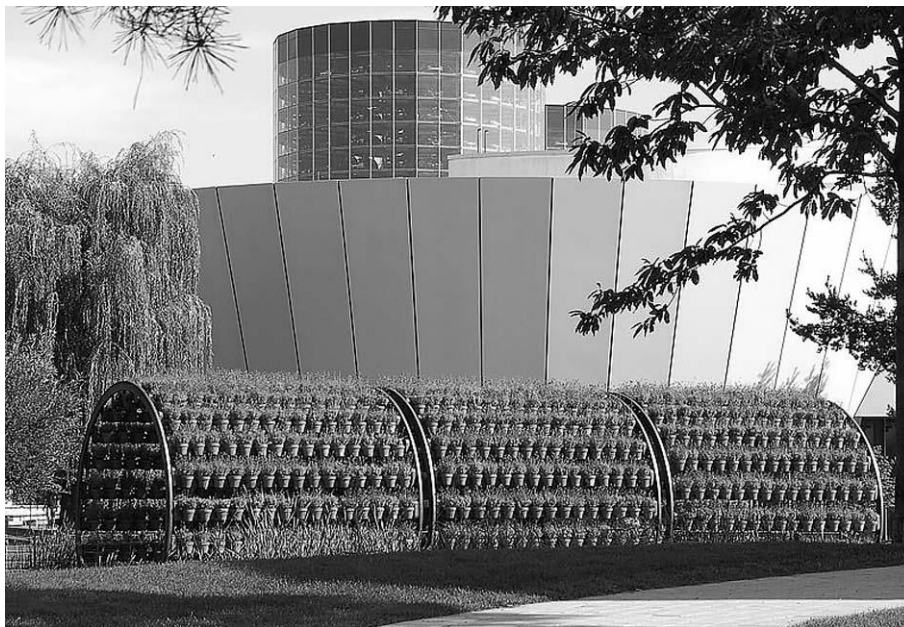


Рис. 10. Dufftunnel, Олафур Элиассон, Германия

Результаты исследования

Изучив направления проектных и строительных технологий, исследование показало потенциал научного прогресса в области технологичного движения по концепции бионаправленной архитектуры в будущем. Использование передовых 3D программных инструментов, современных технологий и инновационных подходов к проектированию ведёт к развитию бионаправленной архитектуры. Многие из представленных в этой статье технологий позволяют спрогнозировать развитие дизайна, структуры и методов перемен в архитектуре ближайшего будущего.

Установленные архитектурные интерпретации жизненных критериев свидетельствуют о многогранности применяемых природных составляющих в проектной деятельности. Архитектура будущего – часть природы, которая должна регулировать климат,

¹⁸ Олафур Элиассон – современный датско-исландский художник. Одна из самых известных его работ - инсталляция «The Weather Project» в турбинном зале Tate Modern в Лондоне в 2003 году.

обеспечивать комфортную среду обитания, круговорот питательных веществ, очищать воду, воздух, почву и производить энергию. Все это требует комплексного подхода к проектированию и строительству, с самого начала включающего все соответствующие научные дисциплины и новейшие технологии. Тщательное изучение характеристик современных технологических возможностей, лежащих в основе исторических и культурных условий, и их воздействия на окружающую среду может привести к более полной активизации их потенциала.

Технологическое течение продвинулось в будущее, окружающий мир изменился, но необходимость в городском улучшении и оптимизации качества жизни своевременна. Архитектура, имеющая признаки жизни природных организмов, — это один из наиболее благоприятных способов улучшить и увеличить объекту его «жизнь». Можно считать, что на современном этапе формирования архитектуры традиционное единство трех начал архитектуры «прочность—польза—красота» преобразуется в принципиально новое, комплексное: «биология—энергоэффективность—технология».

Бионаправленная архитектура характеризуется прогрессивными технологиями, нацеленными на удовлетворение актуальных требований и решение экономических, социальных и культурных проблем современного города, в том числе проблемы дефицита природных ресурсов и систем инфраструктуры, экспоненциального роста населения, ухудшения окружающей среды и рост городов. В будущем границы архитектурного проектирования будут размыты в новую парадигму жизни, где урбанизм и дикая природа переплетаются как одна экологическая система. Новые тенденции в области цифровизации и глобализации продолжают перестраивать сферы повседневной жизни и изменять нашу физическую среду, в том числе архитектуру.

Источники иллюстраций:

Рис. 1. Музей Гуггенхайма в Бильбао // Archi.ru. URL:

<https://archi.ru/projects/world/4860/muzei-guggenkhaima-v-bilbao> (в авторской обработке) (дата обращения: 09.03.2022).

Рис. 2. BigRep Proposes a New 3D Printer. Print Your Furniture // Home World Design. URL:

https://homeworlddesign.com/bigrep-proposes-a-new-3d-printer/?amp&doing_wp_cron=1631817977.4437189102172851562500 (в авторской обработке) (дата обращения: 17.04.2022).

Рис. 3. The Comeback of Craftmanship and Artisanal Aesthetics in 3D Printing // ArchDaily.

URL: <https://www.archdaily.com/934609/the-comeback-of-craftmanship-and-artisanal-aesthetics-in-3d-printing> (в авторской обработке) (дата обращения: 17.04.2022).

Рис. 4. В Южной Корее музей построят роботы и дроны // Property Times. URL:

https://propertytimes.com.ua/novosti/v_yuzhnoy_korei_muzey_postroyat_droni (в авторской обработке) (дата обращения: 19.03.2022).

Рис. 5. Промышленные роботы KUKA — технологии, опережающие будущее // Mentamore.

