

Урбанистика и городские системы <https://ugsjournal.ru>

Urban Studies and Urban Systems

2024, Том 1, № 2 / 2024, Vol. 1, Iss. 2 <https://ugsjournal.ru/issue-2-2024.html>

URL статьи: <https://ugsjournal.ru/PDF/04SAUG224.pdf>

2.1.12. Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности (архитектура)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Хашими, С. В. Трансформация архитектуры школьных зданий под влиянием современных технологий / С. В. Хашими, Д. С. Чайко // Урбанистика и городские системы. — 2024. — Т. 1. — № 2. — URL: <https://ugsjournal.ru/PDF/04SAUG224.pdf>.

For citation:

Hashimi S.W., Chaiko D.S. Transformation of school building architecture under the influence of modern technologies. *Urban Studies and Urban Systems*. 2024;1(2): 04SAUG224. Available at: <https://ugsjournal.ru/PDF/04SAUG224.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 727.1

Хашими Сайед Вахидулла

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Москва, Россия

Аспирант

E-mail: s.wahidullah1@gmail.com

Научный руководитель: **Чайко Дмитрий Сергеевич**

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», Москва, Россия

Старший преподаватель

Кандидат архитектуры

Доцент

E-mail: chayko_ds@pfur.ru

Трансформация архитектуры школьных зданий под влиянием современных технологий

Аннотация. Архитектура образовательных учреждений претерпевает глубокую метаморфозу, движимая ускоряющейся интеграцией цифровых технологий и эволюцией педагогических моделей. В данной статье исследуется комплексная трансформация проектирования школьных зданий, переход от традиционной, статичной модели классной комнаты к динамичным, адаптивным и устойчивым образовательным экосистемам. Анализируется синергетическая роль ключевых технологических драйверов включая информационное моделирование зданий (BIM), Интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ) и виртуальную/дополненную реальность (VR/AR) в преобразовании пространственного планирования, эксплуатационных характеристик зданий и самого образовательного опыта. Обсуждение структурировано вокруг следующих сдвигов, переход к гибким, многофункциональным пространствам, создание интегрированных цифровое-физических сред, приоритет благополучия и устойчивого развития через основанный на данных дизайн, укрепление связей между школой и сообществом. Опираясь на современные кейсы и тенденции в проектировании, статья утверждает, что технология является не просто дополнением, а фундаментальным драйвером новой архитектурной парадигмы для образования. Эта парадигма создает адаптивные, ориентированные на здоровье и готовые к будущему среды, которые активно поддерживают разнообразные форматы обучения и готовят учащихся к жизни в усложняющемся мире.

Ключевые слова: школьная архитектура; образовательная среда; интеграция технологий; BIM (Информационное моделирование зданий); IoT (Интернет вещей); трансформация; проектирование школ; современность; моделирование; гибкость

Введение

Школьное здание, долгое время бывшее символом стандартизированной передачи знаний, радикально переосмысливается. Конвергенция передовых цифровых технологий и прогрессивных образовательных теорий вынуждает к фундаментальному перепроектированию физических пространств, где происходит обучение. Эта трансформация знаменует отход от индустриальной модели идентичных классов, коридоров с двусторонним расположением помещений и центрального актового зала к более органичному, отзывчивому и сложному архитектурному организму. Движущие силы многообразны, педагогические сдвиги в сторону совместного, проектного и персонализированного обучения требуют пространственной гибкости; повышенное внимание к психическому здоровью и благополучию учащихся, требует сред, снижающих стресс и вдохновляющих; а настоятельная необходимость борьбы с изменением климата диктует создание зданий с высочайшей энергоэффективностью и устойчивостью [1].

Центральное место в этой эволюции занимает стратегическое внедрение современных технологий. Это выходит далеко за рамки простой установки интерактивных досок или Wi-Fi. Сегодня технологии глубоко встроены в архитектурный процесс и операционную ДНК здания. Такие инструменты, как BIM позволяют создавать сложные цифровые двойники школьных зданий еще до начала строительства, что позволяет оптимизировать все, от структурной эффективности до акустических характеристик и проникновения естественного света. В течение жизненного цикла здания сети датчиков IoT превращают статичные конструкции в умные здания, которые могут отслеживать заполняемость, корректировать микроклимат и освещение в реальном времени, а также прогнозировать потребности в техническом обслуживании, тем самым повышая комфорт, снижая эксплуатационные расходы и минимизируя воздействие на окружающую среду. Более того такие технологии, как VR/AR, растворяют границы между физическими и цифровыми образовательными ландшафтами, позволяя проводить иммерсивные симуляции и исследовать дизайн в рамках школьной среды [2]. В этой статье будет рассмотрена эта комплексная трансформация, изучено как современные технологии меняют не только внешний вид школ, но, что более важно, то, как они функционируют, работают и ощущаются их пользователями.

