

# ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 004.94:697.94

DOI: 10.22227/1997-0935.2023.11.1813-1820

## Использование технологии дополненной реальности на этапах жизненного цикла объекта капитального строительства

Сергей Иванович Евтушенко, Максим Дмитриевич Куценко

Национальный исследовательский Московский государственный строительный  
университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Проанализировано применение технологий информационного моделирования (BIM) и дополненной реальности (AR) на стадии строительства и последующей эксплуатации объектов капитального строительства.

**Материалы и методы.** Показаны потенциальные возможности оптимизации работы монтажных и строительных бригад или проведения экспертизы проекта с помощью BIM-технологий. Благодаря применению данной технологии: сокращаются сроки монтажных работ на объекте строительства (как следствие, снижаются затраты и повышается эффективность труда); сокращаются сроки выполнения экспертизы проекта (на этапе сдачи строительного объекта). Основная идея заключается в объединении технологии BIM на этапе строительства и технологии дополненной реальности. Совмещение этих технологий позволит облегчить выявление отступлений от проекта и снизит трудоемкость монтажных работ.

**Результаты.** Важное значение для практики строительства имеют предложенные информационные таблицы визуализации элементов информационной модели объекта строительства и ключевые принципы их наполнения данными на примере трубопровода на основании заданных точек построенной трехмерной модели. Рассмотрено применение AR на стадии эксплуатации на примере водомера и электрического счетчика.

**Выводы.** Сформулированы типы и определено содержание информационных таблиц визуализации магистрального трубопровода, на базе которых осуществляется построение трехмерной модели трубопровода на стадии строительства объекта. Приведен пример содержания информационной таблицы визуализации отдельных элементов информационной модели объекта строительства на стадии эксплуатации на примере водяного и электрического счетчика. Представлены направления дальнейших исследований.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** информационное моделирование, оптимизация работы монтажных бригад, технология дополненной реальности, жизненный цикл объекта капитального строительства, стадия строительства объекта, инженерные сети, информационные таблицы визуализации данных, снижение трудозатрат монтажных работ, очки дополненной реальности

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Евтушенко С.И., Куценко М.Д. Использование технологии дополненной реальности на этапах жизненного цикла объекта капитального строительства // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 11. С. 1813–1820. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.11.1813-1820

Автор, ответственный за переписку: Сергей Иванович Евтушенко, evtushenkosi@mgsu.ru.

## Use of augmented reality technology at the stages of the life cycle of a capital construction facility

Sergej I. Evtushenko, Maksim D. Kuzenko

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);  
Moscow, Russian Federation

### ABSTRACT

**Introduction.** The application of information modelling (BIM) and augmented reality (AR) technologies at the stage of construction and subsequent operation of capital construction facilities (CCF) is analyzed.

**Materials and methods.** Potential possibilities of optimization of work of installation and construction teams or carrying out of project expertise using information modelling (BIM) technologies are shown. Due to the application of this technology: the terms of installation works at the construction site are reduced (as a result, costs are reduced and labour efficiency is increased); the terms of the project expertise are reduced (at the stage of construction object commissioning). The main idea is to combine BIM technology at the construction stage and augmented reality technology. Combination of these technologies will make it easier to identify deviations from the project and reduce the labour intensity of installation works.

**Results.** The proposed information tables for visualization of elements of the information model of the construction object and the key principles of their filling with data on the example of a pipeline on the basis of given points of the constructed three-dimensional model are of great importance for the construction practice. Examples of AR application at the operation stage on the example of a water meter and an electric meter are considered.

**Conclusions.** Types and content of information visualization tables of the main pipeline are formulated and determined on the basis of which the construction of a three-dimensional model of the pipeline at the construction stage of the facility is carried out. An example of the content of the information table of visualization of individual elements of the information model of the construction object at the operational stage is given on the example of a water and electric meter. The directions of further research are given.

**KEYWORDS:** information modelling, optimization of the work of installation teams, augmented reality technology, life cycle of the capital construction object, the construction stage of the facility, engineering networks, data visualization information tables, reduced labour costs of installation work, augmented reality glasses

**FOR CITATION:** Evtushenko S.I., Kuzenko M.D. Use of augmented reality technology at the stages of the life cycle of a capital construction facility. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2023; 18(11):1813-1820. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.11.1813-1820 (rus.).

