

## Новейшие направления формирования архитектуры общественных зданий и сооружений

*Н.С. Здор*

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** Последние тенденции в архитектуре общественных зданий и сооружений направлены на инновации и устойчивое развитие, обусловленные потребностями окружающей среды и общества. Проектирование, учитывающее вызовы пандемии, включает улучшенную вентиляцию, бесконтактные технологии и адаптируемую планировку для создания более безопасных помещений. Технология цифрового двойника обеспечивает мониторинг и оптимизацию строительных систем в режиме реального времени, прокладывая путь к созданию более эргономичной инфраструктуре. Массовое деревянное строительство представляет собой экологическую, эстетичную и низкоуглеродистую альтернативу традиционным материалам. Здания с нулевым энергопотреблением интегрируют возобновляемые источники энергии и эффективные системы, чтобы сбалансировать потребление и производство энергии. 3D-печать в строительстве позволяет быстро создавать прототипы и сложные проекты, расширяя архитектурные возможности. Зеленая и голубая инфраструктура объединяет природные элементы, управление ливневыми стоками и охлаждение городской среды. В совокупности эти тенденции способствуют созданию более совершенных и адаптируемых общественных зданий, снижению воздействия на окружающую среду и повышению энергоэффективности. Сочетание этих достижений приводит к созданию инновационных комбинированных архитектурных решений, способствующих созданию более здоровой и гармоничной городской среды.

**Ключевые слова:** общественные здания, 3D-печать в строительстве, аддитивное производство, устойчивая архитектура, энергосбережение, энергоэффективность, экологичность, зеленая архитектура, экологичный дизайн, здания с нулевым потреблением, технология цифрового двойника, адаптивный дизайн к пандемии.

### Введение

В последние годы архитектура общественных зданий и сооружений претерпела значительные изменения, обусловленные развитием технологий, повышенным вниманием к экологичности и беспрецедентными вызовами, связанными с пандемией COVID-19. В этом реферате рассматриваются последние тенденции в общественной архитектуре, появившиеся с 2020 года, и подчеркивается, как эти инновации отвечают современным общественным потребностям и заботе об окружающей среде.

**Объект исследования** – общественные здания и сооружения.

**Предмет исследования** – направления в формировании архитектуры общественных зданий и сооружений, которые были приняты и внедрены во всем мире за последние четыре года.

**Цель исследования** - проанализировать и дать всестороннее представление о новых тенденциях.

В работе рассматриваются дизайн, реагирующий на пандемию, технология цифрового двойника, массовое деревянное строительство, здания с нулевым потреблением энергии, 3D-печать в строительстве, а также зеленая и голубая инфраструктура. Эти инновации не только подчеркивают адаптивность и жизнестойкость современной архитектуры, но и отражают более широкую приверженность устойчивому развитию и благополучию общества перед лицом постоянных глобальных вызовов.

### **Основная часть**

В последние годы в архитектуре общественных зданий и сооружений произошли кардинальные изменения, вызванные технологическим прогрессом, повышенным вниманием к экологичности и остротой пандемии COVID-19. Эти изменения являются не просто тенденциями, но и представляют собой значительную эволюцию в архитектурном мышлении и практике, направленную как на решение нынешних, так и будущих задач.

Общественные здания, к которым относятся школы, больницы, правительственные учреждения и культурные центры, играют решающую роль в функционировании общества. Они служат центрами взаимодействия с населением, предоставления услуг и культурного самовыражения. Таким образом, их дизайн должен адаптироваться к меняющимся потребностям общества, технологическому прогрессу и требованиям окружающей среды. Недавняя глобальная пандемия подчеркнула важность устойчивой и

---

адаптируемой общественной инфраструктуры, выявив недостатки в существующих проектах и ускорив внедрение инновационных решений.

Несколько факторов привели к появлению новых направлений в общественной архитектуре. Во-первых, необходимость свести к минимуму распространение патогенных микроорганизмов, переносимых воздушно-капельным путем, привела к внедрению усовершенствованных систем вентиляции, бесконтактных технологий и гибкой внутренней планировки, позволяющей обеспечить социальное дистанцирование. Эти изменения в дизайне направлены на создание более безопасной среды для населения и позволяют зданиям быстро адаптироваться к меняющимся санитарным нормам.

Во-вторых, развитие цифровых технологий произвело революцию в архитектурном проектировании и управлении зданиями. Технология «Цифрового двойника», которая предполагает создание виртуальной модели физического здания, позволяет осуществлять мониторинг и управление в режиме реального времени. Эта технология повышает эффективность эксплуатации зданий, позволяя проводить профилактическое обслуживание и оптимизировать потребление энергии. Интеграция технологий интеллектуального строительства также привела к созданию более адаптивных и удобных для пользователей общественных пространств.

Экологичность стала первостепенной задачей в архитектуре, что обусловлено острой необходимостью борьбы с изменением климата и снижения воздействия на окружающую среду. Массовое деревянное строительство, в частности, из клееного бруса (CLT), стало устойчивой альтернативой традиционным материалам, таким как бетон и сталь. Массивная древесина не только снижает углеродный след зданий, но и обеспечивает эстетические и конструктивные преимущества. Кроме того, стремление к созданию зданий с нулевым потреблением энергии отражает

---

стремление к устойчивому развитию, поскольку в проектах используются высокоэффективные ограждающие конструкции, возобновляемые источники энергии и энергоэффективные системы для минимизации общего энергопотребления.

Другой важной тенденцией является использование технологии 3D-печати в строительстве. Эта инновация позволяет быстро и точно создавать сложные строительные компоненты, сокращая потери материалов и сроки строительства. 3D-печать открывает новые возможности для архитектурного проектирования, позволяя создавать формы и конструкции, которые ранее было трудно достичь обычными методами.

Интеграция «зеленой» и «голубой» инфраструктуры в проектировании общественных зданий также набирает обороты. «Зеленая» инфраструктура, такая как «зеленые» крыши и стены, улучшает изоляцию и уменьшает эффект «тепловых островков» в городах, в то время как «голубая» инфраструктура, такая как системы сбора дождевой воды, помогает управлять ливневыми водами и предотвращать наводнения. Эти элементы способствуют повышению устойчивости городской среды и улучшению общего качества жизни городских жителей.

