

## Потенциал архитектурной комбинаторики как метода проектирования многофункциональных жилых комплексов в цифровую эпоху

*В.М. Богданов*

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** В работе исследуется использование архитектурной комбинаторики для решения задач проектирования МЖК в условиях цифровой трансформации. Рассмотрены основные методы комбинаторики, включая концептуальные и формальные подходы. Описаны основные этапы эволюции метода, начиная с конструктивизма, и роль современных цифровых технологий, таких, как BIM, параметрическое моделирование, машинное обучение и искусственный интеллект, в реализации комбинаторных подходов. Уделено внимание устойчивой архитектуре и оптимизации пространственных решений. Приводится анализ успешных и проблемных примеров проектов. Анализируются ограничения применения технологий, а также этические и социальные аспекты их использования. Выводы обосновывают значимость метода в контексте современных вызовов.

**Ключевые слова:** архитектурная комбинаторика, комбинаторные методы, многофункциональный жилой комплекс, устойчивое развитие, устойчивая архитектура, адаптивная архитектура, цифровые технологии, BIM, параметрическое моделирование, машинное обучение, искусственный интеллект.

### Введение

*Актуальность* исследования заключается в необходимости интеграции архитектурной комбинаторики и цифровых технологий в проектировании многофункциональных жилых комплексов (МЖК). В условиях стремительной урбанизации, изменения климата и цифровизации, архитекторы сталкиваются с новыми вызовами, требующими инновационных подходов к проектированию. Архитектурная комбинаторика, как метод, позволяющий комбинировать различные архитектурные элементы и функции, становится особенно актуальной для создания устойчивых и адаптивных многофункциональных жилых комплексов.

Современные технологии, такие как Building Information Modeling (BIM) и параметрическое моделирование, открывают новые горизонты для реализации комбинаторных принципов в архитектуре. Как отмечает Тиаззолиди, "методология комбинаторной архитектуры предлагает

образовательный и профессиональный инструмент для принятия решений, который помогает определять приоритеты, связанные с городской морфологией, архитектурным дизайном и функциональными проблемами" [1]. Это позволяет более эффективно реагировать на вызовы современности.

Кроме того, проектирование многофункциональных жилых комплексов требует системного подхода, который учитывает сложные структуры зданий и их функции. Исследование показывает, что "оптимизация проектной модели демонстрирует многофункциональную природу в стремлении определить её функциональные характеристики" [2]. Важно отметить, что интеграция цифровых технологий в архитектурный процесс не только улучшает качество проектирования, но и способствует созданию более устойчивых и адаптивных пространств.

Таким образом, сочетание архитектурной комбинаторики и современных цифровых технологий может значительно улучшить эффективность проектирования многофункциональных жилых комплексов, что является актуальным в контексте современных вызовов.

### **Определение и эволюция архитектурной комбинаторики**

Архитектурная комбинаторика, как метод проектирования, представляет собой важное направление в архитектурной теории и практике, которое позволяет создавать многофункциональные жилые комплексы (МЖК) с учетом современных требований и технологий.

Архитектурная комбинаторика определяется как изучение формообразования на основе различных комбинаций архитектурных элементов и концепций. Она включает в себя два ключевых направления: концептуальную комбинаторику и формальную комбинаторику [3].

*Концептуальная комбинаторика* фокусируется на подборе идей и принципов для решения проектных задач. Основные операции здесь

---

включают выбор и замену идей, а также их трансформацию в новые комбинации.

*Формальная комбинаторика* занимается интерпретацией этих идей через материальные элементы формы. Это включает в себя изменение конфигурации, размеров и других качеств элементов, а также их позиционирование в пространстве.

К основным методам архитектурной комбинаторики относятся:

- Комбинирование типовых элементов (например, модульных конструкций).
- Изменение морфологических качеств объектов (размеры, форма, цвет).
- Использование решеток для упорядочивания пространственных структур [3, 4].

Эти методы позволяют архитекторам создавать разнообразные и функциональные пространства, адаптированные к потребностям пользователей.

Исторически корни архитектурной комбинаторики уходят в начало XX века, когда советские конструктивисты начали использовать принципы комбинаторики для проектирования утилитарных объектов. Я.Г. Чернихов является одним из основоположников комбинирования «беспредметных элементов». А.М. Родченко предложил метод, основанный на линейном формообразовании через структурно-геометрические подходы и комбинаторику [5].

С течением времени комбинаторные методы стали более систематизированными. В 1960-х годах появились первые попытки интеграции математических принципов в архитектурное проектирование. Это привело к созданию алгоритмических подходов к формообразованию, которые позволили архитекторам автоматизировать процесс проектирования и исследовать новые формы [6, 7].

---

Развитие цифровых технологий оказало значительное влияние на эволюцию архитектурной комбинаторики. С появлением мощных компьютерных программ для моделирования и визуализации архитекторы получили инструменты для более глубокого анализа проектируемых объектов.