Corresponding author: Sergej I. Evtushenko, evtushenkosi@mgsu.ru.

## ВВЕДЕНИЕ

Согласно Указу Президента РФ от 09.09.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» определены тенденции и динамика развития технологий дополненной (Augmented reality — AR) и виртуальной реальности (Virtual reality — VR) в России и в мире в целом [1]. В статье также даны основные понятия AR-технологии и рассмотрено ее влияние на современные компании в таких сферах деятельности, как экономика и менеджмент. Приведены примеры внедрения технологии AR и показаны потенциальные пути ее развития [1].

Анализ рынка в сфере технологии дополненной реальности выполнен авторами в работе [2]. Представлены динамика изменения объема инвестиций, тенденция роста продаж и их средний темп. Детально проанализирована география конкурирующих компаний и причины отсутствия интереса у потенциальных покупателей. Показаны предпочитаемые пользователями компании в сфере дополненной реальности [2].

В труде [3] рассмотрены потенциальные сферы применения дополненной и виртуальной реальности и вектор развития рынка технологий AR и VR. Введено понятие «цикл зрелости технологии». Авторы высказываются о недостатках и преимуществах технологий дополненной и виртуальной реальности. Освещено применение данных технологий российскими компаниями [3].

Проведено сравнение перспектив дополненной и виртуальной реальности в российских IT-компаниях и на мировом рынке, отмечены перспективные направления для отечественных компаний и конкурентные преимущества [4].

Исследовано применение направлений AR- и VR-технологий в таких областях, как строительство, транспорт, энергетическая промышленность, медицина, обучение [5]. Оценены вспомогательные устройства взаимодействия с дополненной и/или виртуальной реальностью [5].

Особенности использования дополненной реальности изучены рядом авторов [6–8]. Более подробно история развития технологии дополненной реальности и изменения в сфере потенциального применения технологии, а также тенденции технологии дополненной реальности рассмотрены в публикации [7]. Авторы рассмотрели применение технологии дополненной реальности в обучающем процессе на примере методологии обучения MARE и программного комплекса RealEye [8].

Проанализирована специфика обучения новым технологиям [9, 10]. В частности, выполнено сравнение очков дополненной реальности от различных компаний, их характеристик и стоимости, показаны перспективы применения AR в сфере обучения [9]. Примеры использования AR в проектировании и строительстве, программ дополненной реальности приведены в работе [10]. В строительстве современных зданий как жилого, так и производственного сектора применение дополненной и виртуальной реальности развивается достаточно успешно [11–15]. Продемонстрированы принцип построения виртуальных моделей местности и зданий и устройства создания VR в строительстве [11]. Рассмотрены минимизация затрачиваемого времени и повышение точности работ в строительстве при применении дополненной реальности, а также концепция конструкции специализированных устройств [12]. Изучение особенностей технологий дополненной и виртуальной реальности, их принципиальных отличий при применении в строительстве является актуальным.

Исследование выполнено на основе опыта по совершенствованию информационного моделирования [16–22] и проведенных на кафедре информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве НИУ МГСУ исследований AR- и VR-технологий [23–27]. Утвержденная стратегия<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года : Распоряжение Правительства РФ от 31.10.2022 № 3268-р.

подтверждает важность дальнейшей работы в этом направлении.