Методы и материалы

Данный анализ использует качественный многометодный подход для исследования трансформации школьной архитектуры под влиянием технологий. Основная методология – это всесторонний обзор литературы и тенденций, синтезирующий идеи из публикаций архитектурных бюро, образовательных исследований и отраслевых анализов, опубликованных в период с 2020 по 2025 год. Этот обзор дополнен анализом архитектурных кейсов, изучающим конкретные школьные проекты и демонстрируемые такими бюро как IKM Architecture, которые служат примером интеграции технологий и новых принципов проектирования.

Технологические рамки и модели интервенций, выявленные в глобальных исследованиях, дизайн образования используются в качестве линзы для категоризации и понимания применения технологий, таких как ИИ, VR/AR и BIM, в архитектурном контексте. Кроме того, анализ интегрирует выводы прикладных исследований по интеграции технологий в педагогику которые информируют о пространственных требованиях для современного

обучения. Синтез этих материалов, охватывающий практические тенденции проектирования теоретические модели и конкретные примеры позволяет провести целостное исследование технологических драйверов архитектурных результатов и возникающих проблем при создании современных образовательных пространств.

Результаты и обсуждение

1. От статичных помещений к динамичным, технологически насыщенным образовательным ландшафтам: - наиболее видимая архитектурная трансформация — это отход от стандартизированных классов к разнообразной экосистеме пространств, предназначенных для конкретных и адаптируемых функций. Этот сдвиг является прямым ответом на педагогические модели, ценящие коллаборацию, креативность и дифференцированное обучение.

Многофункциональность и гибкие пространства: Коридоры эволюционируют из простых транзитных артерий в учебные улицы и социальные хабы. Учебные лестницы (learning stairs) открытые ступенчатые лестницы со встроенными сиденьями иллюстрируют этот тренд создавая камерные амфитеатры для спонтанных презентаций, групповой работы или индивидуальной учебы, тем самым увеличивая полезную площадь и укрепляя сообщество [3]. Аналогично, современные медиацентры избавились от своей тихой, книгоцентричной идентичности превратившись в яркие насыщенные технологиями инновационные зоны. Эти пространства сочетают цифровые инструменты для исследований, мебель для совместной работы, мастерские (maker spaces) с 3D-принтерами и тихие зоны, напрямую поддерживая проектное обучение.

Специализированные объекты и центры профессионально-технического образования (СТЕ): растет акцент на выделенных пространствах для практического технического обучения. Школы интегрируют специализированные лаборатории для инженерии, здравоохранения, цифрового искусства и профессиональных навыков, таких как автомобильное дело и строительство. Эти объекты часто оснащены оборудованием промышленного уровня, гибкими инженерными сетями и надежной цифровой инфраструктурой, такой как студии CAD/CAM и учебные кухни, стирая грань между школой и профессиональной средой (табл. 1).

Таблица 1

Трансформация школьных пространств через технологии

Традиционное пространство	Преобразованное, технологически насыщенное пространство	Технология и архитектура
Стандартный класс (ряды парт)	Гибкая учебная студия	Подвижные перегородки/мебель, повсеместное питание/Wi-Fi, несколько поверхностей для отображения информации, акустическое поглощение.
Тихая библиотека	Инновационный медиахаб	Цифровые ресурсные центры, инструменты для мастерских (3D-принтеры), ПО для совместной работы, модульная мебель.
Однофункциональная лестница	Учебная лестница / Социальный хаб	Ступенчатые сиденья, встроенные розетки, технология беспроводной презентации, центральное расположение.
Профессионально-техническая мастерская	Интегрированная лаборатория СТЕ	Оборудование соответствующее отраслевым стандартам (ЧПУ, сварка), машины с поддержкой IoT, VR-симуляторы, инструменты цифрового управления проектами.

Составлено автором

Биофильный и терапевтический дизайн (Trauma-Informed Design): Технологии также поддерживают дизайн, способствующий благополучию. Биофильный дизайн, включающий естественный свет, вентиляцию, натуральные материалы и их виды, все чаще связывают с улучшением концентрации учащихся и снижением стресса [4]. Это дополняется принципами терапевтического дизайна, которые создают зоны перезагрузки, тихие уголки со спокойными цветами и мягкой мебелью чтобы помочь учащимся справляться с тревогой. Здесь технологии помогают за счет современных стеклопакетов, максимизирующих дневной свет при контроле теплопритоков, и сложных систем ОВиК, обеспечивающих превосходное качество воздуха в помещении, часто отслеживаемое датчиками IoT.

2. Интегрированная цифровая экосистема: BIM, IoT и основа умного здания
Интеллект современной школы вплетен в ее структуру через интегрированную цифровую экосистему. Эта экосистема начинается на этапе проектирования и продолжается на протяжении всего жизненного цикла здания.