Применение BIM (Building Information Model) и параметрического моделирования стало стандартом в проектировании многофункциональных жилых комплексов. Эти технологии обеспечивают возможность быстрого создания и изменения проектных решений, что значительно увеличивает гибкость и адаптивность архитектуры [8, 9].

### **Устойчивая архитектура многофункциональных жилых комплексов**

Устойчивая архитектура многофункциональных жилых комплексов (МЖК) представляет собой актуальную задачу в контексте современных экологических вызовов и социальных изменений. Этот подход направлен на создание архитектурных решений, которые соответствуют принципам устойчивой архитектуры, обеспечивая гармоничное сосуществование различных функций в городской среде.

Многофункциональные жилые комплексы являются сложными градостроительными объектами, которые объединяют в себе жилые и общественные функции. Они могут быть классифицированы по различным критериям, включая уровень обслуживания, тип жилья и функциональное назначение. Основные категории МЖК включают:

- МЖК с открытой системой обслуживания, предлагающие доступ к разнообразным услугам для широкой аудитории.
- Специализированные жилые комплексы с закрытой и полузакрытой системой обслуживания, такие как молодежные комплексы или дома для

людей с ограниченными возможностями, которые требуют особого подхода в проектировании [10].

Эти комплексы формируют новые социальные пространства, способствующие интеграции различных групп населения и улучшению качества жизни в городах. Важно отметить, что типология МЖК должна учитывать не только функциональные аспекты, но также экологические и социальные факторы.

*Экологические факторы* играют ключевую роль в проектировании многофункциональных жилых комплексов. Устойчивое строительство подразумевает использование экологически чистых материалов, энергоэффективных технологий и систем управления ресурсами. Это включает в себя применение возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели и системы сбора дождевой воды, а также создание зеленых крыш и общественных пространств для отдыха [11, 12].

*Социальные факторы* также имеют важное значение. Проектирование должно учитывать потребности различных групп населения, обеспечивая доступность инфраструктуры и услуг для всех жителей. Важно создавать пространства, способствующие взаимодействию между людьми, что может быть достигнуто через организацию общественных зон, таких как парки, площадки для отдыха и спортивные объекты [13, 14].

Симбиоз принципов устойчивой архитектуры и подходов архитектурной комбинаторики порождает новые возможности для устойчивой архитектуры МЖК, что включает несколько ключевых аспектов:

- Оптимизация использования пространства - благодаря выверенной структуризации объекта и его частей.
- Повышение энергоэффективности - за счет комбинирования архитектурных элементов с учетом их расположения относительно друг

друга (например, оптимизация расположения окон на фасадах) и относительно окружающей городской среды [15, 16].

- Устойчивое управление ресурсами – благодаря оптимальному расположению архитектурных элементов (например, компактность формы плана, учет ориентации фасадов к господствующим ветрам) [17].

Таким образом, интеграция принципов устойчивой архитектуры в архитектурную комбинаторику способствует созданию многофункциональных жилых комплексов, которые не только отвечают современным требованиям к качеству жизни, но и обеспечивают гармоничное взаимодействие человека с городской и окружающей средой.

### **Цифровые технологии как инструмент реализации архитектурной комбинаторики**

В современном архитектурном проектировании цифровые технологии играют ключевую роль в реализации архитектурной комбинаторики, позволяя создавать многофункциональные жилые комплексы с высокой степенью адаптивности и функциональности. Ниже рассмотрены основные возможности и ограничения параметрического моделирования и BIM, роли машинного обучения в разработке адаптивных проектных решений, а также примерам успешного и неудачного применения цифровых инструментов в проектах.

#### *Возможности и ограничения параметрического моделирования и BIM.*

Параметрическое моделирование представляет собой метод проектирования, основанный на использовании переменных параметров, которые могут быть изменены для получения различных форм и решений. В архитектуре этот подход позволяет быстро адаптировать проектные решения к изменяющимся требованиям, что особенно важно при разработке многофункциональных жилых комплексов. Использование программного обеспечения, такого как Rhino и Grasshopper, предоставляет архитекторам

возможность создавать сложные геометрические формы и оптимизировать проектные решения на основе заданных параметров [18].

Тем не менее, несмотря на очевидные преимущества, существуют значительные ограничения. Одним из основных является отсутствие полной кроссплатформенной совместимости между различными CAD/BIM-системами. Разные геометрические ядра могут интерпретировать одну и ту же параметрическую модель по-разному, что приводит к несоответствиям и ошибкам в проектировании [19]. Кроме того, сложность работы с большими объемами данных и необходимость их качественной обработки остаются актуальными проблемами для специалистов в области архитектуры [19, 20]. Это требует от архитекторов не только навыков проектирования, но и глубокого понимания работы с данными.