При строительстве зданий значительную часть занимает монтаж различного технологического оборудования, а также инженерных сетей (водоснабжение, водоотведение, вентиляция и т.д.), которые обеспечивают функционирование зданий и сооружений. При осуществлении монтажа большая часть времени затрачивается на следующие работы: сверку рабочей документации и реалий, происходящих на объекте строительства; проработку месторасположения инженерных коммуникаций для предотвращения их пересечения (особенно при насыщенности инженерного оборудования и коммуникаций); выбор рациональных способов монтажа инженерных коммуникаций. Эти мероприятия замедляют работу

монтажной бригады, что ведет к повышению: трудоемкости выполняемых работ; увеличению сроков реализации проектов; возникновению ошибок (ввиду пересечения с другими коммуникациями или неправильным способом монтажа) и др. Совокупность указанных факторов влечет за собой снижение эффективности труда и экономической составляющей компании, осуществляющей монтажные работы. Аналогичная ситуация складывается при проведении экспертизы строительного объекта, которая состоит из сверки документации по объекту строительства с реалиями (оборудования, месторасположения, способа монтажа); выдачи предписания по выявленным замечаниям на объекте строительства на бумажном носителе, в котором перечислены пункты несоответствия с проектом и требуемый список исправлений.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Использование BIM-технологий в сочетании с AR-технологией позволяет сократить временные затраты на анализ рабочей документации и проработку маршрута коммуникаций.

Суть предлагаемого метода состоит в применении технологии BIM при выполнении работ на объекте капитального строительства в пределах рабочего набора (workset) или среде общих данных об информационной модели (ИМ). Каждый элемент (кабельный лоток, вентиляционный канал, трубы и т.д.), созданный в проектной ИМ, имеет свои координаты  $[X, Y, Z]$  относительно главных осей объекта. Сведения о пространственном расположении элементов предлагается использовать в информационных таблицах визуализации данных отдельных элементов ИМ объекта строительства. Визуализация осуществляется с помощью очков дополненной реальности, на которые предварительно загружаются необходимые рабочие наборы элементов ИМ. Координация очков происходит посредством встроенного в них приложения AR GPS-модуля и GPS-трекера, согласованного с главной осью объекта строительства.

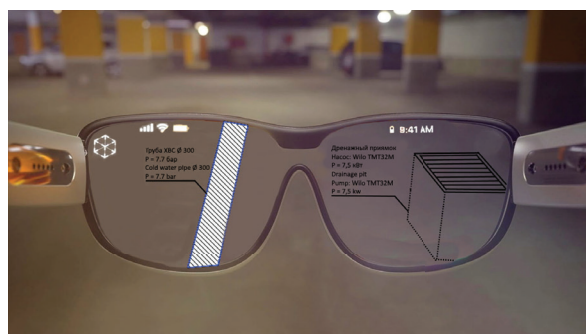
От главной оси объекта строительства проводится отсчет текущих координат элементов рабочего набора ИМ и текущих координат очков дополненной реальности в трехмерной системе координат  $[X, Y, Z]$ .

На рис. 1 продемонстрированы примеры использования подобной технологии на объекте строительства.

Кроме визуализации месторасположения оборудования и инженерных коммуникаций, в информационные таблицы визуализации также добавляется инструкция по монтажу, согласно действующим требованиям нормативно-технической документации. Информация по способу монтажа оборудования и коммуникаций может быть представлена как в тек-



a



b

**Рис. 1.** Визуализации технологии BIM и технологии дополненной реальности на строительном объекте: *a* — пример 1; 1 — установка пожаротушения; 2 — общеобменная вентиляция; *b* — пример 2 (представлено: магистраль водоснабжения ХВС, дренажный приямок)

**Fig. 1.** Visualization of BIM technology and augmented reality technology at a construction site: *a* — example 1; 1 — fire extinguishing installation; 2 — general ventilation; *b* — example 2 (presented by: water supply main CWS, drainage pit)



стовом, так и в визуальном варианте в виде образов отдельных элементов ИМ объекта строительства.

Технология применима и в рамках экспертизы строительного объекта, в ходе которой экспертная комиссия сверяется с проектными данными на соответствие: оборудования (тип, мощность, количество, производитель и т.д); месторасположения коммуникаций; правильности монтажа и др.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предложены информационные таблицы визуализации двух элементов ИМ объекта строительства и основные принципы их наполнения данными. Рассмотрим одну из них подробнее в таблице.

Согласно таблице выполняется визуализация магистрального трубопровода по заданным точкам, как показано на рис. 2.

На основании заданных точек осуществляется построение трехмерной модели на изучаемом строительном объекте.