Стоит отметить, что последние тенденции в общественной архитектуре отражают более широкую приверженность решению современных задач с помощью инновационного дизайна. Уделяя особое внимание реагированию на пандемию, технологическую интеграцию, устойчивость и жизнестойкость, эти новые направления в архитектуре не только повышают функциональность и безопасность общественных пространств, но и способствуют бережному отношению к окружающей среде и благополучию общества.

Рассмотрим более подробно каждую из этих тенденций, исследуя их значение и преимущества в контексте современной общественной архитектуры.

### 1. Адаптивный дизайн к пандемии

Пандемия COVID-19 стала мощным катализатором изменений во многих аспектах жизни, включая дизайн общественных зданий. По мере распространения вируса по всему миру выявились уязвимые места существующих архитектурных проектов в борьбе с кризисами в области здравоохранения [1]. Необходимость свести к минимуму передачу вируса в общественных местах побудила архитекторов и дизайнеров переосмыслить способы строительства и использования зданий, что привело к появлению тенденции проектирования, учитывающего пандемию [2]. Эта тенденция направлена на создание более безопасной, адаптируемой и устойчивой общественной среды, которая может лучше справляться с текущими и будущими проблемами здравоохранения.

- Проблемы, с которыми столкнулись существующие здания:

В традиционных проектах часто не уделялось должного внимания здоровью и гигиене в той степени, в какой это необходимо для сдерживания распространения чрезвычайно заразного вируса. Ключевыми проблемами были:

1. Недостаточная вентиляция. Во многих зданиях отсутствовали надлежащие вентиляционные системы, способные эффективно фильтровать и циркулировать воздух, чтобы уменьшить воздушно-капельную передачу вирусов.

2. Поверхности, к которым легко прикасаться. Места общего пользования и поверхности, к которым часто прикасаются, такие как дверные ручки, кнопки лифта и поручни, стали очагами распространения вирусов.

---

3. Места массового скопления людей. Общественные здания часто расположены в густонаселенных районах, что затрудняет социальное дистанцирование и увеличивает риск распространения вируса.

4. Ограниченная гибкость. Фиксированные планировки во многих зданиях не позволяли легко перенастраивать их в соответствии с новыми рекомендациями по охране здоровья или меняющимися схемами использования.

Эти проблемы подчеркнули необходимость смены парадигмы в архитектурном проектировании с акцентом на здоровье, безопасность и адаптивность.

- Методы решения этих проблем

Архитекторы и дизайнеры разработали различные стратегии для решения проблем, связанных с пандемией. К основным методам относятся:

1. Усовершенствованные системы вентиляции. Современные системы ОВКВ (отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) разрабатываются с использованием передовых технологий фильтрации и очистки воздуха. Более широкое использование естественной вентиляции, такой как открывающиеся окна и атриумы, также помогает улучшить качество воздуха.

2. Бесконтактные технологии. Чтобы уменьшить распространение патогенных микроорганизмов через поверхности, в зданиях внедряются бесконтактные технологии. Автоматические двери, лифты с голосовым управлением и освещение с датчиками движения становятся стандартными функциями в общественных зданиях.

3. Гибкая внутренняя планировка. Адаптируемые архитектурные решения позволяют быстро изменять конфигурацию помещений. Подвижные стены, модульная мебель и зоны открытой планировки позволяют зданиям

приспосабливаться к меняющимся потребностям, таким как реализация мер по социальному дистанцированию.

4. Санитарные станции и меры гигиены. В общественных зданиях теперь часто используются стратегически расположенные станции для дезинфекции рук, расширенные протоколы уборки и использование антимикробных материалов для поверхностей.

- Примеры в архитектуре

В нескольких общественных зданиях и сооружениях по всему миру успешно интегрированы элементы дизайна, учитывающие пандемию:

1. Центр здоровья и благополучия при Университете Колорадо [3]: Это здание оснащено передовыми системами кондиционирования воздуха с очисткой от ультрафиолетового излучения, бесконтактными точками входа и модульными интерьерами, которые могут быть изменены в соответствии с различными санитарными нормами и уровнем заполняемости.

2. Кампус Google в Бэй Вью: В этом офисном комплексе особое внимание уделяется охране здоровья и безопасности благодаря дизайну под открытым небом, усовершенствованным системам вентиляции и многочисленным открытым пространствам для встреч и совместной работы [4]. Кампус также оснащен значительным количеством бесконтактных интерфейсов и модульных рабочих мест для обеспечения адаптивности.

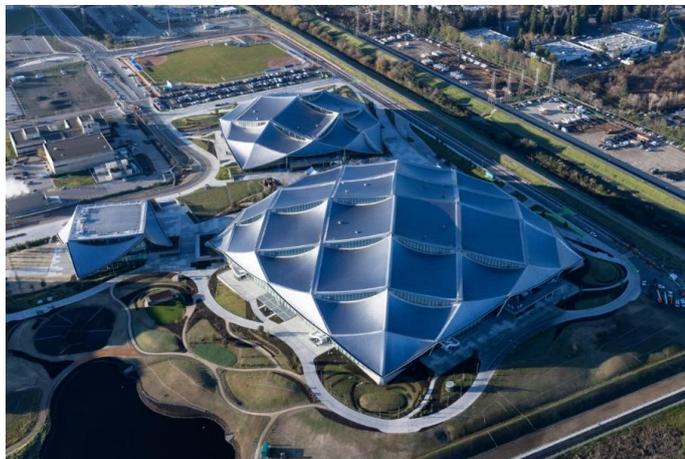


Рис. 1 – Кампус Google, Бэй Вью, США [4].

3. The New York Times Building [5]: Недавняя модернизация здания включает в себя усовершенствованные системы фильтрации воздуха, бесконтактные туалеты и гибкую планировку офисов. Эти усовершенствования были частью более широкой стратегии по обеспечению здоровья и безопасности сотрудников и посетителей во время пандемии.

