УДК 69.05 DOI: 10.33622/0869-7019.2022.02.59-63

Визуализация информационных моделей в строительной отрасли

Руслан Валитович РАЗЯПОВ, старший преподаватель, e-mail: rusla777@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 450064 Уфа, ул. Космонавтов, 1

Аннотация. *Применение дополненной реальности в строительной отрасли на основе использования технологий информационного моделирования имеет большие перспективы. Пространство дополненной реальности с эффектом присутствия может способствовать лучшему взаимодействию между клиентами и специалистами в различных технических вопросах, касающихся реализации строительного проекта. В сочетании с концепцией информационного моделирования зданий технологии дополненной реальности могут улучшить общее понимание процесса строительства. Использование самых новых таких технологий позволяет максимально точно проработать как весь проект, так и его отдельные детали. Визуализацию объектов в реальном мире можно улучшить с помощью объединения технологий дополненной реальности и информационного моделирования, поскольку интерактивные возможности, предоставляемые программными обеспечениями, и доступ к информационным данным дают возможность более интуитивно решать задачи обслуживания и управления строительством. Проанализировано современное состояние технологий дополненной реальности в строительстве, выявлены проблемы и перспективы применения данных инновационных технологий, изложены способы их применения в сфере строительства, а также представлены показатели, влияющие на принятие решений использования технологий дополненной реальности. Рассмотрена возможность сокращения времени реализации отдельных этапов инвестиционно-строительной деятельности с учетом внедрения дополненной реальности, приведены примеры строительных компаний из разных стран, разрабатывающих программное обеспечение, и девелоперских компаний, применяющих эти технологии в маркетинговых целях, сделан вывод о перспективности внедрения дополненной реальности в строительстве.*

Ключевые слова: *дополненная реальность, инновационные технологии, строительство, BIM-проектирование.*

VISUALIZATION OF INFORMATION MODELS IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Ruslan V. RAZIAPOV, e-mail: rusla777@yandex.ru

Ufa State Petroleum Technical University, ul. Kosmonavtov, 1, Ufa 450064, Russian Federation

Abstract. *The use of augmented reality in the construction industry based on the use of information modeling technologies has great prospects. An augmented reality space with a presence effect can facilitate better interaction between customers and specialists in various technical issues related to the implementation of the construction project. In combination with the concept of building information modeling, AR technologies can improve the general understanding of the construction process. Using the newest augmented reality technologies makes it possible to work out both the entire project and its individual details as accurately as possible. Object visualization in the real world can be improved by combining AR as well as BIM technologies, since the interactive capabilities provided by AR software and access to BIM information data makes it possible to more intuitively solve the tasks of maintenance and construction management. This article analyzes the current state of augmented reality technologies in construction, identifies the problems and prospects of using these innovative technologies in the construction sector, describes the methods of using the latest technologies under study in the construction sector, and also presents indicators affecting decision-making using augmented reality technologies. The possibility of reducing the implementation time of certain stages of investment and construction activities taking into account the introduction of augmented reality is considered, examples of construction companies from different countries developing software and development companies using augmented reality technologies for marketing purposes are presented, the conclusion about the prospects of the introduction of augmented reality in construction is made.*

Key words: *augmented reality, innovative technologies, construction, BIM design.*

Рынок технологий дополненной реальности (AR — Augmented Reality) довольно молодой, несмотря на то, что первые попытки создания устройств, позволяющих полностью имитировать реальный мир либо дополнять его накладываемой информацией, предпринимались еще в начале XX в. Прогресс не стоит на месте, и в настоящее время инновационные технологии виртуальной и дополненной реальности используются не только в сфере развлечения и игр, но и в строительстве. С их помощью уже проектируются различные здания и сооружения. В связи с этим актуален вопрос о возможностях и трудностях применения этих технологий в строительной отрасли [1].

Основная цель данного исследования — анализ проблем и перспектив внедрения технологий дополненной реальности в строительстве, последние высту-

© РАЗЯПОВ Р. В., 2022

пают в качестве объекта исследования. Для реализации поставленной цели были определены следующие задачи:

• рассмотрение основных понятий по теме исследования: «дополненная реальность»;

• изучение перспективных направлений применения дополненной реальности в строительном комплексе;

• анализ проблем, возникающих при внедрении технологий дополненной реальности в строительстве [2].