- Информационное моделирование зданий (BIM) как фундаментальный инструмент: BIM это нечто большее чем 3D-моделирование, это совместный процесс и богатое хранилище данных. Для школ BIM позволяет архитекторам, инженерам и заинтересованным сторонам визуализировать и симулировать эксплуатационные характеристики здания до начала строительства. Это включает анализ энергоэффективности, инсоляции, акустики и структурной целостности, что приводит к оптимизированным проектам, которые дешевле в эксплуатации и более способствуют обучению. Как отмечается в отраслевых анализах, BIM эволюционирует, включая моделирование ресурсов (RIM), что позволяет отслеживать углеродный след материалов и поддерживает принципы циркулярной экономики в строительстве.

Интернет вещей (IoT) и операционная аналитика: после постройки школы превращаются в умные среды благодаря IoT. Сеть беспроводных датчиков в реальном времени отслеживает температуру, влажность, заполняемость, уровень CO2 и освещенность. Эти данные поступают в систему управления зданием (BMS) или облачную платформу, которая может автоматически регулировать ОВиК, освещение и солнцезащиту. Преимущества существенны, потребление энергии может быть сокращено на 35–40% за счет оптимизированных систем, в то время как прогнозное обслуживание предупреждает персонал о проблемах до их возникновения. Например, датчики могут обнаружить аномальную вибрацию в насосном двигателе позволяя произвести ремонт в период низкой заполняемости вместо аварийного простоя во время школьных занятий.

Цифровые двойники и расширенная аналитика: Конвергенция BIM и IoT порождает (цифрового двойника) живущую, виртуальную копию физического здания, обновляющуюся с операционными данными в реальном времени. Школьная администрация может использовать этого двойника для запуска сценариев, таких как тестирование влияния новой планировки класса на воздушный поток или моделирование процедур эвакуации. В сочетании с ИИ и анализом больших данных эти системы могут выявлять модели использования, дополнительно уточнять настройки энергосистем и предоставлять глубокие инсайты о том, как пространства фактически используются, что информирует будущие проектные и операционные решения [5].

3. Устойчивость, устойчивость к изменениям (Resilience) и связь с сообществом
Современные технологии критически важны для того, чтобы школьная архитектура соответствовала высоким стандартам экологической ответственности и интеграции с сообществом.

- Устойчивое развитие на основе данных: Стремление к углеродной нейтральности усиливается технологиями. BIM позволяет с самого начала применять пассивные стратегии проектирования (например, оптимальная ориентация здания, схемы

естественной вентиляции). Системы IoT предоставляют детальные данные, необходимые для минимизации активного энергопотребления. Реальные кейсы такие как школы (Средние школы Бергнойштадта) в Германии использующие ИИ для управления зданиями, продемонстрировали экономию затрат на энергию в 20–30%. Более того, исследуются такие технологии, как блокчейн для повышения отслеживаемости устойчивых строительных материалов.

- Адаптивное перепрофилирование и культурная чувствительность: Технологии способствуют устойчивой практике адаптивного повторного использования существующих структур. Лазерное сканирование (LiDAR) может быстро создавать точные 3D-модели исторических зданий, позволяя архитекторам проектировать деликатные интервенции, которые сохраняют культурное наследие, одновременно повышая эксплуатационные характеристики.

Школа как центр сообщества: Дизайн школ все больше направлен на укрепление связей с сообществом. Центры исполнительских искусств с передовой акустикой и технологиями служат культурными площадками для публики. Безопасные, но гостеприимные входы, общественные сады (иногда контролируемые с помощью датчиков IoT) и общие спортивные объекты расширяют роль школы за рамки учебного времени [6; 7]. Эта модель обучения на основе сообщества подкрепляется архитектурой, которая является прозрачной, доступной и многофункциональной, поддерживаемой технологиями, позволяющими обеспечивать безопасный доступ в определенные зоны в нерабочее время¹.

Выводы

Архитектура школьных зданий переживает ренессанс, фундаментально оркеструемый современными технологиями². Эта трансформация не только эстетическая, но глубоко функциональная и опытная. Как показал анализ, такие технологии, как BIM, IoT, ИИ и VR/AR, неотъемлемы для создания адаптивных образовательных сред, поддерживающих разнообразные педагогики; для установления интеллектуальных строительных систем, оптимизирующих производительность, комфорт и устойчивость, и для развития устойчивых активов сообщества, расширяющих образование за пределы классной комнаты [8].

Роль архитектора, как следствие, эволюционировала от дизайнера инертных форм до синтезатора сложных, основанных на данных системах, позволяющих балансировать между: образовательным видением, благополучием человека, технологической инфраструктурой и экологической ответственностью. Будущее направление указывает на еще более глубокую интеграцию, ИИ вероятно перейдет от операционной оптимизации к созидательному дизайн-ассистентству иммерсивной среды, подобные метавселенные, могут стать стандартными инструментами как для проектирования, так и для обучения, а циркулярная экономика будет укреплена технологиями, отслеживающими и управляющими каждым материальным компонентом школы на протяжении всего ее жизненного цикла.