В заключении стоит сказать, что пандемия COVID-19 оказала значительное влияние на дизайн общественных зданий, подчеркнув необходимость создания помещений, в которых приоритетное внимание уделялось бы здоровью, гибкости и жизнестойкости. Усовершенствованные системы вентиляции, бесконтактные технологии, адаптируемые интерьеры и улучшенные гигиенические меры являются ключевыми компонентами дизайна, адаптируемого к пандемии. Эти инновации не только решают текущие проблемы здравоохранения, но и подготавливают общественные здания к будущим кризисам. Интегрируя эти функции, архитекторы создают среду, которая не только более безопасна, но и более универсальна и устойчива, что отражает более широкую приверженность общественному здравоохранению и благополучию. Поскольку мир продолжает преодолевать последствия пандемии, эти стратегии проектирования, вероятно, станут неотъемлемой частью стандартной практики в области общественной архитектуры.

## 2. Технология цифрового двойника

Технологии цифрового двойника стали трансформирующей тенденцией в архитектуре и строительстве, обусловленной быстрым развитием цифровых инструментов, растущей сложностью строительных систем и потребностью в более эффективном управлении общественной инфраструктурой [6]. Эта технология создает виртуальную копию физических зданий, позволяя осуществлять мониторинг, анализ и

---

оптимизацию в режиме реального времени. Интеграция цифровых двойников в архитектурную практику революционизирует методы проектирования, строительства и технического обслуживания зданий, предлагая возможности для повышения производительности и устойчивости.

- Проблемы, с которыми сталкиваются существующие здания

Существующие здания сталкиваются с рядом проблем. Многие из них не были спроектированы с учетом технологической инфраструктуры, необходимой для поддержки передовых цифровых инструментов. К числу ключевых проблем относятся:

1. Ограниченная интеграция данных: В традиционных зданиях часто отсутствуют интегрированные системы, которые могли бы предоставить исчерпывающие данные, необходимые для эффективного внедрения цифрового двойника.

2. Устаевающая инфраструктура: В старых зданиях могут быть установлены устаревшие механические, электрические и водопроводные системы, которые несовместимы с современными цифровыми технологиями.

3. Неэффективность технического обслуживания: Без мониторинга в режиме реального времени выявление и устранение проблем с техническим обслуживанием может быть медленным и оперативным, что приводит к увеличению затрат и простоям.

4. Энергоэффективность: Многие существующие здания работают с неоптимальной эффективностью использования энергии из-за отсутствия интегрированных систем мониторинга и управления.

Эти проблемы подчеркивают необходимость обновления и модернизации существующих конструкций для использования преимуществ технологии цифрового двойника.

- Методы решения этих проблем

Для решения этих проблем можно использовать несколько стратегий:

---

1. Модернизация для интеграции данных: Установка датчиков Интернета вещей и модернизация систем управления зданиями могут обеспечить необходимые потоки данных для создания и обслуживания цифровых двойников. Включает в себя обновление систем кондиционирования, освещения и безопасности для обеспечения совместимости с цифровым мониторингом.

2. Модернизация систем: Обновление устаревающих компонентов инфраструктуры до современных, совместимых с цифровыми технологиями версий может повысить общую производительность и продлить срок службы зданий. Включает в себя замену старых котлов, кондиционеров и электрических систем на более новые, более эффективные модели.

3. Профилактическое обслуживание: Цифровые двойники обеспечивают профилактическое обслуживание, используя данные в режиме реального времени для прогнозирования вероятных отказов компонентов. Такой упреждающий подход сокращает время простоя и затраты на техническое обслуживание.

4. Оптимизация энергопотребления: Благодаря постоянному мониторингу энергопотребления цифровые двойники могут выявлять недостатки и предлагать корректировки, что приводит к значительной экономии энергии и снижению воздействия на окружающую среду.

- Примеры в архитектуре

Несколько примеров демонстрируют успешную интеграцию передовых технологий цифровых двойников в общественную архитектуру:

1. The Edge, Амстердам: Известно, как одно из самых умных зданий в мире, здание Edge использует технологию цифрового двойника для оптимизации энергопотребления и повышения комфорта жильцов [7]. Данные в режиме реального времени с тысяч датчиков поступают в

цифровой модуль-двойник, позволяющий динамически регулировать освещение, отопление и вентиляцию.



Рис. 2. – Офисное здание The Edge, Амстердам [7].

2. Шанхайская башня, Китай: В этом небоскребе используется цифровой двойник для мониторинга и управления сложными системами, включая лифты, системы кондиционирования и распределения электроэнергии [8]. Цифровой двойник помогает обеспечить оптимальную производительность и энергоэффективность, что способствует получению платинового сертификата LEED.

3. Сиднейский оперный театр, Австралия: Цифровой двойник этого культового здания помогает управлять его стареющей инфраструктурой, предоставляя подробную информацию о состоянии конструкций и потребностях в техническом обслуживании. Это повысило эффективность эксплуатации здания и продлило срок его службы [9].

В заключении стоит сказать, что технология цифрового двойника представляет собой значительный шаг вперед в управлении и оптимизации общественных зданий. Решая проблемы интеграции данных, старения инфраструктуры, неэффективности технического обслуживания и энергопотребления, модель предлагает комплексное решение для модернизации существующих зданий. Успешные примеры со всего мира

иллюстрируют преобразующий потенциал этой технологии, прокладывающей путь к более разумной и устойчивой общественной архитектуре.

### 3. Массовое деревянное строительство

Массовое деревянное строительство стало важной тенденцией в архитектуре, обусловленной потребностью в устойчивых методах строительства и достижениях в области технологий деревообработки. При этом методе строительства в качестве конструктивных элементов используются большие сборные деревянные панели, такие как поперечно-ламинированный брус (CLT) и клееный брус (Glulam) [10]. Массовый рост производства древесины обусловлен ее экологическими преимуществами, включая снижение выбросов углекислого газа и возобновляемость древесины, а также ее эстетическую привлекательность и конструктивные возможности.

- Проблемы, с которыми сталкиваются существующие здания

В новую эпоху массового деревянного домостроения существующие здания сталкиваются с рядом проблем:

1. Требования к экологичности: традиционные строительные материалы, такие, как бетон и сталь, содержат большое количество углерода, что делает их менее привлекательными по мере роста спроса на экологически чистые методы строительства.

2. Проблемы в области пожарной безопасности: общественное мнение и устаревшие нормативные акты иногда создают проблемы для массового использования древесины, особенно в том, что касается пожарной безопасности.

3. Цепочка поставок и опыт: ограниченность местных цепочек поставок и отсутствие опыта в массовом деревянном строительстве препятствует широкому внедрению этого метода.