*Роль машинного обучения в разработке адаптивных проектных решений.*

Машинное обучение (МО, machine learning (ML)) становится важным инструментом в архитектурном проектировании, позволяя создавать адаптивные системы, которые могут реагировать на изменения условий окружающей среды и потребности пользователей. Алгоритмы МО способны анализировать большие объемы данных, выявлять закономерности и предсказывать будущие потребности [21]. Например, использование предиктивной адаптации позволяет системам заранее корректировать свои параметры для оптимизации функциональности зданий [21, 22].

Кроме того, применение генеративных моделей на основе МО открывает новые горизонты для создания уникальных архитектурных решений. Эти модели способны генерировать множество вариантов проектных решений на основе заданных критериев, что значительно ускоряет процесс разработки и повышает его эффективность [22]. Однако внедрение таких технологий также сталкивается с вызовами, такими как необходимость

---

в качественных данных для обучения моделей и сложность интеграции решений МО в существующие процессы проектирования.

*Примеры успешного и неудачного применения цифровых инструментов в методах архитектурной комбинаторики.*

Примеры успешного и неудачного применения цифровых инструментов в комбинаторных методах демонстрируют, как технологии могут как улучшить, так и усложнить процесс проектирования. Успешные примеры включают использование Building Information Modeling (BIM) в проектах, таких как жилой комплекс “Wanda”. В этом проекте BIM позволил применить методы комбинаторики, разместив типовые планировочные решения в границах одного этажа, а аналитическое программное обеспечение Ecotect использовалось для вычисления распределения коэффициентов естественного освещения. Это демонстрирует, как цифровые технологии могут быть использованы для достижения стандартов устойчивой архитектуры [23].

Другим успешным примером является применение параметрического моделирования в проектировании центра художественной гимнастики в Лужниках. В нем применялась технология BIM для формирования последовательно расположенных изогнутых крыш с помощью различных программ проектирования [23].

Однако неудачные примеры также имеют место быть. Один из таких случаев произошел с проектом моста Рансельва в Норвегии. Использование Tekla Structures для проектирования моста столкнулось с проблемами сложной геометрии и трудоемким моделированием арматуры, что привело к значительным трудностям в управлении изменениями [24].

## Анализ примеров реализации комбинаторных подходов в архитектуре МЖК

*Жилой комплекс Unité d'Habitation* (Марсель, Франция), спроектированный Ле Корбюзье, является ярким примером применения модульной комбинаторики в архитектуре. Основой проекта стала система пропорций "Модулар", разработанная самим архитектором. Здание представляет собой 17-этажную конструкцию, рассчитанную на 1600 жителей, и воплощает идею "вертикального города" [25]. Комбинаторный подход проявляется в следующих аспектах:

- Использование стандартизированных модулей для создания разнообразных планировок квартир, в том числе двухуровневых квартир в рамках единой модульной системы;
- Интеграция общественных пространств (магазины, детский сад, бассейн, спортзал) в жилую структуру;
- Формирование композиции фасада с применением геометрических решеток и разбиением всей плоскости на множество типовых квадратных и прямоугольных элементов.

*Habitat 67* (Монреаль, Канада), созданный архитектором Моше Сафди, демонстрирует инновационный подход к модульной архитектуре. Комплекс состоит из 354 идентичных сборных бетонных блоков, формирующих 146 квартир [25]. Комбинаторные приемы, использованные в проекте:

- Применение идентичных модулей для создания сложной пространственной композиции;
- Вариативное сочетание модулей, позволяющее создать разнообразие планировок.

*Проект 8 House* (Копенгаген, Дания), разработанный архитектурным бюро BIG, представляет собой современный пример применения комбинаторных подходов в многофункциональной архитектуре. Здание

---

объединяет жилые, офисные и торговые помещения в единую структуру [25].

Комбинаторные решения в проекте:

- Интеграция различных функциональных зон (жилые, офисные, торговые) в единую структуру;
- Использование непрерывной пешеходной и велосипедной дорожки, поднимающейся до 10 этажа, как связующего элемента;
- Комбинирование различных типов жилых помещений (квартиры, блокированная застройка) в рамках единого комплекса.

Жилой комплекс Walden 7 (Барселона, Испания), спроектированный Рикардо Бофиллом, демонстрирует применение модульной комбинаторики в сочетании с идеями социальной архитектуры. Комплекс состоит из 18 башен, соединенных мостами и переходами [25]. Комбинаторные приемы в проекте:

- Использование модульной системы для создания 446 квартир различной планировки;
- Применение повторяющихся элементов (башен) для формирования сложной пространственной структуры;
- Интеграция общественных пространств (внутренние дворы, бассейны) в жилую структуру.