Рассмотрим другие примеры применения дополненной реальности на стадии эксплуатации. В настоящее время достаточно хорошо налажен учет потребления воды в квартирах и частных домовладениях. Важными и неизменными параметрами служат номер лицевого счета и заводской номер водомера. Переменные параметры — дата последней поверки и дата ее окончания. Часто изменяемыми являются текущее и последнее показания, переданные в учетную организацию. Для старого жилого фонда Москвы характерно то, что в квартире установлено два счетчика для учета горячей и холодной воды. В современных квартирах делают два санузла и счетчиков устанавливают четыре. В квитанциях по оплате ЖКУ в г. Москве запланирована

Информационная таблица для визуализации магистрального трубопровода

Information table for visualization of the main pipeline

Номер информационной точки Data point number	Положение по оси X, м X-axis position, m	Положение по оси Y, м Y-axis position, m	Положение по оси Z, м Z-axis position, m	Диаметр трубы, мм Pipe diameter, mm
1-й этаж / 1st floor				
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

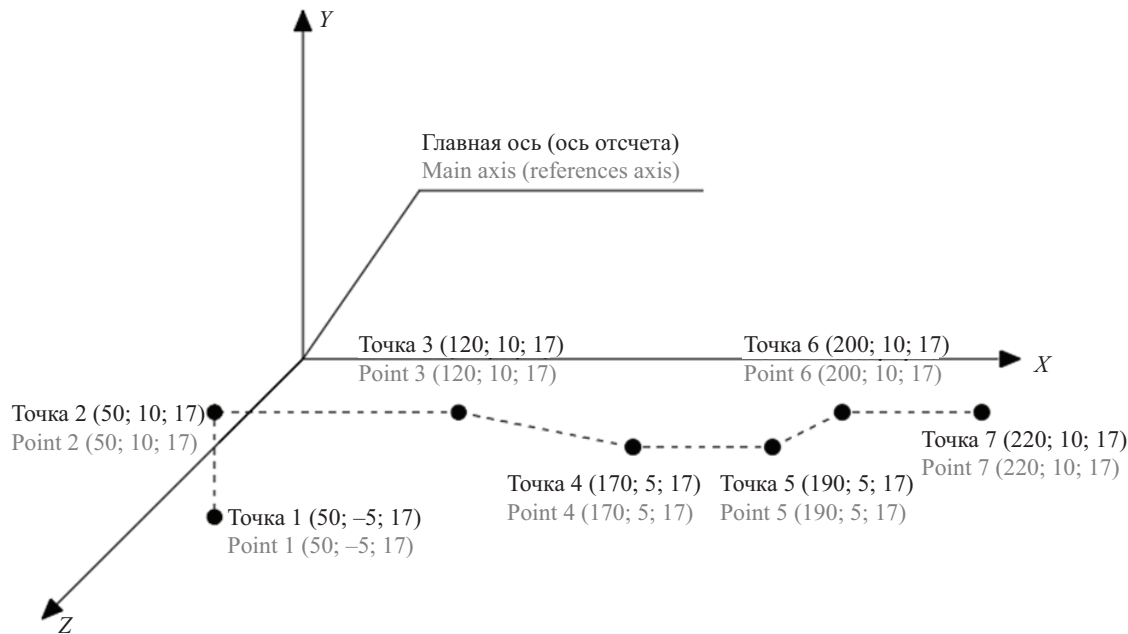


Рис. 2. График (XYZ) координации магистрального трубопровода

Fig. 2. Graph (XYZ) of the coordination of the main pipeline

возможность давать показания четырех счетчиков горячей и четырех счетчиков холодной воды. Таким образом, в таблице для обозначения датчиков авторы предлагают целочисленное число, состоящее из двух цифр. Первая цифра тип счетчика: 1 — холодная вода; 2 — горячая вода; 3 — счетчик для полива огорода и т.д. У счетчика типа 3 для измерения количества воды, использованной для полива, есть особенность, состоящая в том, что его показания вычитаются из показания счетчика входящей воды. Это необходимо, чтобы определить объем сточных вод для начисления оплаты за очистку воды. В таблице следует указать еще два признака: счетчик электронный или механический (0/1) и умный счетчик (1), снабженный модулем для автоматической передачи показаний (например, Bluetooth) или старого образца (0).