В работе использовались эмпирические и теоретические методы исследования, основанные на чувственном восприятии, а также на измерении с помощью приборов. Это важный компонент научных исследований в областях знаний, помогающий определять объективные законы, в соответствии с которыми происходят изучаемые явления. В ходе исследования проработаны разнообразные источники информации, проанализированы полученные сведения, проведены наблюдение и эксперимент.

Для визуальных систем основная проблем — распознавание образов на изображении. Это необходимо для идентификации окружающей среды, в зависимости от которой строятся виртуальные объекты. Человек мыслит категориями — некими собирательными образами, с которыми он сопоставляет видимые объекты. То же самое необходимо проделать и для систем дополненной реальности.

В настоящее время не существует систем, способных распознать любой объект. Каждая конкретная система способна идентифицировать только определенную группу объектов в зависимости от назначения системы. Обзор методов идентификации объектов на изображении дан в работе [3].

Далее приведен порядок проведения эксперимента, который заключался в применении разных инструментов при наложении дополненной реальности на объекты. Эксперимент проводился в камеральных условиях с использованием очков дополненной реальности.

Этапы проведения эксперимента:

• сканирование участка оценки лазерным сканером для получения облака точек и последующего его использования для трехмерного проектирования и расположения объекта;

• создание трехмерной модели по облаку точек. Специализированное программное обеспечение позволяет облако точек в него подгрузить и в нем проектировать будущую трехмерную модель [4];

• загрузка трехмерной модели в очки дополненной реальности с помощью специального конвертера;

• просмотр AR-сцены в очках дополненной реальности. Используя очки, специалист видит реально строящийся объект и трехмерный проект этого объекта. Далее он определяет отклонения реальности от проектных решений с применением встроенных цифровых инструментов.

Были получены следующие результаты эксперимента:

• очки адекватно отображают виртуальные модели без привязки к пространству, если площадь передвижения в пределах 20—25 м^2;

• некоторое семейство поверхностей (стекло, зеркало) плохо воспринимается очками, что влияет на определение местоположения в пространстве. Если вплотную подойти к окну, модель может значительно отдалиться от очков [5];

• при перемещении за пределами 20—25 м^2 виртуальные модели начинают «плавать» в пространстве (местоположение может колебаться в некоторых пределах и модель начинает дергаться с одной точки на другую);

• пространство с большим количеством маленьких объектов (деревья, знаки, не включенные в виртуальную модель) плохо влияет на определение местоположения очков;

• отмечено, что если реперная точка находится в области видимости или удалена от взгляда до 3—4 м, то виртуальная модель достаточно точно накладывается на пространство. Как только мы отдаляемся на расстояние больше 4—5 м, модель начинает «плавать». Тем самым для больших площадных объектов необходимо использовать несколько реперных точек при расстоянии не больше 8—10 м, с обязательным внесением их в модель [6].

Чтобы улучшить точность отображения виртуальной модели в пространстве при перемещении на большие расстояния (свыше 20—25 м^2), целесообразно дополнительно использовать методы позиционирования и трекинга по пространству не по реперным точкам, а по реальным поверхностям объектов.

Исходя из результатов эксперимента можно перечислить преимущества рассматриваемого метода при визуальной оценке технологии строительства с помощью очков дополненной реальности:

1. Оперативное сравнение плана и факта «по месту».

2. Визуальный контроль всех деталей и конструктивных элементов.

3. Сокращение количества изменений на стройке в результате оперативного контроля.

4. Повышение производительность труда.

5. Потенциалы развития на этапе эксплуатации объектов при постоянном пребывании работников на объекте [3].

Дополненная реальность обу-

словлена наложением цифровых изображений и объектов на конкретную местность в реальном, физическом мире [7]. Она представляет собой отличное решение для наглядной демонстрации будущих построек, поскольку добавляет контекст, накладывает проектные данные и другую информацию на изображение реального мира.

На основании проведенного исследования можно отметить такие перспективные направления применения дополненной реальности в строительной отрасли.

Обучение сотрудников строительного процесса с сокращением времени обучения и инструктажа. Увеличивается эффективность благодаря наглядности и интерактивности информации, большей вовлеченности участников в процесс учебы [8]. Технологии AR позволяют снизить затраты на обучающий персонал и расходные материалы, необходимые при обучении сотрудников.