*МЖК на территории завода "Филикровля" (Москва, Россия)*, разработанный архитектурным бюро Игоря Шварцмана, демонстрирует применение комбинаторных подходов в контексте современной российской архитектуры. Комплекс включает жилые, общественные и образовательные функции [26]. Комбинаторные решения в проекте:

- Использование зигзагообразной структуры основного жилого корпуса для создания разнообразия пространственных решений, что указывает на использование решеток;
  - Интеграция общественных функций в нижних этажах жилого здания;
-

- Применение модульной системы для создания узнаваемого силуэта застройки с чередованием морфологически изменяемых высотных объемов и разрывов между ними.

Анализ представленных примеров показывает, что комбинаторные подходы в архитектуре многофункциональных жилых комплексов позволяют создавать разнообразные и адаптивные пространственные решения, интегрировать различные функции в единую структуру и эффективно использовать городское пространство. Применение модульных систем, вариативное сочетание функциональных блоков и использование повторяющихся элементов являются ключевыми приемами архитектурной комбинаторики в рассмотренных проектах.

### **Потенциал, ограничения, этические и социокультурные аспекты симбиоза архитектурной комбинаторики и цифровых технологий**

Архитектурная комбинаторика, как метод проектирования, находит все более широкое применение в создании многофункциональных жилых комплексов в условиях цифровой эпохи. Этот подход позволяет интегрировать различные элементы и технологии, создавая уникальные решения, которые соответствуют современным требованиям устойчивой архитектуры. Однако, наряду с преимуществами, существуют и определенные ограничения, а также этические и социокультурные аспекты, которые необходимо учитывать.

#### *Преимущества.*

Одним из основных преимуществ архитектурной комбинаторики в цифровую эпоху является оптимизация ресурсов. Используя цифровые технологии проектирования, архитекторы могут моделировать различные сценарии использования пространства и ресурсов, что позволяет значительно сократить затраты на строительство и эксплуатацию зданий. Например,

---

применение методов энергомоделирования позволяет снизить годовое энергопотребление зданий [30].

Вариативность решений также является важным аспектом. Архитектурная комбинаторика позволяет создавать разные конфигурации жилых комплексов, адаптируя их под конкретные условия и потребности пользователей. Это ведет к созданию более гибких пространств, которые могут легко изменяться в зависимости от меняющихся требований [31].

Снижение экологического следа - еще одно значительное преимущество. С помощью архитектурной комбинаторики можно разрабатывать проекты, которые минимизируют негативное воздействие на окружающую среду. Например, применение различных комбинаций местных материалов и технологий может способствовать снижению углеродного следа зданий и улучшению биоразнообразия в городской среде [32].

#### *Ограничения.*

Несмотря на свои преимущества, симбиоз архитектурной комбинаторики и информационных технологий сталкивается с рядом ограничений. Одним из основных является сложность интеграции различных технологий в единую систему проектирования. Часто архитекторы сталкиваются с трудностями при объединении данных из различных источников и программных средств, что может замедлить процесс проектирования и увеличить вероятность ошибок [33].

Кроме того, существует высокая зависимость от квалификации специалистов. Успех применения архитектурной комбинаторики в цифровой среде во многом зависит от уровня подготовки архитекторов и инженеров, способных эффективно использовать современные цифровые инструменты и технологии. Недостаток квалифицированных кадров может привести к неэффективному использованию возможностей комбинаторного подхода.

*Этические аспекты* симбиоза архитектурной комбинаторики и цифровых технологий включают проблему прав на интеллектуальную собственность, так как ИИ может создавать проекты, схожие с существующими, что может вызвать конфликты с творческим вкладом архитекторов. Важно разработать этические стандарты для ответственного использования ИИ в архитектуре, чтобы избежать создания решений, не соответствующих нормам общества [34].

*Социокультурные аспекты* касаются способности ИИ учитывать предпочтения различных групп населения, что способствует созданию более доступных и инклюзивных решений. Однако существует риск стандартизации проектов, что может игнорировать уникальные потребности отдельных сообществ [34].

### **Заключение**

Исследование архитектурной комбинаторики в контексте проектирования многофункциональных жилых комплексов (МЖК) подчеркивает значимость интеграции современных цифровых технологий и принципов устойчивой архитектуры. Архитектурная комбинаторика, как метод проектирования, позволяет создавать адаптивные и функциональные пространства, отвечающие требованиям современного общества и экологическим вызовам.

Анализ примеров успешного применения комбинаторных подходов демонстрирует возможность оптимизации пространственных решений и внедрение требований устойчивой архитектуры. При этом интеграция программного обеспечения, такого как BIM и параметрическое моделирование, ускоряет этот процесс и позволяют избегать ошибок на этапе проектирования.

Тем не менее, необходимо учитывать существующие ограничения, связанные с интеграцией технологий в проектную среду и квалификацией

специалистов. Этические и социокультурные аспекты также требуют внимательного рассмотрения, чтобы обеспечить создание доступных и инклюзивных архитектурных решений.

Таким образом, архитектурная комбинаторика в цифровую эпоху представляет собой важное направление для дальнейших исследований и практических разработок в области архитектуры, способствующее формированию устойчивой архитектуры МЖК и городской среды в целом.