Окончательный вывод заключается в том, что в XXI веке наиболее эффективные и вдохновляющие школьные здания будут такими, которые задуманы как взаимосвязанные физико-цифровые экосистемы. В этих экосистемах архитектурное пространство и технологии

¹ Wattsense. IoT в умных зданиях: преимущества, варианты использования и рекомендации. 2023. – URL: <https://www.wattsense.com/blog/building-management/iot-in-smart-buildings-benefits-use-cases-and-tips/>

² Constructing a Sustainable Future. Умные здания и цифровые инновации в строительстве. 2023. – URL: <https://www.constructing-sustainable-future.com/en/digital-innovations-intelligence-in-the-service-of-the-climate-challenge/>

внутри него, являются неразделимыми партнерами в миссии образования будущих поколений, доказывая, что самая умная школа это не та, в которой больше всего устройств, а та, чей дизайн интеллектуально поддерживает человеческую деятельность обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shi Y. Understanding design collaboration between designers and artificial intelligence: A systematic literature review / Y. Shi et al. // Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction / ed. J. Nichols. — Association for Computing Machinery, 2023. — С. 1–35. — DOI: <https://doi.org/10.1145/3610217>
2. Santi G.M. Augmented reality in industry 4.0 and future innovation programs / G.M. Santi et al. — DOI: <https://doi.org/10.3390/technologies9020033> // Technologies. — 2021. — Т. 9, № 2. — С. 1–18.
3. Иванова Н.В. Современные тенденции и перспективы развития архитектуры школьных зданий / Н.В. Иванова, И.В. Шевчук, В.В. Логунова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. — 2021. — № 2(83). — С. 156-165. — EDN XMAJWQ..
4. Хашими С. Принципы формирования архитектуры школьных зданий нового поколения / С. Хашими — DOI: <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-1-47-56> // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2026. — Т. 28, № 1. — С. 47-56.
5. Magalong Cr. Technology Integration in Design Thinking School: A Case Study of One 3rd Grade Teacher / Cr. Magalong // California State University, San Marcos. — 2022. — С. 1-27. — URL: <http://hdl.handle.net/20.500.12680/bn999d56q>.
6. Аннагелдиев Б. Влияние технологий на архитектурное творчество / Б. Аннагелдиев, Г. Гылычдурдыева, А. Акмухаммедов // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ». — 2024. — № 10(79). — Т. 3. — С. 982–983. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tehnologiy-na-arhitekturnoe-tvorchestvo/viewer>.
7. Овезова Г.С. Роль технологий в современном образовании: вызовы и возможности / Г.С. Овезова // Инновационная наука — 2024. — № 3(2). — С. 207–209. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-tehnologiy-v-sovremennom-obrazovanii-vyzovy-i-vozmozhnosti/viewer>.
8. Чечель И.П. Современные условия проектирования и компоненты архитектурной концепции общеобразовательных школ / И.П. Чечель // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2021. — № 7. — С. 73-77. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-usloviya-proektirovaniya-i-komponenty-arhitekturnoy-kontseptsii-obshchegoobrazovatelnykh-shkol/viewer>

Hashimi Sayed Wahidullah

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia
E-mail: s.wahidullah1@gmail.com

Chaiko Dmitry Sergeevich

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russia
E-mail: chayko_ds@pfur.ru

Transformation of school building architecture under the influence of modern technologies

Abstract. The architecture of educational institutions is undergoing a profound metamorphosis, driven by the accelerating integration of digital technologies and the evolution of pedagogical models. This article explores the comprehensive transformation in the design of school buildings—the shift from the traditional, static classroom model to dynamic, adaptive, and sustainable educational ecosystems. It analyzes the synergistic role of key technological drivers, including Building Information Modeling (BIM), the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), and Virtual/Augmented Reality (VR/AR), in reshaping spatial planning, building performance, and educational experience itself.

The discussion is structured around the following shifts: the transition to flexible, multifunctional spaces; the creation of integrated digital-physical environments; the prioritization of well-being and sustainability through data-driven design; and the strengthening of connections between school and community. Drawing on contemporary case studies and design trends, the article argues that technology is not merely an add-on but a fundamental driver of a new architectural paradigm for education. This paradigm fosters adaptive, health-oriented, and future-ready environments that actively support diverse learning formats and prepare students for life in an increasingly complex world.

Keywords: school architecture; learning environment; technology integration; BIM (Building Information Modeling); IoT (Internet of Things); transformation; school design; modernity; modeling; flexibility