Тестирование работы конструкции в виртуальном пространстве. Например, с помощью специального приложения через планшет можно наглядно увидеть, каким образом должна быть выстроена опалубка [9].

Применение виртуальных голографических макетов. Рассматриваемый проект можно разбирать по этажам, смотреть планировки отдельных помещений, а также коммуникации и конструкции. Технология работы с такими макетами не сложная: клиент надевает очки и может работать с виртуальной голограммой. Не требуется никаких проводов и долгих установок программного обеспечения. Виртуальный макет дает возможность взглянуть на здание с высоты птичьего полета, сравнить небоскреб по высоте с другими зданиями мира. Все это происходит за горизонтально развернутым дисплеем [4].

Обсуждение проблем с коллегами в реальном времени в режиме видеоконференции. Данный формат помогает ускорить процесс проектирования: совместно увидеть возможные ошибки в конструкции и, как следствие, снизить не только затраты на создание и доработку проекта, но и время на его согласование [4].

Ускорение рабочего процесса. Технологии дополненной реальности позволяют моделировать этапы производства, что с течением времени, безусловно, приведет к увеличению производительности труда, сокращению времени на проектирование объектов, систем коммуникации благодаря выявлению ошибок на ранних этапах. Данные инновационные технологии также позволяют в режиме реального времени обновлять информацию о готовности объекта [10].

Выявление последовательности и проблем установки строительных конструкций. Технология AR при совместимости с очками виртуальной реальности (смешанная реальность) дает возможность инженерам выявить проблемы крепления строительных элементов.

В текущих условиях функционирования современные российские и иностранные компании, связанные со строительной отраслью, активно исследуют возможности, которые могут предоставить им технологии дополненной реальности. О росте заинтересованности этими технологиями свидетельствует график, опубликованный на сайте компании SaM Solutions (Германия). Статистические данные и трендовый анализ подтверждают тот факт, что в 2022 г. ожидается увеличение в 8 раз по сравнению с 2018 г. объема рынка дополненной реальности, что в конечном итоге составит 209 млрд дол. США [11].

Примером использования технологий дополненной реальности может служить французская компания GA Smart Buildings, которая применила Trimble Connect при строительстве офисного здания в Тулузе. Благодаря использованию данной технологии компания смогла избежать задержек при строительстве и перерасхода средств. Работы контролировались практически в реальном времени на всех этапах строительства, что позволяло быстро выявлять отклонения от проекта [12].

Компания «Ашан» стала первой на российском рынке, внедрившей технологию смешанной (объединение виртуальной и дополненной) реальности при строительстве и дизайне своего гипермаркета на Пролетарском просп. в Москве. Здание было спроектировано с использованием устройства Microsoft HoloLens, с помощью которого возможно визуализировать детальную модель будущего магазина в 3D-формате еще до его постройки и оценить различные варианты расположения торгового оборудования [13].

Другим примером может служить компания ПАО «ФСК ЕЭС», которая применила технологию дополненной реальности при подведении электрокоммуникаций к строящимся объектам. Использование интерактивной инструкции вместо обычной бумажной документации не только уменьшило процент ошибок при работе, но и сократило количество сотрудников [14].

В настоящее время строительные компании и инвесторы продолжают вкладывать миллионы долларов в технологии дополненной реальности, однако сами технологии еще не стали массовыми [15].

В ходе исследования было выявлено, что в развитии технологий виртуальной и дополненной реальности существуют некоторые проблемы:

• высокая стоимость внедрения и эксплуатации устройств (28 %);
• затруднения в понимании возможностей использования данных технологий (22 %);
• недостаток качественного контента. Пользователи заявляют об однообразии существующего контента, его низком качестве, несовершенной реализации (20 %);
• несовершенство существующих устройств, а именно громоздкие и неудобные гарнитуры (18 %);
• сложность внедрения технологий в строительный процесс (10 %);
• данные технологии не приносят очевидной пользы (7 %) [8].

Для решения многих из этих проблем можно использовать системы высокой производительности. Однако они не мобильны и зачастую доступны не каждому, т. е. напрямую их применять нельзя, но на базе высокопроизводительных систем можно организовать вычислительный сервис.