### Литература

1. Tiazzoldi C. Combinatorial Architecture Methods for the creation of ambiance in public space // *Ambiances, tomorrow. Proceedings of 3rd International Congress on Ambiances*. Volos: 2016. pp. 865-872.

2. Taraszkiewicz A. Gerigk M. Contemporary multifunctional buildings towards a sustainable development of the housing environment // *Środowisko Mieszkaniowe. Housing Environment*. Kraków: Wydawnictwo Katedry Kształtowania Środowiska Mieszkaniowego. Wydział Architektury Politechniki Krakowskiej. 2023. №44. pp. 14-24.

3. Пронин Е.С. Теоретические основы архитектурной комбинаторики. М.: Архитектура-С. 2004. 234 с.

4. Гетманченко О. В., Макогон Л. Н. Архитектурная комбинаторика и формообразование // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2014. №1 (6). URL: [cyberleninka.ru/article/n/arhitekturnaya-kombinatorika-i-formoobrazovanie](http://cyberleninka.ru/article/n/arhitekturnaya-kombinatorika-i-formoobrazovanie).

5. Родченко Александр Михайлович // *Энциклопедия русского авангарда*. URL: [rusavangard.ru/online/biographies/rodchenko-aleksandr-mikhaylovich](http://rusavangard.ru/online/biographies/rodchenko-aleksandr-mikhaylovich).

6. Горнева, О. С. Математические методы и моделирование в архитектуре (на примере учебного архитектурного проектирования) : дис. ... канд. арх.: 05.23.20. Екатеринбург. 2010. 139 с.

7. Козлов Д. Ю. Математические и физические принципы формообразования в теории и практике архитектуры второй половины XX - начала XXI вв // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2015 году. М. : Издательство АСВ, 2016. С. 52-57.

8. Ширинян Е. А. Сопоставление композиционного принципа ордера и генеративного метода формообразования // Architecture and modern information technologies. 2012. №4 (21). URL: [marhi.ru/AMIT/2012/1kvart12/shirinyan/abstract.php](http://marhi.ru/AMIT/2012/1kvart12/shirinyan/abstract.php).

9. Бабич, В. Н., Кремлев А.Г. Архитектурно-проектное экспериментирование на основе BIM-технологий // IV Международная научно-практическая конференция «Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве». Екатеринбург: Уральский государственный архитектурно-художественный университет, 2021. С. 8.

10. Скоблицкая Ю.А. Трухачева, Г. А. Архитектура многоэтажных жилых комплексов. Организация обслуживания. Ростов-на-Дону; Таганрог: Южный федеральный университет, 2018. 188 с.

11. Нурбаева Н. А., Ахметова А. А. Теоретические основы воздействия строительства ЖК на окружающую среду // In The World Of Science and Education. 2024. №20 сентябрь ЭГН. URL: [cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-vozdeystviya-stroitelstva-zhk-na-okruzhayuschuyu-sredu](http://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-vozdeystviya-stroitelstva-zhk-na-okruzhayuschuyu-sredu).

12. Богданов В.М. Современные тенденции проектирования многофункциональных жилых комплексов // Инженерный вестник Дона. 2024. №9. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2024/9496](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2024/9496).

13. Сулейменова М.Э., Мауленова Г.Д., Самойлов К.И. Социальные аспекты воздействия архитектурно-градостроительной деятельности // Наука

---

и образование сегодня. 2024. №2 (79). URL: [cyberleninka.ru/article/n/sotsialnye-aspekty-vozdeystviya-arhitekturno-gradostroitelnoy-deyatelnosti](https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnye-aspekty-vozdeystviya-arhitekturno-gradostroitelnoy-deyatelnosti).

14. Богданов В.М., Скопинцев А.В. Методы комбинаторно-поискового моделирования для достижения показателей устойчивости в архитектуре многофункциональных жилых комплексов // Инженерный вестник Дона. 2024. №8. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2024/9377](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2024/9377).

15. Архитектурные решения для улучшения энергоэффективности зданий // Block Studio. URL: [blokstudio.ru/blog/energy-efficient-architecture](https://blokstudio.ru/blog/energy-efficient-architecture) (дата обращения: 06.01.2025).

16. Ремизов А.Н. Стратегия развития экоустойчивой архитектуры в России // Совет по «зеленому» строительству. URL: [rsabc.ru/ru/publikatsii/strategiya-razvitiya-ekoustoychivoy-arkhitektury-v-rossii-a-n-remizov478](https://rsabc.ru/ru/publikatsii/strategiya-razvitiya-ekoustoychivoy-arkhitektury-v-rossii-a-n-remizov478).

17. Котенко И.А., Мордвинова М.В. Ресурсосберегающие технологии в архитектуре // Градостроительство и архитектура. 2017. Т.7, №3. С. 124-128. URL: [journals.eco-vector.com/2542-0151/article/view/51303](https://journals.eco-vector.com/2542-0151/article/view/51303).

