Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal https://esj.today

2025, Том 17, № 2 / 2025, Vol. 17, Iss. 2 https://esj.today/issue-2-2025.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/74SAVN225.pdf

2.1.7. Технология и организация строительства (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Талалай, Е. А. Анализ применения технологий расширенной реальности в строительной отрасли / Е. А. Талалай, А. Д. Кужепикшева, А. Н. Маринин, Н. Л. Бреус // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 2. — URL: https://esj.today/PDF/74SAVN225.pdf.

For citation:
Talalay E.A., Kuzhepiksheva A.D., Marinin A.N., Breus N.L. Analysis of the application of augmented reality technologies in the construction industry. *The Eurasian Scientific Journal*. 2025;17(2): 74SAVN225. Available at: https://esj.today/PDF/74SAVN225.pdf. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 69.05

Талалай Евгения Александровна
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
E-mail: talalay2001@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-2568-6140

Кужепикшева Анна Дмитриевна
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
E-mail: kyzhik.anna@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-3817-0125

Маринин Александр Николаевич
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
ФГБОУ ВО «Краснодарский государственный технологический университет», Краснодар, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: a-marinin@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1848-730X
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=625628

Бреус Наталья Леонидовна
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Исполняющая обязанности заведующего кафедрой АО «Мостострой-11»
Кандидат экономических наук, доцент
E-mail: Breus08@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-4093-9085

Анализ применения технологий расширенной реальности в строительной отрасли

Аннотация. Технологии расширенной реальности (дополненная и виртуальная реальность) обладают значительным потенциалом для трансформации строительной отрасли, однако их внедрение сталкивается с рядом нерешенных проблем. Существующие исследования фрагментарны и не охватывают комплексного влияния дополненной/виртуальной реальности на все этапы строительного процесса, а также недостаточно учитывают организационные и технологические барьеры. Цель работы — систематизировать актуальные данные о применении расширенной реальности в строительстве, выявить ключевые преимущества, ограничения и перспективы развития технологий.

В исследовании проведен анализ научных публикаций за последние десять лет из баз Scopus, eLibrary, ResearchGate, Web of Science и Google Scholar с использованием ключевых запросов, связанных с расширенной реальностью в строительстве. Рассмотрены основные направления применения технологий: визуализация BIM (англ. Building Information Model), контроль качества, навигация на стройплощадках, обучение персонала и мониторинг прогресса. Установлено, что расширенная реальность повышает эффективность процессов, снижает затраты и улучшает безопасность, однако их внедрению препятствуют высокая стоимость, технические ограничения и сопротивление персонала.

Практическая значимость работы заключается в формировании рекомендаций для строительных компаний по преодолению барьеров внедрения расширенной реальности. Перспективными направлениями развития признаны интеграция с BIM, облачные платформы, носимые устройства и применение искусственного интеллекта. Результаты исследования способствуют углублению понимания роли расширенной реальности в строительстве и могут служить основой для дальнейших научных и прикладных разработок.

Ключевые слова: расширенная реальность; виртуальная реальность; дополненная реальность; строительство; обучение; проектирование; инновационные технологии

Введение

В последние десятилетия технологии стремительно развиваются, и одна из наиболее значительных инноваций, оказавших влияние на различные сферы человеческой деятельности, — расширенная реальность. Она включает в себя виртуальную и дополненную реальность.

Дополненная реальность (AR, Augmented Reality) представляет собой технологическую инновацию, позволяющую интегрировать цифровые компоненты, включая изображения, текстовые данные и анимации, в реальное окружение пользователя в режиме реального времени. Данная технология использует сенсоры и камеры мобильных устройств для анализа физического пространства и наложения виртуальных объектов на него, что создает иллюзию взаимодействия между реальным и цифровым мирами. AR находит широкое применение в различных сферах, таких как образование, медицина, маркетинг и развлечения, что свидетельствует о ее многофункциональности и потенциале.

Виртуальная реальность (VR, Virtual Reality) представляет собой технологию, создающую полностью искусственную среду, в которую пользователь может погрузиться с помощью специализированных устройств, таких как VR-гарнитуры и контроллеры. VR обеспечивает полное погружение в трехмерное пространство, позволяя пользователям взаимодействовать с виртуальными объектами и сценами так, как если бы они находились в них физически. Эта технология находит применение в игровых индустриях, симуляциях, образовательных программах и терапевтических процедурах, открывая уникальные возможности для исследования и взаимодействия с контентом.