URL: <https://mentamore.com/robototexnika/promyshlennye-roboty-kuka.html> (в авторской обработке) (дата обращения: 19.03.2022).

Рис. 6. Autodesk Toronto is Moving to MaRS // Autodeskresearch. URL:

<https://autodeskresearch.typepad.com/blog/2015/11/autodesk-toronto-is-moving-to-mars.html> (в авторской обработке) (дата обращения: 10.04.2022).

Рис. 7. Шанхайская компания WinSun напечатала пятиэтажный дом и особняк // 3dtoday.

URL: <https://3dtoday.ru/blogs/news3dtoday/shanghai-company-winsun-has-printed-a-fivestorey-house-and-mansion?commentId=5830> (в авторской обработке) (дата обращения: 17.04.2022).

Рис. 8. Hyposurface Moving Wall - экран, реагирующий на любое изменение окружающей среды // Architime. URL:

https://www.architime.ru/specarch/mark_goulthorpe/hyposurface_moving_wall.htm (в авторской обработке) (дата обращения: 22.04.2022).

Рис. 9. Cyclebowl // Atelier Bruckner. URL: <https://www.atelier-brueckner.com/en/projects/cyclebowl> (в авторской обработке) (дата обращения: 10.04.2022).
 Рис. 10. Dufttunnel // Studio Olafur Eliasson. URL: <https://olafureliasson.net/archive/artwork/WEK100824/dufttunnel> (в авторской обработке) (дата обращения: 10.04.2022).

Список источников

1. Gruber P. Biomimetic in architecture. Germany: SpringerWienNewYork, 2019. 276 p.
2. Santiago C.P. Dialogue Between Nature and Architecture. Barcelona: MArch, 2017. 204 p.
3. Strappa G. City as organism. Rome: U+D edition Rome, 2016. 482 p.
4. Burghlea P-A. Generative Design: The creation of a new architect. Cambridge: MIT Press, 2017. 74 p.
5. Nath M. Parametric Architecture. Manipal: B.Arch, 2019. 53 p.
6. Burnett Sh. Biophilic Design + Biomimicry. Oxford: Oxford University Press, 2017. 93 p.
7. Naboni E. Lisanne Havinga, Regenerative design in digital practice. Bolzano: IT.: Eurac, 2019. 418 p.
8. Данилов Д.С. Параметрическая архитектура как этап развития западноевропейской архитектуры: дис. ... канд. архит.: 05.23.22. Нижний Новгород, 2019. 225 с.
9. Peviani S.V. Additive manufacturing design potential for sustainable architecture. Milan: Academic Press, 2018–2019. 107 p.
10. Елюхина В.А. К вопросу о взаимосвязи архитектуры и строительных технологий (по материалам зарубежных публикаций) / В.А Елюхина, И.В. Краснобаев // Известия КГАСУ. 2019. Вып. № 2 (48). С. 40–47.
11. Muller A. Smart materials in architecture, interior architecture and design. Switzerland: Birkhauser, 2020. 187 p.

References

1. Gruber Petra. Biomimetic in architecture. Germany, SpringerWienNewYork, 2019, 276 p.
2. Santiago C.P. Dialogue Between Nature and Architecture. Barcelona, MArch, 2017, 204 p.
3. Strappa Giuseppe. City as organism. Rome, U+D edition Rome, 2016, 482 p.
4. Burghlea Paul-Andrei. Generative Design: The creation of a new architect. Cambridge, MIT Press, 2017, 74 p.
5. Nath Mariganka. Parametric Architecture. Manipal, B.Arch, 2019, 53 p.
6. Burnett Shelby. Biophilic Design + Biomimicry. Oxford, Oxford University Press, 2017, 93 p.

7. Naboni Emanuele. Lisanne Havinga, Regenerative design in digital practice. Bolzano: IT.: Eurac, 2019, 418 p.
8. Danilov D.S. *Parametricheskaja arhitektura kak jetap razvitija zapadnoevropejskoj arhitektury* [Parametric architecture as a stage in the development of Western European architecture (Kand. Dis.)]. Nizhny Novgorod, 2019. 225 p.
9. Peviani Sofia Victoria. Additive manufacturing design potential for sustainable architecture. Milan, Academic Press, 2018–2019, 107 p.
10. Elyukhina V.A., Krasnobaev I.V. *K voprosu o vzaimosvyazi arkhitektury i stroitelnykh tekhnologiy (po materialam zarubezhnykh publikatsiy)* [On the question of relationship of architecture and building technologies (on the materials of foreign publications)]. Izvestiya KGASU, 2019, Iss. No. 2(48), pp. 40–47.
11. Muller Andreas, Smart materials in architecture, interior architecture and design. Switzerland, Birkhauser, 2020, 187 p.

ОБ АВТОРАХ

Жандарова Анастасия Александровна

Магистр архитектуры, ассистент кафедры «Конструктивно-дизайнерское проектирование», Казанский федеральный университет, Казань, Россия
zhandar.a@yandex.ru

Денисенко Елена Владимировна

Кандидат архитектуры, доцент кафедры «Конструктивно-дизайнерское проектирование», заместитель директора по развитию Института дизайна и пространственных искусств, Казанский федеральный университет, Казань, Россия
e.v.denisenko@bk.ru

ABOUT THE AUTHORS

Zhandarova Anastasia A.

Master of Architecture, Assistant of the Department of Structural Design, Kazan Federal University, Kazan, Russia
zhandar.a@yandex.ru

Denisenko Elena V.

PhD in Architecture, Associate Professor of the Department of Structural Design, Deputy Director for Development of the Institute of Design and Spatial Arts, Kazan Federal University, Kazan, Russia
e.v.denisenko@bk.ru