Для учета потребления электроэнергии используются электросчетчики, которые также имеют неизменные параметры, такие как номер лицевого счета и заводской номер счетчика. Переменные параметры — дата последней поверки и дата ее окончания. Часто изменяемые — текущее и последнее показания, переданные в учетную организацию. Счетчики энергии позволяют получить расход в ночное время T1, в часы пиковой нагрузки T2 и в обычное время (полупик) T3, а также суммарное

значение потребленной электроэнергии. В таблице требуется указать еще два целочисленных признака: счетчик трехфазный или двухфазный (0/1) и умный счетчик (1), снабженный модулем для автоматической передачи показаний (например, Bluetooth) или старого образца (0).

На первом главном экране для каждого элемента объекта капитального строительства должно быть не более 7 или 9 параметров. На следующих экранах информационной таблицы размещается дополнительная информация о текущих ремонтах оборудования, паспорт прибора с гарантийными условиями, инструкцией об установке и прочие сведения. На отдельных экранах информационных таблиц представлена другая информация, размещаемая эксплуатирующей организацией.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сформулированы типы информационных таблиц визуализации отдельных элементов информационной модели объекта строительства. Приведен пример содержания информационной таблицы для визуализации магистрального трубопровода, на основании которой осуществляется построение трехмерной модели трубопровода. Представлены направления дальнейших исследований.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Соснило А.И., Устюжанина М.Д.* Технологии виртуальной и дополненной реальности как факторы государственной экономической политики и роста конкурентоспособности бизнеса // *Вестник ПГИПУ. Социально-экономические науки.* 2019. № 2. С. 204–219. DOI: 10.15593/2224-9354/2019.2.15. EDN VNPEVC.
2. *Изосина Е.В., Семеркова Л.Н.* Оценка стратегической привлекательности рынка виртуальной и дополненной реальности в России // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки.* 2017. № 3 (43). С. 193–202. DOI: 10.21685/2072-3016-2017-3-21. EDN YTMWEZ.
3. *Иванова А.В.* Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения // *Стратегические решения и риск-менеджмент.* 2018. № 3. С. 88–107. DOI: 10.17747/2078-8886-2018-3-88-107
4. *Кучмиева Д.А.* Перспективы российских IT-компаний на мировом рынке VR и AR технологий // *Вестник науки и образования.* 2019. № 12–1 (66). С. 73–76. EDN JAXWWM.
5. *Кузнецов В.А., Руссу Ю.Г., Куприяновский В.П.* Об использовании виртуальной и дополненной реальности // *International Journal of Open*

*Information Technologies.* 2019. Т. 7. № 4. С. 75–84. EDN YOFXAO.

6. *Яковлев Б.С., Пустов С.И.* Классификация и перспективные направления использования технологии дополненной реальности // *Известия ТулГУ. Технические науки.* 2013. № 3. С. 484–492. EDN QCGFJL.

7. *Яковлев Б.С., Пустов С.И.* История, особенности и перспективы технологии дополненной реальности // *Известия ТулГУ. Технические науки.* 2013. № 3. С. 479–484. EDN MWPJML.

8. *Филимоненкова Т.Н.* Дополненная реальность как инновационная технология образовательного процесса // *Проблемы современного педагогического образования.* 2018. № 58–1. С. 246–251.

9. *Шевченко Г.И., Кочкин Д.А.* Основные характеристики очков виртуальной реальности и перспективы их использования в учебном процессе // *Преподаватель XXI век.* 2018. № 4–1. С. 160–168.

10. *Кравченко Ю.А., Лежебоков А.А., Пащенко С.В.* Особенности использования технологии дополненной реальности для поддержки образовательных процессов // *Открытое образование.* 2014. № 3 (104). С. 49–54. DOI: 10.21686/1818-4243-2014-3-104-49-54

11. Колесников А.А., Кикин П.М., Комиссарова Е.В. Создание виртуальных моделей местности и зданий // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. № 7. С. 45–49. EDN VVZYSZ.