Эти проблемы подчеркивают необходимость адаптации существующих подходов и методов строительства с учетом массового использования древесины.

- Методы решения этих проблем

Для решения этих проблем можно использовать несколько стратегий:

1. Обновление политики и нормативных актов: обновление строительных норм и правил для признания и упрощения использования массивной древесины имеет решающее значение. Это включает в себя соблюдение стандартов пожарной безопасности с помощью тщательных процессов тестирования и сертификации.

2. Образование и профессиональная подготовка: повышение квалификации и знаний архитекторов, инженеров и строителей с помощью специализированных программ обучения массовому деревянному строительству может ускорить его внедрение.

3. Модернизация и гибридные проекты: там, где это возможно, модернизация существующих зданий с использованием массивных деревянных элементов или использование гибридных проектов, сочетающих древесину с другими материалами, может повысить экологичность без необходимости полного капитального ремонта.

4. Развитие цепочек поставок: инвестиции в местные цепочки поставок лесоматериалов массового производства могут снизить затраты и повысить доступность, облегчая строителям поиск источников материалов.

- Примеры в архитектуре

Несколько зданий демонстрируют успешную интеграцию массового деревянного строительства:

---

1. Брок Коммонс Таллвуд Хаус, Ванкувер: это студенческое общежитие Университета Британской Колумбии является одним из самых высоких зданий из массива дерева в мире [11]. В нем используется гибридная система из массива дерева и бетона, демонстрирующая потенциал высотного деревянного строительства.

2. Мьестарнет, Норвегия: здание, высота которого составляет 85,4 метра, является самым высоким деревянным зданием в мире [12]. В качестве конструктивных элементов он использует CLT и клееный брус, что является эталоном экологичности и инноваций в деревянном строительстве.



Рис. 3 – Мьестарнет, Норвегия [12].

3. Здание Т3, Миннеаполис: офисное здание Т3 (лесоматериалы, технологии, транзит) построено из массива дерева, что подчеркивает эстетические и экологические преимущества этого материала [13]. В нем сочетаются деревянные элементы со сталью и бетоном, что соответствует современным строительным стандартам.

В заключение стоит сказать, что массовое деревянное строительство представляет собой значительный прогресс в практике устойчивого строительства, поскольку традиционные материалы снижают воздействие на окружающую среду, обеспечивая при этом конструктивные и эстетические

преимущества. Благодаря обновлению нормативных актов, повышению уровня образования, модернизации существующих зданий и развитию надежных цепочек поставок можно эффективно решать проблемы, связанные с массовым использованием древесины. Успешные примеры со всего мира иллюстрируют потенциал этого инновационного метода строительства для преобразования общественной архитектуры, прокладывая путь к созданию более устойчивой застройки.

#### 4. Здания с нулевым энергопотреблением

Здания с нулевым потреблением энергии в последние годы приобрели особую популярность в рамках глобального стремления к устойчивому развитию и энергоэффективности [14]. Эта тенденция обусловлена необходимостью сокращения выбросов парниковых газов, борьбы с изменением климата и снижения затрат на электроэнергию [15]. Энергоблоки таких зданий спроектированы так, чтобы производить столько энергии, сколько они потребляют в течение года, главным образом, за счет местных возобновляемых источников энергии. Появление этой тенденции обусловлено достижениями в области строительных технологий, повышением осведомленности об экологических проблемах, а также политикой и нормативными актами, направленными на повышение энергоэффективности [16].

- Проблемы, с которыми сталкиваются архитекторы

Проектирование зданий с нулевым потреблением энергии ставит перед архитекторами и инженерами ряд задач:

1. Интеграция систем возобновляемой энергетики: включение возобновляемых источников энергии, таких как солнечные батареи или ветряные турбины, в проекты зданий может быть сложной задачей. Требуется тщательное планирование, чтобы обеспечить достаточную

---

выработку энергии при сохранении эстетических и функциональных аспектов здания.

2. Достижение энергоэффективности: чтобы достичь нулевого уровня энергопотребления, здания должны быть чрезвычайно энергоэффективными. Это требует правильного выбора материалов, изоляции и современных систем кондиционирования, что может быть сложной задачей, учитывая бюджетные ограничения и доступность материалов.

3. Баланс дизайна и функциональности: проектировщики должны сбалансировать технические требования к энергоэффективности с эстетической привлекательностью и функциональностью здания. Это может быть особенно сложно в городских условиях, где пространство ограничено.

4. Соблюдение нормативных требований: соблюдение местных строительных норм и правил при одновременном достижении целей по нулевому потреблению энергии может быть сложной задачей. Нормативные требования не всегда согласуются с новейшими экологичными технологиями, что требует от проектировщиков проведения сложных процедур согласования.

- Методы решения этих проблем

Несколько стратегий могут помочь преодолеть эти проблемы:

1. Планирование и моделирование на ранней стадии: использование передовых инструментов моделирования на ранних стадиях проектирования может помочь спрогнозировать энергетические характеристики здания и оптимизировать интеграцию систем использования возобновляемых источников энергии. Эти инструменты позволяют вносить коррективы до начала строительства, гарантируя, что проект будет соответствовать целевым показателям.

2. Инновационные материалы и технологии: использование передовых материалов и технологий, таких как высокоэффективная изоляция,

---

энергосберегающие окна и системы «умного здания», может повысить энергоэффективность. Использование принципов пассивного солнечного проектирования, которые позволяют максимально использовать естественное освещение и тепло, также может снизить потребление энергии.

3. Процесс совместного проектирования: привлечение многопрофильной команды архитекторов, инженеров и экспертов в области устойчивого развития с самого начала проекта гарантирует, что все аспекты проектирования будут способствовать достижению цели «чистый ноль». Совместная работа помогает легко интегрировать различные устойчивые решения.

- Примеры в архитектуре

Несколько зданий иллюстрируют успешную реализацию проекта с нулевым потреблением энергии:

1. Начальная школа Discovery, Арлингтон: в этой школе, спроектированной с нулевым потреблением энергии, установлены солнечные батареи, геотермальное отопление и охлаждение, а также энергоэффективное освещение [17]. Она служит живой лабораторией, где учащиеся узнают об экологичности.