Выводы

1. Технологии дополненной реальности находят все большее внедрение на строительных предприятиях. Они имеют ряд преимуществ: наглядность информации, ее доступность в реальном времени, интерактивность информации, упрощенная коммуникация. Оптимизация процессов жизненного цикла объекта строительства с применением технологий виртуальной и дополненной реальности может значительно сократить сроки строительства, материальные издержки и уменьшить влияние человеческого фактора.

2. Однако есть и обратная сторона: данные технологии имеют довольно высокую стоимость внедрения и эксплуатации устройств. Кроме того, технологии виртуальной и дополненной реальности сложны в понимании их использования. Несмотря на минусы рассматриваемых инновационных технологий, можно считать, что в недалеком будущем они займут свое место в строительной отрасли. Произойдет логический повсеместный переход от 2D-проектирования к BIM-проектированию с применением технологий виртуальной и дополненной реальности аналогично переходу от выполнения проекта на кульманах к 2D-проектированию на компьютерах [16].

3. Пандемия доказала, что инновации — неотъемлемая часть всех сфер жизнедеятельности человека. Процесс развития общества невозможно представить без инноваций уже существующих и будущих [17]. Определенно, инновации ведут человечество к более высоким ступеням развития и повышают качество жизни человека [7]. Рассмотрена технология дополненной реальности и возможность ее применения как средства мониторинга качества строительства, что еще раз доказывает необходимость дальнейшего углубления познания вопроса. Два проведенных эксперимента убедительно показали, что дополненную реальность можно использовать в качестве измерительных и контрольных приборов.

Метод применения дополненной реальности позволит шире внедрять BIM-модели в сфере строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Федько Д.* Что такое v-commerce и как торговля меняется под влиянием технологий AR и VR. URL: https://ain.ua/(дата обращения: 05.03.2021).
2. Создание приложения на Unity с использованием дополненной реальности (SDK Vuforia) / GeekBrains, 2019. URL: https://geekbrains.ru/events/740 (дата обращения: 15.01.2021).
3. *Хэммит Ф.* Виртуальная реальность / пер. с англ. М. : Печать, 2005. 104 с.
4. AR – дополненная реальность. URL: https://habr.com/ru/ (дата обращения: 01.04.2021).
5. *Яркова А.* AR, VR и MR (Смешанная реальность). URL: https://retailer.ru/ (дата обращения: 28.03.2021).
6. *Яковлев Б. С., Пустов С. И.* Классификация и перспективные направления использования технологии дополненной реальности // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 3. С. 484–492.
7. *Куликов Ю. А.* Технологии дополненной реальности – инновационная интерактивная технология в образовании // Инновационные тенденции развития системы образования: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 11 июня 2017 г.). Чебоксары : ЦНС «Интерактив плюс», 2017. С. 67–69.
8. *Agarwal U.* Augmented reality statistics you need to know for 2019 [Статистика дополненной реальности, которую вам нужно знать за 2019 год]. URL: https://radssoon.com/ (дата обращения: 01.04.2021).
9. *Чаплыгин А. П.* Все, что нужно знать про VR/AR-технологии. URL: https://rb.ru/story/vsyo-o-vr-ar/ (дата обращения: 03.04.2021).
10. Что такое дополненная реальность? // AR Next-все о дополненной реальности. URL: http://arnext.ru/dopolnennaya-realnost/ (дата обращения: 15.05.2021).
11. *Тюнин Е. Б., Кондратьев В. Ю.* Информационные технологии. Лабораторный практикум. Краснодар : КубГАУ, 2013. 135 с.
12. *Полиненко С. В.* Дополненная реальность в российской промышленности: бесполезна или

необходима.
URL: https://vc.ru/flood/32831-dopolnennaya-realnost-v-rossiyskoy-promyshlennosti-bespolezna-ili-neobhodima (дата обращения: 05.03.2021).