18. Параметрический расчёт в строительстве и архитектуре // Dlubal Software. URL: [dlubal.com/ru/novosti-i-sobytiya/novosti/blog/000095](https://dlubal.com/ru/novosti-i-sobytiya/novosti/blog/000095) (дата обращения: 06.01.2025).

19. Бойко А. Мир после BIM. Переход к данным и процессам и нужны ли в строительной отрасли семантика, форматы и интероперабельность // Хабр. URL: [habr.com/ru/articles/868186](https://habr.com/ru/articles/868186) (дата обращения: 06.01.2025).

20. Поляков И. С. Оптимизация интерфейса и организация работы BIM // Международная научно-практическая конференция «BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры». СПб: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. 2018. С. 168-172.

21. ИИ и устойчивость: Создание адаптивных систем в условиях неопределенности // IT Researches Ltd. URL: [itresearches.com/ru/ai-и-устойчивость-создание-адаптивны](https://itresearches.com/ru/ai-и-устойчивость-создание-адаптивны) (дата обращения: 06.01.2025).

22. Аманаков А. Х., Мурадова А. О., Сейдов А. И. Роль искусственного интеллекта в архитектурном проектировании: современные тенденции и перспективы // Вестник науки. 2024. Т. 2, №4 (73). С. 616-619.

23. Яцзин, В. Применение BIM технологии в проектировании «зеленых» зданий // Системные технологии. 2023. №1 (46). С. 198-207.

24. Randselva bridge: closing the gap on drawing-free design // Tekla. URL: [tekla.com/resources/case-studies/randselva-bridge-closing-the-gap-on-drawing-free-design](https://tekla.com/resources/case-studies/randselva-bridge-closing-the-gap-on-drawing-free-design).

25. 10 знаковых жилых комплексов, изменивших облик городов по всему миру // INMYROOM. URL: [inmyroom.ru/posts/39354-10-znakovyh-zhilyh-kompleksov-izmenivshih-oblik-gorodov-po-vsemu-miru](https://inmyroom.ru/posts/39354-10-znakovyh-zhilyh-kompleksov-izmenivshih-oblik-gorodov-po-vsemu-miru) (дата обращения: 06.01.2025).

26. Многофункциональный жилой комплекс на территории завода «Филикровля» // Архитектура России и мира. URL: [archi.ru/projects/russia/9672/mnogofunkcionalnyi-zhiloi-kompleks-na-territorii-zavoda-filikrovlya](https://archi.ru/projects/russia/9672/mnogofunkcionalnyi-zhiloi-kompleks-na-territorii-zavoda-filikrovlya) (дата обращения: 06.01.2025).

27. Внедрение BIM-технологий в строительстве жилого комплекса «Новая Москва» // ЦифраСтрой. URL: [cifrastroy.ru/cases/vnedrenie-bim-tehnologij-v-stroitelstve-zhilogo-kompleksa-novaja-moskva](https://cifrastroy.ru/cases/vnedrenie-bim-tehnologij-v-stroitelstve-zhilogo-kompleksa-novaja-moskva) (дата обращения: 06.01.2025).

28. Walters A. The Edge Amsterdam – showcasing an exemplary IoT building // Centre for Digital Built Britain. URL: [cdbb.cam.ac.uk/news/2018CaseTheEdge](https://cdbb.cam.ac.uk/news/2018CaseTheEdge)

29. Randall T. The Smartest Building in the World. Inside the connected future of architecture // Bloomberg. URL: [bloomberg.com/features/2015-the-edge-the-worlds-greenest-building](https://bloomberg.com/features/2015-the-edge-the-worlds-greenest-building) (дата обращения: 06.01.2025).

---

30. Преимущества энергетического моделирования // HPBS. URL: [hpbs.com/services/energomodelirovanie-zdaniy-building-energy-modeling](https://hpbs.com/services/energomodelirovanie-zdaniy-building-energy-modeling) (дата обращения: 06.01.2025).

31. Сапрыкина Н. А. Формирование объектов адаптивной архитектуры в контексте кинематической модификации пространства обитания // Architecture and modern information technologies. 2020. №4 (53). С. 34-56.

32. Weisser W. W., Hensel M., Barath S. and others. 2023). Creating ecologically sound buildings by integrating ecology, architecture and computational design. People and Nature. 2023. №5. С. 4-20.

33. Рябчикова О. Методика построения архитектуры предприятия при интеграции информационных систем // САПР и Графика. 2018. №11 (265). С. 72-74.

34. Зяблицева П.Д. Искусственный интеллект в архитектуре // Центр исследования хаоса. 2024. URL: [cih.ru/wp/bld/2024/01/24/искусственный-интеллект-в-архитекту](http://cih.ru/wp/bld/2024/01/24/искусственный-интеллект-в-архитекту) (дата обращения: 06.01.2025).