Технологии расширенной реальности становятся более актуальными в различных отраслях, включая строительство. Динамичное развитие технологий AR/VR и растущий интерес к их внедрению в строительную отрасль создают потребность в регулярной оценке текущего состояния, выявлении новых тенденций и перспектив, а также в углубленном анализе накопившегося опыта.

Недавние публикации в данной области подчеркивают разнообразие применения AR/VR в строительстве. В современных работах [1–3] рассматриваются современные приложения AR/VR для управления строительными проектами, включая мониторинг прогресса и управление качеством. В другом исследовании [4; 5] акцентируется внимание на потенциале

AR/VR для улучшения коммуникации между участниками строительного процесса. В частности, обзорные исследования показывают, что AR/VR может повысить эффективность визуализации проектов, улучшить обучение работников и снизить количество ошибок на строительных площадках [6; 7].

Однако, несмотря на значительное количество исследований, существует ряд пробелов и недостатков в существующих обзорных статьях.

Во-первых, многие из них сосредоточены на отдельных аспектах применения AR/VR, таких как обучение или проектирование, но не рассматривают интегрированный подход к использованию технологий в строительной отрасли. Это приводит к недостаточному пониманию комплексного влияния AR/VR на все стадии строительного процесса — от проектирования до эксплуатации объектов.

Во-вторых, исследования часто ограничиваются анализом только успешных кейсов внедрения AR/VR, в то время как менее успешные примеры остаются вне поля зрения. Это создает искаженную картину реальности и может затруднить принятие решений для компаний, рассматривающих возможность внедрения новых технологий.

Кроме того, существующие обзоры не всегда учитывают культурные и организационные барьеры, которые могут препятствовать внедрению AR/VR в строительстве, ведь даже самые передовые технологии могут столкнуться с сопротивлением со стороны работников и руководства компаний. Важно учитывать не только технические аспекты, но и человеческий фактор, который играет ключевую роль в успешности внедрения новых технологий.

Таким образом, целесообразность проведения нового обзора по теме применения технологий расширенной реальности в строительной отрасли обусловлена необходимостью систематизировать существующие знания, выявить пробелы в текущих исследованиях и предложить рекомендации по эффективному внедрению AR/VR в строительные процессы. В данной статье будет представлен всесторонний анализ текущего состояния применения AR/VR в строительстве с акцентом на успешные практики, проблемы внедрения и перспективы развития технологий. Это позволит не только обобщить существующий опыт, но и внести вклад в развитие научного понимания роли AR/VR в строительной отрасли.

Методы поиска литературы

Для проведения анализа и поиска актуальных публикаций были использованы обширные базы данных, такие как Scopus, eLibrary, ResearchGate, Web of Science и Google Scholar. В процессе исследования были сформулированы целенаправленные поисковые запросы и ключевые слова, отражающие современные тренды в области применения технологий дополненной и виртуальной реальности в строительстве: «расширенная реальность в строительстве», «AR/VR технологии в проектировании», «AR/VR в обучении строительных работников», а также «управление строительными проектами с помощью AR/VR». Также были использованы международные термины, такие как: «Augmented Reality Construction», «AR/VR in Construction Industry», «Applications of Augmented Reality in Construction», «Benefits of AR/VR in Construction», «Challenges of AR/VR in Construction», «BIM and Augmented Reality Construction» и «Mobile AR/VR for Construction».

В результате отбора были выбраны статьи, опубликованные за последние пятнадцать лет, что позволило глубже понять актуальные тенденции и проблемы, стоящие перед отраслью. Временные рамки исследования охватывают период с 2010 по 2025 годы, что дает возможность проследить динамику изменений и инноваций в данной области.

Обзор литературы

Анализ литературы позволяет выявить основные тенденции, концепции и методологические подходы, используемые в современных исследованиях. Рассмотрим работы ученых и исследовательских групп, акцентируя внимание на их достижениях, а также на ограничениях и пробелах, которые требуют дальнейшего изучения.