2. Штаб-квартира Фонда Дэвида и Люсиль Паккард, Лос-Альтос: это здание сочетает в себе меры по повышению энергоэффективности с использованием возобновляемых источников энергии на месте [18]. Особенности включают в себя высокопроизводительные ограждающие конструкции, эффективные системы кондиционирования воздуха и мощную солнечную энергетику, благодаря чему достигается нулевой уровень энергопотребления.

3. Энергетическая лаборатория Гавайской подготовительной академии: это здание представляет собой лабораторию с нулевым потреблением энергии, в которой используются фотоэлектрические панели, естественная

---

вентиляция и системы сбора дождевой воды [19]. Оно служит учебным пособием для студентов и демонстрацией практик устойчивого строительства.

В заключении стоит отметить, что здания с нулевым потреблением энергии являются важным достижением в области устойчивого развития и энергоэффективности в архитектуре. Несмотря на трудности, с которыми сталкиваются проектировщики, использование планирования на ранней стадии, инновационных материалов и коллективного подхода можно достичь целей с нулевым потреблением энергии.

### **5. 3D-печать в строительстве, аддитивное производство**

3D-печать, также известная как аддитивное производство, стала революционной тенденцией в строительной отрасли. Эта технология позволяет создавать строительные компоненты или целые конструкции слой за слоем, используя такие материалы, как бетон, металл или композитные материалы. Распространение 3D-печати в строительстве было обусловлено потребностью в более эффективных, экономичных и экологических методах строительства [20]. Возможность быстрого создания прототипов и создания сложных конструкций открыла новые возможности в области архитектурных инноваций и повышения эффективности строительства.

- Проблемы, с которыми сталкиваются архитекторы

Хотя 3D-печать дает множество преимуществ, архитекторы сталкиваются с рядом трудностей при внедрении этой технологии в строительные проекты:

1. Ограничения по материалам: современные технологии 3D-печати в основном ограничены конкретными материалами, такими как бетон и некоторые виды пластмасс. Поиск материалов, отвечающих конструктивным,

эстетическим и нормативным требованиям, может оказаться непростой задачей.

2. Структурная целостность: обеспечение структурной целостности зданий, напечатанных на 3D-принтере, требует глубокого понимания свойств материалов и их поведения в различных условиях. Это может быть особенно сложным для крупномасштабных сооружений.

3. Сложность дизайна: несмотря на то, что 3D-печать позволяет создавать сложные геометрические формы, для проектирования в соответствии с этой технологией требуется новый подход, гарантирующий, что дизайн будет одновременно пригоден для печати и функционален. Традиционные принципы дизайна могут применяться не всегда.

4. Нормативные препятствия: строительные нормы и правила часто не учитывают 3D-печать, что затрудняет получение разрешения на 3D-печать конструкций. Проектировщикам приходится ориентироваться в неизведанных нормативных условиях.

5. Стоимость и масштабируемость: хотя 3D-печать может снизить трудозатраты, первоначальные инвестиции в оборудование и материалы для 3D-печати могут быть значительными. Переход от прототипов к полномасштабному производству остается сложной задачей.

- Методы решения этих проблем

Несколько стратегий могут помочь преодолеть эти проблемы:

1. Инновации в материалах: продолжающиеся исследования и разработки в области материалов для 3D-печати могут расширить спектр используемых материалов. Сотрудничество между учеными-материаловедами и архитекторами может привести к разработке новых композитов, соответствующих конструкционным и нормативным стандартам.

---

2. Структурные испытания и сертификация: тщательные процессы тестирования и сертификации могут обеспечить безопасность и долговечность конструкций, напечатанных на 3D-принтере. Разработка стандартизированных протоколов тестирования может помочь внедрить 3D-печать в основное строительство.

3. Обучение дизайну: ознакомление архитекторов и инженеров с принципами и возможностями 3D-печати может способствовать появлению новой волны инновационных проектов. Специализированные учебные программы могут дать профессионалам навыки, необходимые для оптимизации дизайна для 3D-печати.

4. Защита интересов регулирующих органов: работа с регулируемыми органами по обновлению строительных норм и стандартов, включая 3D-печать, может облегчить процесс утверждения. Демонстрация успешных проектов и их преимуществ может помочь добиться одобрения регулируемыми органами.

5. Пилотные проекты и прототипы: реализация пилотных проектов и прототипов может продемонстрировать осуществимость и преимущества 3D-печати в строительстве. Эти проекты могут послужить доказательством концепции и проложить путь для более масштабных применений.



Рис. 4. – Мост MX3D, Амстердам [21].

- Примеры в архитектуре

Несколько проектов демонстрируют успешное применение 3D-печати в строительстве:

1. Мост MX3D, Амстердам: Этот стальной мост, выполненный с помощью 3D-печати, перекинут через канал в Амстердаме и является новаторским примером использования 3D-печати для крупномасштабной инфраструктуры [21]. Он демонстрирует потенциал 3D-печати для создания сложных функциональных конструкций.

2. Дома, напечатанные на 3D-принтере ICON, Остин: Компания ICON разработала дома, напечатанные на 3D-принтере ICON в Остине, штат Техас, с использованием принтера Vulcan [22]. Эти дома доступны по цене, экологичны и быстры в строительстве, что позволяет решить проблему нехватки жилья с помощью инновационных технологий.

3. ТЕКЛА, Италия: TECLA — это эко-комплекс с 3D-печатью, спроектированный Mario Cucinella Architects и WASP [23]. Построенный из местного сырья, он является примером устойчивого строительства и использования натуральных материалов при 3D-печати.

В заключение стоит сказать, что 3D-печать в строительстве — это инновационная разработка, которая дает множество преимуществ, включая эффективность, экологичность и гибкость дизайна. Несмотря на трудности, с которыми сталкиваются проектировщики, такие, как ограничения в материалах, проблемы с целостностью конструкции и нормативные препятствия, появляются инновационные решения. Благодаря инновациям в материалах, тестированию конструкций, обучению дизайну, пропаганде нормативных актов и пилотным проектам реализуется потенциал 3D-печати в архитектуре.