13. *Рыбина А. В., Гаряева В. В.* Анализ эффективности применения программ моделирования 3D-объектов в строительном проектировании // Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 5. С. 246–250.
14. *Ситников А. В.* AR-жизнь: применение и перспективы дополненной реальности.
URL: https://dtf.ru/gamedev/7800-ar-zhizn-primenenie-i-perspektivy-dopolnennoy-realnosti/ (дата обращения: 14.02.2021).
15. *Давыдкин П. П.* Анализ внедрения технологий виртуальной и дополненной реальности в строительной отрасли // Недвижимость: экономика, управление. 2020. № 3. С. 84–85.
16. *Шишкин Ю.* Дополненная реальность в 2019 году: что дает AR онлайн-ритейлу.
URL: https://vc.ru/ (дата обращения: 01.04.2021).
17. Lourens M. Camera calibration with OpenCV [Калибровка камеры с помощью OpenCV].
URL: https://docs.opencv.org/4.x/d4/d94/tutorial_camera_calibration.html
(дата обращения: 10.02.2022).

R E F E R E N C E S

1. Fedko D. What is v-commerce and how trade is changing under the influence of AR and VR technologies.
Available at: https://ain.ua /(accessed 03.05.2021). (In Russian).
2. Creating an application on Unity using augmented reality (SDK Vuforia). GeekBrains, 2019.
Available at: https://geekbrains.ru/events/740 (accessed 15.01.2021). (In Russian).
3. Hammit F. *Virtual'naya real'nost'* [Virtual reality]. Moscow, Pechat Publ., 2005. 104 p. (In Russian).
4. AR – Augmented reality.
Available at: https://habr.com/ru/ (accessed 01.04.2021). (In Russian).
5. Yarkova A. AR, VR and MR (Mixed reality).
Available at: https://retailer.ru/ (accessed 28.03.2021). (In Russian).
6. Yakovlev B. S., Pustov S. I. Classification and promising directions of using augmented reality technology. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*, 2013, no. 3, pp. 484–492. (In Russian).
7. Kulikov Yu. A. Technologies of augmented reality – innovative intetactive technology in education. Collection of innovative trends in the development of the education system. Materials of the VII International scientific and practical conference. Cheboksary, 2017, pp. 67–69. (In Russian).
8. *Agarwal U.* Augmented reality statistics you need to know for 2019.
Available at: https://radssoon.com/ (accessed 01.04.2021).
9. Chaplygin A. P. Everything you need to know about VR / AR technologies.
Available at: https://rb.ru/story/vsyo-o-vr-ar/ (accessed 04.03.2021). (In Russian).
10. What is augmented reality? // AR Next is all about augmented reality.
Available at: http://arnext.ru/dopolnennaya-realnost/ (accessed 05.15.2021). (In Russian).
11. Tyunin E. B., Kondratiev V. Yu. *Informatsionnye tekhnologii. Laboratornyy praktikum* [Information technologies Laboratory workshop]. Krasnodar, KubGAU Publ., 2013. 135 p. (In Russian).
12. Polinenko S. V. Augmented reality in the Russian industry: useless or necessary.
Available at: https://vc.ru/flood/32831-dopolnennaya-realnost-v-rossiyskoy-promyshlennosti-bespolezna-ili-neobhodima (accessed 03.05.2021). (In Russian).
13. Rybina A. V., Garyaeva V. V. Analysis of the effectiveness of 3D object modeling programs in construction design. *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzh'ya*, 2018, no. 5, pp. 246–250. (In Russian).
14. Sitnikov A. V. AR-live: application and prospects of augmented reality.
Available at: https://dtf.ru/gamedev/7800-ar-zhizn-primenenie-i-perspektivy-dopolnennoy-realnosti/ (accessed 02.14.2021). (In Russian).
15. Davydkin P. P. Analysis of the introduction of virtual and augmented reality technologies in the construction industry. *Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie*, 2020, no. 3, p. 84. (In Russian).
16. Shishkin Yu. Augmented reality in 2019: what gives AR to online retail.
Available at: https://vc.ru/ (accessed 01.04.2021). (In Russian).
17. Lourens M. Camera calibration with OpenCV.
Available at: https://docs.opencv.org/4.x/d4/d94/tutorial_camera_calibration.html (accessed 10.02.2022).

Для цитирования: *Разяпов Р. В.* Визуализация информационных моделей в строительной отрасли // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 2. С. 59–63.
DOI: 10.33622/0869-7019.2022.02.59-63.

For citation: Raziapov R. V. Visualization of Information Models in the Construction Industry. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2022, no. 2, pp. 59–63. (In Russian). DOI: 10.33622/0869-7019.2022.02.59-63.