Данный обзор литературы не только систематизирует существующие знания, но и служит основой для выработки новых направлений исследования и практических рекомендаций. В конечном итоге, он стремится способствовать более глубокому пониманию исследуемой области и стимулировать дальнейшие научные изыскания.

Ключевые области применения, подтвержденные статьями:

- Многопользовательское обсуждение в управления проектной деятельностью. В работе [8] описывается возможность использования многопользовательской платформы VR Build Manager, которая позволяет командам работать совместно в виртуальном пространстве. Платформа обеспечивает возможность создания трехмерных моделей проектов, которые пользователи могут исследовать и обсуждать в режиме реального времени. Это позволяет всем участникам проекта, независимо от их физического местоположения, взаимодействовать друг с другом и с проектом в едином виртуальном пространстве.

- Визуализация BIM на стройплощадке. Статьи подчеркивают значительное внимание к использованию AR/VR для визуализации BIM-моделей в реальном масштабе на строительной площадке. Это помогает в проверке проектов, обнаружении коллизий и улучшении понимания сложной геометрии. Это позволяет детально рассмотреть конструктивные особенности, инженерные системы и элементы дизайна. Многие исследования фокусируются на разработке мобильных AR/VR-приложений, интегрированных с BIM, для строителей и менеджеров.

Kwiatek C. и др. [9] обнаружили, что AR/VR может сократить время, затрачиваемое работниками с небольшим опытом на понимание информации о конструкции. Результаты тестирования показали, что приложение сократило время, необходимое для обработки проектной информации, на 50 %. Кроме того, сборка, выполняемая с помощью дополненной реальности, более точна, чем обычные 2D-чертежи.

- Контроль качества и инспекции. Значительное количество работ посвящено применению AR/VR для автоматизации и улучшения процессов контроля качества. AR/VR используется для сравнения фактического строительства с BIM-моделью, выявления отклонений и ошибок, и создания отчетов об инспекциях. Это особенно актуально для задач, требующих высокой точности, таких как монтаж инженерных систем и отделочные работы.

Рязапов Р.В. в своей работе [10] протестировал возможность сравнения проектных решений и реального объекта в камеральных условиях при помощи очков дополненной реальности (рис. 1). В ходе проведения данного эксперимента он отметил, что данный метод обеспечивает оперативное проведение визуального контроля конструктивных элементов и увеличивает производительность труда.

Подобный метод описан также в работе Евтушенко С.И. [11], однако сравнение происходит при помощи сравнения координат точек трубопроводов в BIM модели здания и на реальном объекте при помощи информационных таблиц визуализации (табл. 1). Данную технологию можно также интегрировать для экспертизы строительного объекта в целом (оборудование, конструктивные элементы, их количество, габариты и т. д.), а также применять совместно с электронными базами данных во время мониторинга строительства [12].

Рисунок 1. *Просмотр AR-сцены в очках [10]*

Таблица 1

Информационная таблица для визуализации магистрального трубопровода

Номер информационной точки	Положение по оси X, м	Положение по оси Y, м	Положение по оси Z, м	Диаметр трубы, мм
1-ый этаж				
1	50	-5	17	300
2	50	10	17	300
3	120	10	17	300
4	170	5	17	300
5	190	5	17	300
6	200	10	17	300
7	220	10	17	300

Источник [11]

Также использование технологий расширенной реальности может значительно облегчить работы по обследованию зданий и сооружений [13] — уменьшение трудозатрат при проведении визуального обследования, наглядно увидеть развитие ранее зафиксированных деформаций и определить новые.

- Навигация и ориентация. Статьи показывают растущий интерес к AR/VR для навигации на больших и сложных стройплощадках. AR/VR-приложения помогают рабочим находить нужное место, идентифицировать элементы и следовать маршрутам, что повышает эффективность и снижает риск ошибок [14].

- Обучение и безопасность. AR/VR рассматривается как эффективный инструмент для обучения персонала по безопасности и новым технологиям. Статьи описывают разработку AR/VR-приложений для моделирования опасных ситуаций, обучения правилам безопасности и процедурам работы, а также для ознакомления с новым оборудованием.