12. Кузнецов Е.Ю., Новикова Е.А. Дополненная реальность как новый уровень качества работ в строительной сфере // Синергия наук. 2019. № 31. С. 608–614. EDN YWDECD.

13. Князева Л.Л., Федоров О.П. Дополненная реальность как средство коммуникации в архитектурном проектировании // Синергия наук. 2019. № 31. С. 764–774. EDN YWDEGL.

14. Обвинцева Е.О., Рязанов И.Ю., Шавва А.А. Дополненная реальность в проектировании и строительстве // Синергия наук. 2019. № 31. С. 638–644.

15. Симченко О.Л., Сунцов А.С., Чазов Е.Л., Куделина А.А., Малышева Е.Н. Проблемы и перспективы применения технологий виртуальной и дополненной реальности в строительстве // Фундаментальная и прикладная наука: Состояние и тенденция развития : сб. ст. III Междунар. науч.-практ. конф. 2020. С. 91–98. EDN FMTULT.

16. Shilov L., Evtushenko S., Arkhipov D., Shilova L. The prospects of information technology using for the analysis of industrial buildings defects // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1030. Issue 1. P. 012039. DOI: 10.1088/1757-899X/1030/1/012039

17. Евтушенко С.И., Шилова Л.А., Улесикова Е.С., Кучумов М.А. Информационное моделирование тоннеля метро с противовибрационными мероприятиями // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 10 (100). С. 29–35. EDN KAKHFS.

18. Шутова М.Н., Вареница А.П., Евтушенко С.И., Подскребалин А.С. Применение метода 3D сканирования при выполнении обмерных работ объектов производственного и непроизводственного назначения // Строительство и архитектура. 2022. Т. 10. № 2. С. 76–80. DOI: 10.29039/2308-0191-2022-10-2-76-80. EDN NYAEVM.

19. Евтушенко С.И., Пученков И.С. Создание информационной модели здания в среде общих данных // Строительство и архитектура. 2021. Т. 9. № 1.

С. 46–50. DOI: 10.29039/2308-0191-2021-9-1-46-50. EDN PBMPSCM.

20. Феттер М.А., Евтушенко С.И. Проблемы применения автоматической расстановки элементов при построении информационной модели трубопроводных систем здания по облакам точек // Строительство и архитектура. 2022. Т. 10. № 2. С. 71–75. DOI: 10.29039/2308-0191-2022-10-2-71-75. EDN NVEZMF.

21. Остафьев Р.В., Евтушенко С.И. Разработка IFC маппинга для выгрузки информационных моделей архитектурных решений // Строительство и архитектура. 2022. Т. 10. № 2. С. 91–110. DOI: 10.29039/2308-0191-2022-10-2-91-110. EDN YADGFT.

22. Остафьев Р.В., Евтушенко С.И. Анализ плагина для связи информационных моделей зданий Direct Link // Информационные технологии в обследовании эксплуатируемых зданий и сооружений : мат. XIX Междунар. науч.-техн. конф. 2020. С. 9–13. EDN NLOBBJ.

23. Шабалин М.С., Назаров Е.С., Якубович А.М., Лосев К.Ю. Возможности использования AR и VR в процессе жизненного цикла здания в России // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019 : сб. мат. Всерос. науч.-практ. конф. 2019. С. 563–566. EDN BJIVZG.

24. Лужнев А.Ю. Лазерное сканирование для BIM и результаты визуализации в среде VR // Дни студенческой науки : сб. докл. науч.-техн. конф. 2020. С. 499–503. EDN IPDEBH.

25. Шабалин М.С., Баширова Ю.Р. Сравнительный анализ программ, использующих AR технологию применительно к объектам строительства и архитектуры // Дни студенческой науки : сб. докл. науч.-техн. конф. 2020. С. 441–444. EDN JDSPCS.

26. Синягина К.А. Применение AR-технологии в индивидуальном строительстве // Дни студенческой науки : сб. докл. науч.-техн. конф. 2022. С. 219–224. EDN JYMQLO.