### References

1. Tiazzoldi C. Ambiances, tomorrow. Proceedings of 3rd International Congress on Ambiances. Volos. 2016. pp. 865-872.

2. Taraszkiewicz A., Gerigk M. Srodowisko Mieszkaniowe. Housing Environment. Krakow: Wydawnictwo Katedry Kształtowania Srodowiska Mieszkaniowego. Wydział Architektury Politechniki Krakowskiej. 2023. №44. pp. 14-24.

3. Pronin E.S. Teoreticheskie osnovy arkhitekturnoy kombinatoriki [Theoretical foundations of architectural combinatorics]. Moskva: Arkhitektura-S, 2004. 234 p.

4. Getmanchenko O.V., Makogon L.N. Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'. 2014. №1 (6). URL: [cyberleninka.ru/article/n/arhitekturnaya-kombinatorika-i-formoobrazovanie](http://cyberleninka.ru/article/n/arhitekturnaya-kombinatorika-i-formoobrazovanie).

5. Rodchenko Aleksandr Mikhaylovich [Rodchenko Aleksandr Mikhaylovich]. URL: [rusavangard.ru/online/biographies/rodchenko-aleksandr-mikhaylovich](http://rusavangard.ru/online/biographies/rodchenko-aleksandr-mikhaylovich).

6. Gorneva O.S. Matematicheskie metody i modelirovanie v arkhitekture (na primere uchebnogo arkhitekturnogo proektirovaniya) [Mathematical methods and modeling in architecture (based on educational architectural design)]. Ekaterinburg. 2010. 139 p.

7. Kozlov D.Yu. Fundamental'nye, poiskovye i prikladnye issledovaniya RAASN po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arkhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noy otrasli Rossiyskoy Federatsii v 2015 godu. Moskva: Izdatel'stvo ASV, 2016. pp. 52-57.

8. Shirinyan E.A. Architecture and modern information technologies. 2012, №4 (21). URL: [marhi.ru/AMIT/2012/1kvart12/shirinyan/abstract.php](http://marhi.ru/AMIT/2012/1kvart12/shirinyan/abstract.php).

9. Babich V.N., Kremlov A.G. IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Novye informatsionnye tekhnologii v arkhitekture i stroitel'stve» (IV International Scientific and Practical Conference "New Information Technologies in Architecture and Construction"). Ekaterinburg: Ural State University of Architecture and Arts, 2021. pp. 8.

10. Skoblitskaya Yu.A., Trukhacheva G.A. Arkhitektura mnogoetazhnykh zhilykh kompleksov. Organizatsiya obsluzhivaniya [Architecture of multi-storey residential complexes. Organization of maintenance]. Rostov-on-Don; Taganrog: Southern Federal University, 2018. 188 p.

11. Nurbayeva N.A., Akhmetova A.A. In The World Of Science and Education. 2024, №20 September EGN. URL: [cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-vozdeystviya-stroitelstva-zhk-na-okruzhayuschuyu-sredu](http://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-osnovy-vozdeystviya-stroitelstva-zhk-na-okruzhayuschuyu-sredu).

12. Bogdanov V.M. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024, №9. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2024/9496](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2024/9496).

---

13. Suleymenova M.E., Maulenova G.D., Samoylov K.I. Nauka i obrazovanie segodnya. 2024, №2 (79). URL: [cyberleninka.ru/article/n/sotsialnye-aspekty-vozdeystviya-arhitekturno-gradostroitelnoy-deyatelnosti](http://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnye-aspekty-vozdeystviya-arhitekturno-gradostroitelnoy-deyatelnosti).

14. Bogdanov V.M., Skopintsev A.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024, №8. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2024/9377](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n8y2024/9377).

15. Arkhitekturnye resheniya dlya uluchsheniya energoeffektivnosti zdaniy [Architectural solutions for improving building energy efficiency]. URL: [blokstudio.ru/blog/energy-efficient-architecture](http://blokstudio.ru/blog/energy-efficient-architecture) (accessed 06/01/2025).

16. Remizov A.N. Strategiya razvitiya ekoustoychivoy arkhitektury v Rossii [Strategy for the development of eco-sustainable architecture in Russia]. URL: [rsabc.ru/ru/publikatsii/strategiya-razvitiya-ekoustoychivoy-arkhitektury-v-rossii-a-n-remizov478](http://rsabc.ru/ru/publikatsii/strategiya-razvitiya-ekoustoychivoy-arkhitektury-v-rossii-a-n-remizov478).

17. Kotenko I.A., Mordvinova M.V. Urban Construction and Architecture. 2017. V. 7, 3. Pp. 124-128. URL: [journals.eco-vector.com/2542-0151/article/view/51303](http://journals.eco-vector.com/2542-0151/article/view/51303).