Технологии AR/VR позволяют создавать интерактивные обучающие программы, которые значительно повышают качество обучения при помощи демонстрации процессов монтажа и демонтажа конструкций. К примеру, ПАО «ФСК ЕЭС» реализовала технологию дополненной реальности для подключения электрокоммуникаций к новым объектам. Применение интерактивных инструкций вместо традиционных бумажных документов не только снизило уровень ошибок в процессе работы, но и позволило уменьшить численность задействованных сотрудников.

По результатам внедрения подобных технологий было отмечено сокращение времени на обучение на 40 % и значительное повышение уровня безопасности на рабочем месте [6].

В Политехническом университете Каталонии была реализована программа внедрения цифровых технологий в традиционные методы обучения [15] для студентов строительного направления. В конце курса, студенты, учувствовавшие в эксперименте, отметили повышенный интерес к обучению и улучшение усвоения материала.

В работе [16] упоминается компания DAQRI, которая создает AR-решения, включая специализированные шлемы и очки, предназначенные для использования на строительных площадках. Эти технологии позволяют визуализировать сложные инженерные схемы, предоставлять инструкции по безопасности и обеспечивать взаимодействие с виртуальными объектами в режиме реального времени. DAQRI Smart Helmet представляет собой AR-шлем, специально разработанный для рабочих на стройках. Он предлагает виртуальные инструкции, планы и данные непосредственно в поле зрения работников, что способствует улучшению процессов обучения и выполнения задач.

- Управление прогрессом и мониторинг. Некоторые исследования фокусируются на использовании AR/VR для автоматического мониторинга прогресса строительства. AR/VR-системы могут сравнивать фактический прогресс с запланированным, предоставляя менеджерам в реальном времени информацию о ходе работ и потенциальных задержках.

V. Sangiorgio и др. [17] провели эксперимент, показавший, что AR/VR может сократить время процесса принятия решений и повысить эффективность на этапе проектирования. Авторы сравнили процесс принятия решений на основе AR/VR, применили метод анализа иерархических процессов и обнаружили, что AR/VR-подход сокращает время на 77 % при выборе материала панели для улучшения теплозащитных свойств конструкции (рис. 2).

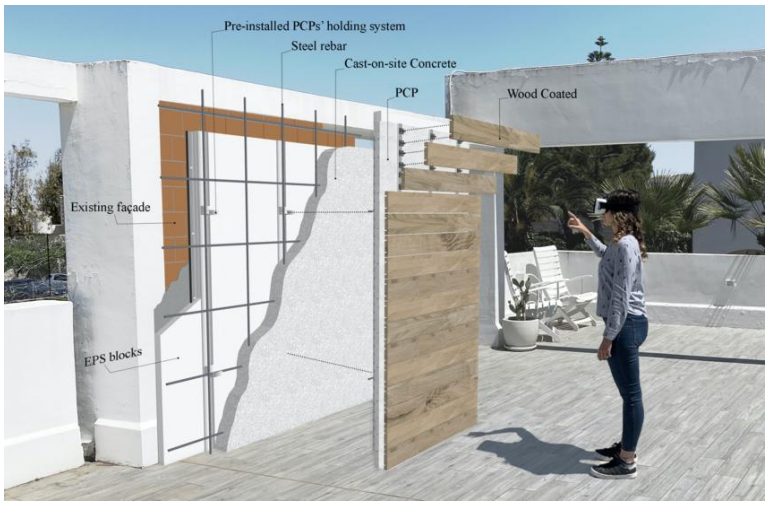

Рисунок 2. *Сцена отображаемая в AR на стройплощадке во время модернизации здания [17]*

Основные преимущества, выделенные в статьях:

- Повышение эффективности и производительности. Статьи единогласно подчеркивают, что AR/VR приводит к повышению эффективности за счет сокращения времени на поиск информации, улучшенной коммуникации и снижения ошибок.
- Снижение затрат. Уменьшение количества переделок, оптимизация использования ресурсов, и сокращение времени простоя, благодаря AR/VR, приводят к существенному снижению общих затрат на строительство.

- Улучшение качества. Более точная визуализация, контроль качества и ранняя идентификация проблем способствуют повышению общего качества строительных работ.
- Улучшенная коммуникация. AR/VR способствует лучшему пониманию проектов всеми заинтересованными сторонами, облегчая коммуникацию между офисом и стройплощадкой, а также с заказчиками.
- Повышение безопасности. AR/VR-приложения для обучения безопасности и визуализации опасностей способствуют созданию более безопасной рабочей среды.