27. Железнова А.О. Реализация VR-технологий на основе возможностей AutoDesk Revit и A360 Rendering // Дни студенческой науки : сб. докл. науч.-техн. конф. 2022. С. 246–249. EDN FILXSK.

Поступила в редакцию 6 февраля 2023 г.

Принята в доработанном виде 28 февраля 2023 г.

Одобрена для публикации 18 сентября 2023 г.

ОБ АВТОРАХ: Сергей Иванович Евтушенко — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем, технологии и автоматизации строительства; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; evtushenkosi@mgsu.ru;

Максим Дмитриевич Куценко — магистрант кафедры информационных систем, технологии и автоматизации строительства; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; maks\_kutsenko\_mk@mail.ru.

Вклад авторов:

Евтушенко С.И. — научное руководство, написание и редактирование текста, развитие методики, дополнение и редактирование итоговых выводов.

Куценко М.Д. — идея, сбор материала, написание итоговых выводов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## REFERENCES

1. Sosnilo A.I., Ustyuzhanina M.D. Technology of virtual and augmented reality as factors of state economic policy and business competitiveness growth. *PNRPU Sociology and Economics Bulletin*. 2019; 2:204-219. DOI: 10.15593/2224-9354/2019.2.15. EDN VNPEVC. (rus.).
2. Izosina E.V., Semerkova L.N. Strategic appeal evaluation of the virtual and augmented reality market in Russia. *University proceedings. Volga region. Social sciences*. 2017; 3(43):193-202. DOI: 10.21685/2072-3016-2017-3-21. EDN YTMWEZ. (rus.).
3. Ivanova A.V. VR & AR technologies: opportunities and application obstacles. *Strategic decisions and risk management*. 2018; 3:88-107. DOI: 10.17747/2078-8886-2018-3-88-107 (rus.).
4. Kuchmieva D.A. Prospects of Russian IT companies in the world market of VR and AR technologies. *Herald of Science and Education*. 2019; 12-1(66):73-76. EDN JAXWWM. (rus.).
5. Kuznetsov V., Russu Ju., Kupriyanovsky V. On the use of virtual and augmented reality. *International Journal of Open Information Technologies*. 2019; 7(4):75-84. EDN YOFXAO. (rus.).
6. Yakovlev B.S., Pustov S.I. Classification and promising application augmented reality. *Izvestiya Tula State University*. 2013; 3:484-492. EDN QCGFJL. (rus.).
7. Yakovlev B.S., Pustov S.I. History, features and prospects of augmented reality. *Izvestiya Tula State University*. 2013; 3:479-484. EDN MWPJML. (rus.).
8. Filimonenkova T.N. Augmented reality as an innovative technology of the educational process. *Problems of Modern Pedagogical Education*. 2018; 58-1:246-251. (rus.).
9. Shevchenko G.I., Kochin D.A. The main characteristics of VR glasses and the prospects of their use in the educational process. *Teacher of the XXI century*. 2018; 4-1:160-168. (rus.).
10. Kravchenko Yu.A., Lezhebokov A.A., Pashenko S.V. Features of using augmented reality technology to support educational processes. *Open Education*. 2014; 3(104):49-54. DOI: 10.21686/1818-4243-2014-3(104-49-54) (rus.).
11. Kolesnikov A.A., Kikin P.M., Komissarova E.V. Creation of a virtual models of terrain and buildings. *Interexpo Geo-Siberia*. 2016; 7:45-49. EDN VVZYSZ. (rus.).
12. Kuznechenkov E.Yu. AR as a new level of quality of work in the construction sector. *Synergy Journal*. 2019; 31:608-614. EDN YWDECD. (rus.).
13. Knyazeva L.L., Fedorov O.P. AR as a means of communication in architectural design. *Synergy Journal*. 2019; 31:764-774. EDN YWDEGL. (rus.).
14. Obvinceva E.O., Ryazanov I.Yu., Shavva A.A. AR in design and construction. *Synergy Journal*. 2019; 31:638-644. (rus.).
15. Simchenko O.L., Suncov A.S., Chazov E.A., Kudelina A.A., Malysheva E.N. Problems and prospects of using VR and AR technologies in construction. *Fundamental and applied science: The state and trend of development : collection of articles of the III International Scientific and Practical Conference*. 2020; 91-98. EDN FMTULT. (rus.).
16. Shilov L., Evtushenko S., Arkhipov D., Shilova L. The prospects of information technology using for the analysis of industrial buildings defects. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021; 1030(1):012039. DOI: 10.1088/1757-899X/1030/1/012039
17. Evtushenko S.I., Shilova L.A., Ulesikova E.S., Kuchumov M.A. Information modeling of a subway tunnel with anti-vibration measures. *Science and Business: Ways of Development*. 2019; 10(100):29-35. EDN KAKHFS. (rus.).
18. Shutova M., Varenitsa A., Evtushenko S., Podskrebalin A. Application of the 3D scanning method when performing measurement works of industrial and non-industrial objects. *Construction and Architecture*. 2022; 10(2):76-80. DOI: 10.29039/2308-0191-2022-10-2-76-80. EDN NYAEVM. (rus.).
19. Evtushenko S., Puchenkov I. Creating a building information model in a shared data environment. *Construction and Architecture*. 2021; 9(1):46-50. DOI: 10.29039/2308-0191-2021-9-1-46-50. EDN PBMPCM. (rus.).
20. Fetter M., Evtushenko S. Problems of application of automatic arrangement of elements in the construction of an information model of pipeline systems of a building based on point clouds. *Construction and Architecture*. 2022; 10(2):71-75. DOI: 10.29039/2308-0191-2022-10-2-71-75. EDN NVEZMF. (rus.).
21. Ostashev R., Evtushenko S. Development of IFC mapping for export of information models of architectural solutions. *Construction and Architecture*. 2022; 10(2):91-110. DOI: 10.29039/2308-0191-2022-10-2-91-110. EDN YADGFT. (rus.).
22. Ostashev R.V., Evtushenko S.I. Analysis of the plugin for communication of building information