## 6. «Зеленая» и «голубая» (сине-зеленая) инфраструктура

«Зеленая» и «голубая» инфраструктура стала важной тенденцией в современной архитектуре и городском планировании. Этот подход объединяет природные элементы в архитектурную среду для повышения экологичности, устойчивости к изменению климата и благосостояния людей. «Зеленая» инфраструктура включает в себя зеленые крыши [24], стены и городские насаждения, в то время как «голубая» инфраструктура включает в себя системы управления водными ресурсами, такие как дождевые сады, водно-болотные угодья и устойчивые дренажные системы [25]. Появление этой тенденции обусловлено насущной необходимостью решения экологических проблем, уменьшения воздействия городских «островков тепла», управления ливневыми стоками и создания более здоровых жилых помещений.

- Проблемы, с которыми сталкиваются архитекторы

Проектирование и внедрение этой инфраструктуры ставит перед архитекторами и градостроителями ряд задач:

1. Ограниченность пространства: в густонаселенных городских районах найти достаточное пространство для «зеленой» и «голубой» инфраструктуры может быть непросто. Интеграция этих элементов в существующие структуры или новые разработки требует инновационных решений.

2. Учет затрат: первоначальные затраты на создание зеленых крыш, дождевых садов и других экологически чистых элементов могут быть выше, чем при использовании традиционных методов, что может стать препятствием для некоторых проектов.

3. Требования к техническому обслуживанию: для обеспечения эффективности часто требуется постоянное техническое обслуживание. Это может быть ресурсоемким процессом, требующим тщательного планирования и составления бюджета.

---

4. Нормативные препятствия: существующие строительные нормы и правила могут не в полной мере поддерживать или признавать преимущества, что затрудняет получение одобрения для таких проектов.

5. Техническая экспертиза: проектирование и внедрение эффективной сине-зеленой инфраструктуры требует специальных знаний и навыков, которые могут быть недоступны архитекторам и проектировщикам.

- Методы решения этих проблем

Несколько стратегий могут помочь преодолеть эти трудности:

1. Инновационные архитектурные решения: использование многофункциональных пространств и вертикальных конструкций, таких как зеленые стены и сады на крыше, может помочь интегрировать инфраструктуру в ограниченные пространства. Модульные и сборные системы также могут упростить внедрение.

2. Экономические стимулы и финансирование: правительства и организации могут предоставлять гранты, налоговые льготы и субсидии для компенсации первоначальных затрат на проекты в области устойчивой инфраструктуры. Демонстрация долгосрочной экономии средств за счет сокращения потребления энергии и управления ливневыми стоками также может стимулировать инвестиции.

3. Нарращивание потенциала и обучение: проведение образовательных и обучающих программ для архитекторов, проектировщиков и строителей может повысить уровень технических знаний, необходимых для проектирования и реализации. Сотрудничество с экспертами в области ландшафтной архитектуры и науки об окружающей среде также может улучшить результаты проекта.

- Примеры в архитектуре

Несколько проектов являются примерами успешной интеграции «зеленой» и «голубой» инфраструктуры:

---

1. Хай-Лайн, Нью-Йорк: этот линейный парк на возвышенности является ярким примером зеленой инфраструктуры, превращающей заброшенную железнодорожную линию в оживленное общественное пространство с обширными насаждениями, которые улучшают биоразнообразие и охлаждают город [26].

2. Потсдамская площадь в Берлине: проект включает в себя комплексную систему управления водными ресурсами с зелеными крышами и созданными водно-болотными угодьями, которые управляют ливневыми водами и снижают риск наводнений. Он служит моделью для интеграции «голубой» инфраструктуры в городскую среду [27].

3. Наньянский технологический университет, Сингапур: Кампус имеет многочисленные зеленые крыши и стены, которые способствуют повышению энергоэффективности, сохранению биоразнообразия и эстетической привлекательности [28]. Интеграция зеленой инфраструктуры улучшает окружающую среду кампуса и предоставляет возможности для исследований.

4. Застройка Кингс-Кросс, Лондон: этот проект реконструкции города включает в себя обширные зеленые насаждения, устойчивые дренажные системы и водные объекты [29]. Он демонстрирует, как «зеленая» и «голубая» инфраструктура может быть органично интегрирована в усилия по восстановлению города.

В заключении стоит отметить, что данный подход представляет собой жизненно важную эволюцию в городском дизайне и архитектуре, направленную на решение экологических проблем и повышение качества жизни в городах. Несмотря на проблемы, связанные с ограниченным пространством, затратами, техническим обслуживанием, нормативными барьерами и техническим опытом, появляются инновационные решения. Благодаря креативному дизайну, экономическим стимулам, планированию

---

технического обслуживания, пропаганде нормативных актов и наращиванию потенциала.

### Заключение

Изучение последних тенденций в архитектуре общественных зданий и сооружений свидетельствует о глубоком сдвиге в сторону инноваций и устойчивого развития:

- Особенности проектирования, учитывающие пандемию, подчеркивают улучшенную вентиляцию, бесконтактные технологии и гибкую планировку, что обусловлено необходимостью создания более безопасных и адаптируемых пространств.

- Технология «цифрового двойника» позволяет осуществлять мониторинг и оптимизацию строительных систем в режиме реального времени, что отражает переход к более интеллектуальной инфраструктуре.

- Массовое деревянное строительство подчеркивает экологичность и эстетичность, предлагая низкоуглеродистую альтернативу традиционным материалам.

- Здания с нулевым потреблением энергии демонстрируют интеграцию возобновляемых источников энергии и эффективных систем, позволяющих сбалансировать потребление и производство энергии.

- 3D-печать в строительстве позволяет быстро создавать прототипы и сложные проекты, расширяя границы архитектурных возможностей.

- «Зеленая» и «голубая» инфраструктура объединяет природные элементы для повышения устойчивости, управления ливневыми водами и охлаждения городов.

Эти тенденции в совокупности способствуют созданию более устойчивых общественных зданий. Появление комбинированных проектов,

---

таких как «умные», экологичные здания с интегрированной зеленой инфраструктурой, обусловлено сочетанием технологических достижений и экологических требований. Эти методы вносят значительный вклад, приводя к снижению воздействия на окружающую среду, повышению энергоэффективности и оздоровлению городской среды. Поскольку архитектура продолжает развиваться, эти тенденции закладывают основу для будущего, в котором общественные здания будут не только функциональными, но и гармонично интегрированными с окружающей средой и отвечающими потребностям своих пользователей.