Несмотря на очевидные преимущества, существуют и проблемы внедрения AR/VR в строительстве. Ключевые проблемы и ограничения, обсуждаемые в статьях:

- Технологические ограничения. Статьи отмечают, что точность и надежность AR/VR-устройств, особенно в условиях стройплощадки (пыль, влага, яркий свет), все еще остаются проблемой. Также упоминаются ограничения по времени работы батареи и необходимости в стабильном интернет-соединении. Точность позиционирования AR/VR-устройств, особенно в условиях открытой местности и переменчивой погоды, все еще остается проблемой. Производительность и время автономной работы мобильных AR/VR-устройств могут быть недостаточными для выполнения длительных рабочих задач.
- Интеграция и совместимость. Интеграция AR/VR-систем с существующими BIM-платформами и рабочими процессами часто оказывается сложной задачей. Необходимость в стандартизации форматов данных и протоколов обмена информацией также подчеркивается.
- Принятие пользователями и обучение. Сопротивление изменениям и необходимость в обучении персонала работе с новыми AR/VR-инструментами являются значительными препятствиями на пути широкого внедрения. Требуется разработка интуитивно понятных и удобных в использовании интерфейсов.
- Стоимость и ROI. Несмотря на потенциальные выгоды, начальные инвестиции в AR/VR-оборудование, программное обеспечение и обучение могут быть значительными. Статьи подчеркивают необходимость демонстрации четкого ROI (возврата инвестиций) для убеждения компаний в целесообразности внедрения AR/VR.
- Надежность и долговечность оборудования. Строительная площадка — это агрессивная среда. Необходимо оборудование, устойчивое к ударам, пыли, влаге и экстремальным температурам.

Перспективы использования AR/VR в строительстве выглядят многообещающими. Ожидается, что с развитием технологий стоимость оборудования снизится, а доступность программного обеспечения повысится [18–20]. Также важно развивать образовательные программы для подготовки специалистов, способных эффективно использовать AR/VR в своей работе.

Тенденции развития:

- Мобильный AR/VR доминирует. Большинство исследований и практических применений сосредоточены на мобильных AR/VR-решениях (смартфоны и планшеты) из-за их доступности и относительной простоты внедрения.
- Интеграция с BIM — ключевой тренд. Углубление интеграции AR/VR с BIM-системами остается центральным направлением развития. Цель — создание комплексных цифровых платформ для управления всем жизненным циклом строительного проекта.

- Носимые AR/VR-устройства набирают популярность. Несмотря на более высокую стоимость и некоторые технические ограничения, носимые AR/VR-устройства (умные очки, каски) привлекают все больше внимания благодаря своей способности освобождать руки рабочих и обеспечивать непрерывный доступ к информации.
- Развитие облачных AR/VR-платформ. Облачные решения для AR/VR становятся все более важными для обеспечения совместной работы, обмена данными в реальном времени и масштабируемости AR/VR-систем.
- Искусственный интеллект (Artificial Intelligence — AI) и машинное обучение (Machine Learning — ML). Начинается изучение потенциала использования AI и ML для улучшения AR/VR-приложений в строительстве, например, для автоматического распознавания объектов, анализа данных инспекций и оптимизации процессов.

Таким образом, несмотря на значительные перспективы применения дополненной реальности в строительной отрасли, текущие проблемы с технологическим обеспечением, обучением персонала, интеграцией с существующими системами и экономической эффективностью требуют комплексного решения.

Заключение

Проведенный анализ литературы демонстрирует значительный потенциал технологий дополненной и виртуальной реальности (AR/VR) в строительной отрасли. Исследования подтверждают, что их применение способствует повышению эффективности управления проектами, улучшению визуализации BIM-моделей, автоматизации контроля качества, оптимизации навигации на стройплощадках, а также усилению безопасности и обучению персонала. Ключевые преимущества включают сокращение временных и финансовых затрат, минимизацию ошибок и улучшение коммуникации между участниками проекта.