18. Parametricheskij raschet v stroitel'stve i arkhitekture [Parametric calculations in construction and architecture]. URL: [dlubal.com/ru/novosti-i-sobytiya/novosti/blog/000095](http://dlubal.com/ru/novosti-i-sobytiya/novosti/blog/000095) (accessed 06/01/2025).

19. Boyko A. Mir posle BIM. Perekhod k dannym i protsessam i nuzhny li v stroitel'noy otrasli semantika, formaty i interoperabel'nost' [The world after BIM. Transition to data and processes and the need for semantics, formats, and interoperability in the construction industry]. URL: [habr.com/ru/articles/868186](http://habr.com/ru/articles/868186) (accessed 06/01/2025).

20. Polyakov I.S. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «BIM-modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury» (International Scientific and Practical Conference "BIM Modeling in construction and Architecture tasks"). St. Petersburg: St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2018. pp. 168-172.

---

21. Иустойчивост': Sozdanie adaptivnykh sistem v usloviyakh neopredelennosti [AI and sustainability: Creating adaptive systems in conditions of uncertainty]. URL: [itresearches.com/ru/ai-и-устойчивость-создание-адаптивны](https://itresearches.com/ru/ai-и-устойчивость-создание-адаптивны) (accessed 06/01/2025).

22. Amanakov A.Kh., Muradova A.O., Seydov A.I. Vestnik nauki. 2024, V. 2, №4 (73). pp. 616-619.

23. Yatszin, V. Sistemnye tekhnologii. 2023, №1 (46). pp. 198-207.

24. Randselva bridge: closing the gap on drawing-free design. URL: [tekla.com/resources/case-studies/randselva-bridge-closing-the-gap-on-drawing-free-design](https://tekla.com/resources/case-studies/randselva-bridge-closing-the-gap-on-drawing-free-design).

25. 10 znakovykh zhilykh kompleksov, izmenivshikh oblik gorodov po vsemu miru [10 iconic residential complexes that changed the face of cities worldwide]. URL: [inmyroom.ru/posts/39354-10-znakovyh-zhilyh-kompleksov-izmenivshih-oblik-gorodov-po-vsemu-miru](https://inmyroom.ru/posts/39354-10-znakovyh-zhilyh-kompleksov-izmenivshih-oblik-gorodov-po-vsemu-miru) (accessed 06/01/2025).

26. Mnogofunktional'nyy zhilyy kompleks na territorii zavoda «Filikrovlya» [Multifunctional residential complex on the territory of the "Filikrovlya" plant]. URL: [archi.ru/projects/russia/9672/mnogofunkcionalnyi-zhiloi-kompleks-na-territorii-zavoda-filikrovlya](https://archi.ru/projects/russia/9672/mnogofunkcionalnyi-zhiloi-kompleks-na-territorii-zavoda-filikrovlya) (accessed 06/01/2025).

27. Vnedrenie BIM-tekhnologiy v stroitel'stve zhilykh kompleksov «Novaya Moskva» [Implementation of BIM technologies in the construction of the "New Moscow" residential complex]. URL: [cifrastroy.ru/cases/vnedrenie-bim-tehnologij-v-stroitelstve-zhilogo-kompleksa-novaja-moskva](https://cifrastroy.ru/cases/vnedrenie-bim-tehnologij-v-stroitelstve-zhilogo-kompleksa-novaja-moskva) (accessed 06/01/2025).

28. Walters A. The Edge Amsterdam – showcasing an exemplary IoT building. URL: [cdbb.cam.ac.uk/news/2018CaseTheEdge](https://cdbb.cam.ac.uk/news/2018CaseTheEdge).

29. Randall T. The Smartest Building in the World. Inside the connected future of architecture. URL: [bloomberg.com/features/2015-the-edge-the-worlds-greenest-building](https://bloomberg.com/features/2015-the-edge-the-worlds-greenest-building) (accessed 06/01/2025).

---



30. Preimushchestva energeticheskogo modelirovaniya [The advantages of energy modeling]. URL: [hpb-s.com/services/energomodelirovanie-zdaniy-building-energy-modeling](http://hpb-s.com/services/energomodelirovanie-zdaniy-building-energy-modeling) (accessed 06/01/2025).
31. Saprykina N.A. Architecture and modern information technologies. 2020, №4 (53). pp. 34-56.
32. Weisser W.W., Hensel M., Barath S., et al. People and Nature. 2023, №5. pp. 4-20.
33. Ryabchikova O. SAPR i Grafika. 2018, №11 (265). pp. 72-74.
34. Zyablitseva P.D. Iskusstvennyy intellekt v arkhitekture [Artificial intelligence in architecture]. URL: [cih.ru/wp/bld/2024/01/24/искусственный-интеллект-в-архитекту](http://cih.ru/wp/bld/2024/01/24/искусственный-интеллект-в-архитекту) (accessed 06/01/2025).

**Дата поступления: 9.12.2024**

**Дата публикации: 26.01.2025**