### Литература

1. Криц А.В., Газизов Т.Х. Проектирование multifunctional жилого здания в рамках комфортной среды обитания в условиях пандемии // Инновации и инвестиции. 2021. №2. С.163-166.
2. Ключевская О.А., Рагозина Н.А. Роль социального проектирования в вопросах оздоровления в условиях пандемии COVID-19 // Медицина: теория и практика. 2022. Том 7, №4. С.92.
3. University of Colorado Hospital. URL: [wikipedia.org/wiki/University\\_of\\_Colorado\\_Hospital](https://wikipedia.org/wiki/University_of_Colorado_Hospital)
4. Google Bay View / BIG + Heatherwick Studio. URL: [archdaily.com/985328/google-bay-view-big-plus-heatherwick-studio](https://archdaily.com/985328/google-bay-view-big-plus-heatherwick-studio).
5. The New York Times Building by Renzo Piano: Inspired by the culture of transparency. URL: [re-thinkingthefuture.com/case-studies/a4435-the-new-york-times-building-by-renzo-piano-inspired-by-the-culture-of-transparency](https://re-thinkingthefuture.com/case-studies/a4435-the-new-york-times-building-by-renzo-piano-inspired-by-the-culture-of-transparency).
6. Здор Н.С. Цифровые методы при архитектурно-экологической реновации зданий под общественную функцию // Архитектон: известия вузов. 2024. №1(85). URL: [archvuz.ru/2024\\_1/2](https://archvuz.ru/2024_1/2).

7. Офис завтрашнего дня. URL: [archi.ru/world/70121/ofis-zavtrashnego-dnya](http://archi.ru/world/70121/ofis-zavtrashnego-dnya).
  8. Shanghai Tower. URL: [en.wikipedia.org/wiki/Shanghai\\_Tower](http://en.wikipedia.org/wiki/Shanghai_Tower).
  9. Sydney Opera House. URL: [en.wikipedia.org/wiki/Sydney\\_Opera\\_House](http://en.wikipedia.org/wiki/Sydney_Opera_House).
  10. Cross-laminated timber. URL: [en.wikipedia.org/wiki/Cross-laminated\\_timber](http://en.wikipedia.org/wiki/Cross-laminated_timber).
  11. Inside Vancouver's Brock Commons, the World's Tallest Mass Timber Building. URL: [archdaily.com/879625/inside-vancouvers-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building](http://archdaily.com/879625/inside-vancouvers-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building).
  12. Mjøstårnet The Tower of Lake Mjøsa / Voll Arkitekter. URL: [archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter](http://archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter).
  13. T3 / Michael Green Architecture + DLR Group. URL: [archdaily.com/802831/t3-michael-green-architecture](http://archdaily.com/802831/t3-michael-green-architecture).
  14. Аствацатуров Г.Г. Энергосбережение в строительстве // Научный журнал молодых ученых. 2020. С.51-54.
  15. Мейрембаев А.С. Архитектурные и инженерные решения для высотных жилых зданий с практически нулевым энергетическим балансом // Вестник науки и образования. 2019. № 20(74). Часть 4. С.41-43.
  16. Иконописцева О.Г. Эко-дизайн энергоэффективной архитектуры. Анализ основных направлений и тенденций высотного строительства // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. 2018. Том. 20. №1. С. 41-51.
  17. Net-Zero Discovery Elementary School in Arlington, VA Raises the Bar for Energy Efficiency. URL: [greenschoolsnationalnetwork.org/net-zero-discovery-elementary-school-in-arlington-va-raises-the-bar-for-energy-efficiency](http://greenschoolsnationalnetwork.org/net-zero-discovery-elementary-school-in-arlington-va-raises-the-bar-for-energy-efficiency).
-

18. David and Lucile Packard Foundation Headquarters. URL: [en.wikipedia.org/wiki/David\\_and\\_Lucile\\_Packard\\_Foundation\\_Headquarters](https://en.wikipedia.org/wiki/David_and_Lucile_Packard_Foundation_Headquarters).

19. Hawai'i Preparatory Academy. URL: [hpa.edu](https://hpa.edu).

20. Касулу Качана. Преимущества аддитивного производства (3d-печать) в архитектуре // Инновации и инвестиции. 2021. № 4. С. 259-263.

21. Joris Laarman's 3D-printed stainless steel bridge finally opens in Amsterdam. URL: [dezeen.com/2021/07/19/mx3d-3d-printed-bridge-stainless-steel-amsterdam](https://dezeen.com/2021/07/19/mx3d-3d-printed-bridge-stainless-steel-amsterdam).

22. ICON Completes 3D-Printed Houses In Austin. URL: [archdaily.com/967762/icon-completes-3d-printed-houses-in-austin](https://archdaily.com/967762/icon-completes-3d-printed-houses-in-austin).

23. Tecla - итальянский проект по созданию устойчивой среды обитания с помощью 3d-печати. URL: [3dpulse.ru/news/stroitelstvo/tecla---italyanskii-proekt-po-sozdaniyu-ustoichivoi-sredy-obitaniya-s-pomoschyu-3d-pechati](https://3dpulse.ru/news/stroitelstvo/tecla---italyanskii-proekt-po-sozdaniyu-ustoichivoi-sredy-obitaniya-s-pomoschyu-3d-pechati).

24. Горгорова Ю.В. Архитектурно-ландшафтное формирование зданий с эксплуатируемой озелененной кровлей // Инженерный вестник Дона. 2019. №8. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6134](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6134).

25. Сафина Г.И., Мингазова Р.А., Мубаракшина Ф.Д. Московский фестиваль «Экотектура» - экологический проектный семинар для архитекторов России // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2013. №1 (23). С. 282-291.

26. High Line. URL: [en.wikipedia.org/wiki/High\\_Line](https://en.wikipedia.org/wiki/High_Line).

27. Potsdamer Platz. URL: [en.wikipedia.org/wiki/Potsdamer\\_Platz](https://en.wikipedia.org/wiki/Potsdamer_Platz).

28. Nanyang Technological University. URL: [en.wikipedia.org/wiki/Nanyang\\_Technological\\_University](https://en.wikipedia.org/wiki/Nanyang_Technological_University).