Однако внедрение AR/VR сталкивается с рядом технологических, организационных и экономических барьеров, таких как ограниченная точность устройств в сложных условиях, проблемы интеграции с существующими BIM-системами, высокая стоимость оборудования и необходимость адаптации персонала. Для преодоления этих вызовов требуются дальнейшие исследования в области повышения надежности устройств, разработки стандартизированных решений и оценки экономической эффективности внедрения.

Перспективными направлениями развития являются углубление интеграции AR/VR с облачными платформами и искусственным интеллектом, расширение использования носимых устройств, а также создание специализированных обучающих программ. Устранение текущих ограничений и активное внедрение инновационных решений позволят максимально реализовать потенциал AR/VR в строительстве, способствуя цифровой трансформации отрасли.

Таким образом, несмотря на существующие сложности, AR/VR-технологии открывают новые возможности для повышения эффективности, качества и безопасности строительных процессов, что делает их одним из ключевых инструментов будущего в данной сфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chi H.-L. Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction / H.-L. Chi, S.-C. Kang, X. Wang — DOI: 10.1016/j.autcon.2012.12.017 // Automation in Construction. — 2013. — Т. 33. — С. 116–122.
2. Machała S. Application of AR/VR Technology in Industry 4.0 / S. Machała, N. Chamier-Gliszczyński, T. Królikowski — DOI: 10.1016/j.procs.2022.09.357 // Procedia Computer Science. — 2022. — Т. 207. — С. 2990–2998.
3. Давыдкин П.П. Анализ внедрения технологий виртуальной и дополненной реальности в строительной отрасли / П.П. Давыдкин — DOI: 10.22227/2073-8412.2020.3.84-88 // Недвижимость: экономика, управление. — 2020. — № 3. — С. 84–88 — EDN LCPTYW.
4. Кольева Н.С. Применение AR-технологий в архитектурном проектировании / Н.С. Кольева, М.В. Панова, В.В. Шемакин // International Journal of Professional Science. — 2023. — № 11-2. — С. 6–12. — EDN YDBXRS.
5. Никитин Е.Ю. Оптимизация процессов строительства линейных объектов с использованием BIM-технологий: опыт и перспективы // Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков: сб. материалов XX Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 05 июля 2023 г.). — М.: АЛЕФ, 2023. — С. 138–146. — EDN LRZUNH.
6. Dunleavy M. Augmented Reality Teaching and Learning in Higher Education: A Review of Recent Research / M. Dunleavy, C. Dede // Educational Technology. — 2014. — Т. 54, № 1. — С. 24–29.
7. Свиридова Т.А. Целесообразность внедрения BIM-технологий в процесс управления строительными проектами / Т.А. Свиридова, У.В. Кузнецова // Проектное управление в строительстве. — 2021. — № 1(22). — С. 155–161. — EDN ESGHNH.
8. Кужепикшева А.Д. Возможности виртуальной реальности в строительной отрасли // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования — 2023: сб. докл. IV Нац. науч. конф. (Москва, 15 декабря 2023 г.). — М.: МГСУ, 2024. — С. 846–850. — EDN MTJXKT.
9. Kwiatek C. Impact of augmented reality and spatial cognition on assembly in construction / C. Kwiatek, M. Sharif, S. Li, C. Haas [et al.] — DOI: 10.1016/j.autcon.2019.102935 // Automation in Construction. — 2019. — Т. 108. — С. 102935
10. Разяпов Р.В. Применение методов дополненной реальности в строительстве // Экономика строительства. — 2021. — № 5(71). — С. 48–58. — EDN BWTQCW.
11. Евтушенко С.И. Использование технологии дополненной реальности на этапах жизненного цикла объекта капитального строительства / С.И. Евтушенко, М.Д. Куценко — DOI: 10.22227/1997-0935.2023.11.1813-1820. // Вестник МГСУ. — 2023. — Т. 18, № 11. — С. 1813–1820.
12. Звездин Д.А. Анализ применения электронных баз данных для повышения качества мониторинга и контроля в строительстве / Д.А. Звездин, А.Н. Маринин // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16, № 3. — С. 55. — EDN NZIHKX.

13. Мишуренко Н.А. Возможности применения технологии дополненной реальности (AR) в области обследования зданий в России / Н.А. Мишуренко, А.А. Семенов — DOI: 10.23968/BIMAC.2023.011. // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: матер. VI Междунар. науч.-практ. конф. — СПб.: СПбГАСУ, 2023. — С. 76–80. — EDN ATQKZN.