models direct link. *Information technologies in the survey of operated buildings and structures : materials of the XIX International Scientific and Technical conf.* 2020; 9-13. EDN NLOBBJ. (rus.).

23. Shabalin M.S., Nazarov E.S., Yakubovich A.M., Losev K.Yu. The possibilities of using AR and VR in the life cycle of a building in Russia. *System engineering of construction. Cyberphysical building systems – 2019 : collection of materials of the All-Russian Scientific Conference 2019*; 563-566. EDN BJIVZG. (rus.).

24. Lujev A.Yu. Laser scanning for BIM and visualization results in a VR environment. *Student Science Days : collection of reports of the scientific and technical conference.* 2020; 499-503. EDN IPDEBH. (rus.).

25. Shabalin M.S., Bashirova Yu.R. Comparative analysis of programs using AR technology in relation to construction and architecture objects. *Student Science Days : collection of reports of the scientific and technical conference.* 2020; 441-444. EDN JDSPCS. (rus.).

26. Sinyagina K.A., Rybakova A.O. Application of AR technology in individual construction. *Student Science Days : collection of reports of the scientific and technical conference.* 2022; 219-224. EDN JYMQLO. (rus.).

27. Jeleznova A.O. Implementation of VR technologies based on the capabilities of AutoDesk Revit and A360 Rendering. *Student Science Days : collection of reports of the scientific and technical conference.* 2022; 246-249. EDN FILXSK. (rus.).

Received February 6, 2023.

Adopted in revised form on February 28, 2023.

Approved for publication on September 18, 2023.

**B I O N O T E S :** **Sergej I. Evtushenko** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information Systems, Technology and Automation of Construction; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; evtushenkosi@mgsu.ru;

**Maksim D. Kuzenko** — master's student of the Department of Information Systems, Technology and Automation of Construction; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; maks\_kutsenko\_mk@mail.ru.

*Contribution of the authors:*

*Sergej I. Evtushenko — scientific guidance, writing the review text, writing and editing the text, developing the methodology, supplementing and editing the final conclusions.*

*Maksim D. Kuzenko — the idea, collecting material for the review, writing the final conclusions.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*