29. Urban regeneration, street patterns and network of public spaces in King's Cross, London, UK. URL: [neighbourhoodguidelines.org/urban-regeneration-kings-cross](https://neighbourhoodguidelines.org/urban-regeneration-kings-cross).

---

## References

1. Kric A.V., Gazizov T.H. Innovacii i investicii. 2021. №2. pp.163-166.
  2. Klyuchevskaya O.A., Ragozina N.A. Medicina: teoriya i praktika. 2022. Tom 7, №4. p.92.
  3. University of Colorado Hospital. URL: [wikipedia.org/wiki/University\\_of\\_Colorado\\_Hospital](https://wikipedia.org/wiki/University_of_Colorado_Hospital)
  4. Google Bay View / BIG + Heatherwick Studio. URL: [archdaily.com/985328/google-bay-view-big-plus-heatherwick-studio](https://archdaily.com/985328/google-bay-view-big-plus-heatherwick-studio).
  5. The New York Times Building by Renzo Piano: Inspired by the culture of transparency. URL: [re-thinkingthefuture.com/case-studies/a4435-the-new-york-times-building-by-renzo-piano-inspired-by-the-culture-of-transparency](https://re-thinkingthefuture.com/case-studies/a4435-the-new-york-times-building-by-renzo-piano-inspired-by-the-culture-of-transparency).
  6. Zdor N.S. Arhitekton: izvestiya vuzov. 2024. №1(85). URL: [archvuz.ru/2024\\_1/2](https://archvuz.ru/2024_1/2).
  7. Ofis zavtrashnego dnja. [The office of tomorrow]. URL: [archi.ru/world/70121/ofis-zavtrashnego-dnja](https://archi.ru/world/70121/ofis-zavtrashnego-dnja).
  8. Shanghai Tower. URL: [en.wikipedia.org/wiki/Shanghai\\_Tower](https://en.wikipedia.org/wiki/Shanghai_Tower).
  9. Sydney Opera House. URL: [en.wikipedia.org/wiki/Sydney\\_Opera\\_House](https://en.wikipedia.org/wiki/Sydney_Opera_House).
  10. Cross-laminated timber. URL: [en.wikipedia.org/wiki/Cross-laminated\\_timber](https://en.wikipedia.org/wiki/Cross-laminated_timber).
  11. Inside Vancouver's Brock Commons, the World's Tallest Mass Timber Building. URL: [archdaily.com/879625/inside-vancouvers-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building](https://archdaily.com/879625/inside-vancouvers-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building).
  12. Mjøstårnet The Tower of Lake Mjøsa / Voll Arkitekter. URL: [archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter](https://archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter).
  13. T3 / Michael Green Architecture + DLR Group. URL: [archdaily.com/802831/t3-michael-green-architecture](https://archdaily.com/802831/t3-michael-green-architecture).
-

14. Astvacaturov G.G. Nauchnyj zhurnal molodyh uchenykh. 2020. pp.51-54.
  15. Mejrembaev A.S. Vestnik nauki i obrazovaniya. 2019. № 20(74). CHast' 4. pp.41-43.
  16. Ikonopisceva O.G. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. Social'nye, gumanitarnye, mediko-biologicheskie nauki. 2018. Tom. 20. №1. pp. 41-51.
  17. Net-Zero Discovery Elementary School in Arlington, VA Raises the Bar for Energy Efficiency. URL: [greenschoolsnationalnetwork.org/net-zero-discovery-elementary-school-in-arlington-va-raises-the-bar-for-energy-efficiency](https://greenschoolsnationalnetwork.org/net-zero-discovery-elementary-school-in-arlington-va-raises-the-bar-for-energy-efficiency).
  18. David and Lucile Packard Foundation Headquarters. URL: [en.wikipedia.org/wiki/David\\_and\\_Lucile\\_Packard\\_Foundation\\_Headquarters](https://en.wikipedia.org/wiki/David_and_Lucile_Packard_Foundation_Headquarters).
  19. Hawai'i Preparatory Academy. URL: [hpa.edu](https://hpa.edu).
  20. Kasulu Kachana. Innovacii i investicii. 2021. № 4. pp. 259-263.
  21. Joris Laarman's 3D-printed stainless steel bridge finally opens in Amsterdam. URL: [dezeen.com/2021/07/19/mx3d-3d-printed-bridge-stainless-steel-amsterdam](https://dezeen.com/2021/07/19/mx3d-3d-printed-bridge-stainless-steel-amsterdam).
  22. ICON Completes 3D-Printed Houses In Austin. URL: [archdaily.com/967762/icon-completes-3d-printed-houses-in-austin](https://archdaily.com/967762/icon-completes-3d-printed-houses-in-austin).
  23. Tecla - ital'yanskij proekt po sozdaniyu ustojchivoj sredy obitaniya s pomoshch'yu 3d-pechati. [Tecla is an Italian project to create sustainable habitats through 3d printing]. URL: [3dpulse.ru/news/stroitelstvo/tecla---italyanskii-proekt-po-sozdaniyu-ustoichivoi-sredy-obitaniya-s-pomoschyu-3d-pechati](https://3dpulse.ru/news/stroitelstvo/tecla---italyanskii-proekt-po-sozdaniyu-ustoichivoi-sredy-obitaniya-s-pomoschyu-3d-pechati).
  24. Gorgorova YU.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2019. №8. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6134](https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N8y2019/6134).
  25. Safina G.I., Mingazova R.A., Mubarakshina F.D. Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2013. №1 (23). pp. 282-291.
  26. High Line. URL: [en.wikipedia.org/wiki/High\\_Line](https://en.wikipedia.org/wiki/High_Line).
-



27. Potsdamer Platz. URL: [en.wikipedia.org/wiki/Potsdamer\\_Platz](https://en.wikipedia.org/wiki/Potsdamer_Platz).

28. Nanyang Technological University. URL: [en.wikipedia.org/wiki/Nanyang\\_Technological\\_University](https://en.wikipedia.org/wiki/Nanyang_Technological_University).

29. Urban regeneration, street patterns and network of public spaces in King's Cross, London, UK. URL: [neighbourhoodguidelines.org/urban-regeneration-kings-cross](https://neighbourhoodguidelines.org/urban-regeneration-kings-cross).

**Дата поступления: 20.06.2024**

**Дата публикации: 28.07.2024**