14. Наумов А.А. Виртуальная реальность в дорожном строительстве / А. А. Наумов, Р.Р. Садыков, А.С. Сергеев // Современные проблемы развития Европейского Севера — 2024: матер. Всерос. науч.-практ. конф. (Ухта, 30–31 мая 2024 г.). — Ухта: УГТУ, 2024. — С. 118–121. — EDN BDIMDC.

15. Sánchez Riera A. Construction processes using mobile augmented reality: A study case in building engineering degree / A. Sánchez Riera, E. Redondo, D. Fonseca, I. Navarro. DOI: 10.1007/978-3-642-36981-0_100 // Advances in Information Systems and Technologies — 2013. — URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-36981-0_100.

16. Талалай Е.А. Анализ сфер применения технологий расширенной реальности. Обзор программных средств / Е.А. Талалай, А.Н. Маринин // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования — 2023: сб. докл. IV Нац. науч. конф. (Москва, 15 декабря 2023 г.). — М.: МГСУ, 2024. — С. 825–829. — EDN ONIOGO.

17. Sangiorgio V. Augmented reality based — decision making (AR-DM) to support multi-criteria analysis in constructions / V. Sangiorgio, S. Martiradonna, F. Fatiguso, I. Lombillo — DOI: 10.1016/j.autcon.2021.103567 // Automation in Construction. — 2021. — Т. 124. — С. 103567.

18. Логун К.А. Бизнес-сценарии использования технологий расширенной реальности на современных производственных предприятиях / К.А. Логун, И.В. Рощупкина — DOI: 10.36622ZVSTU.2020.63.24.002. // Организатор производства. — 2020. — Т. 28, № 4. — С. 16–26. — EDN UCJQDE.

19. Толстихина Е.Д. Применение технологии виртуальной реальности в строительстве как способ экономии / Е.Д. Толстихина, Д.Р. Брыжатый, М.И. Шмидт [и др.] — DOI: 10.14451/1.190.84. // Экономические науки. — 2020. — № 190. — С. 84–89. — EDN BXGBYZ.

20. Асатрян В.А. Внедрение BIM-технологий как фактор конкурентоспособности компаний строительной отрасли / В.А. Асатрян, И.Н. Попова, Ю.В. Лазич — DOI: 10.34680/BENEFICIUM.2019.3(32).4-13 // Beneficium. — 2019. — № 3(32). — С. 4–13. — EDN YCRYKT.

Talalay Evgenia Alexandrovna
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: talalay2001@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0007-2568-6140

Kuzhepiksheva Anna Dmitrievna
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: kyzhik.anna@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-3817-0125

Marinin Alexander Nikolaevich
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia
E-mail: a-marinin@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1848-730X
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=625628

Breus Natalia Leonidovna
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: Breus08@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-4093-9085

Analysis of the application of augmented reality technologies in the construction industry

Abstract. Augmented reality technologies (augmented and virtual reality) have significant potential to transform the construction industry, but their implementation faces a number of unresolved issues. Existing studies are fragmentary and do not cover the comprehensive impact of augmented/virtual reality on all stages of the construction process, and also do not sufficiently take into account organizational and technological barriers. The purpose of the work is to systematize current data on the use of augmented reality in construction, identify the key advantages, limitations and prospects for the development of technologies.

The study analyzed scientific publications over the past ten years from the Scopus, eLibrary, ResearchGate, Web of Science and Google Scholar databases using key queries related to augmented reality in construction. The main areas of technology application are considered: BIM (Building Information Model) visualization, quality control, construction site navigation, personnel training and progress monitoring. It was found that augmented reality increases process efficiency, reduces costs and improves safety, but their implementation is hampered by high costs, technical limitations and personnel resistance.

The practical significance of the work lies in the formation of recommendations for construction companies to overcome barriers to the implementation of augmented reality. Integration with BIM, cloud platforms, wearable devices and the use of artificial intelligence are recognized as promising areas of development. The results of the study contribute to a deeper understanding of the role of augmented reality in construction and can serve as a basis for further scientific and applied developments.

Keywords: augmented reality; virtual reality; augmented reality; construction; training; design; innovative technologies