

СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОВОСТИ: ОБЗОРЫ СОБЫТИЙ, КОНФЕРЕНЦИЙ, ВЫСТАВОК, КНИЖНЫХ НОВИНОК. КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ. ДИСКУССИИ И РЕЦЕНЗИИ

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ / REVIEW PAPER

УДК 721.024

DOI: 10.22227/2305-5502.2025.2.10

Новые возможности сохранения объектов архитектурного наследия в цифровой среде метавселенной

Лейсан Ирековна Садыкова

РН-БашНИПИнефть; Республика Башкортостан, г. Уфа, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Предложена технология метавселенной, в которой особое внимание уделяется ориентированной на пользователя технологической адаптации как среды для воспроизведения оцифрованных памятников архитектуры. Цель исследования — определить основные ключевые технологические сегменты для объектов архитектурного наследия в зависимости от типа метавселенной. Для достижения цели исследования поставлены задачи: анализ прорывных и сквозных технологий; оценка критериев ключевого технологического сегмента объектов архитектурного наследия в среде метавселенной. основополагающими по отношению к данному исследованию можно считать труды, раскрывающие аспекты: управления наследием, представленного нормативами, стандартами; описания сквозных технологий, формирующих метавселенную; сохранения объектов архитектурного наследия с внедрением технологий цифровизации.

Материалы и методы. Применены общенаучные методы (логический, метод аналогии, систематизации), конкретно-научные методы (сравнительный анализ научных источников информации, проведенный на базе цифровых библиотек Researchgate, CyberLeninka), цифровой метод (запросы в сети интернет, глобальные тренды).

Результаты. В результате анализа ключевых технологических сегментов в области сохранения архитектурного наследия в среде метавселенной выявлены критерии для оценки потенциала применения данной технологии в сфере недвижимости, инжиниринга и строительства, научно значимых объектов, воссоздания реконструкций, посещения объектов наследия в виде музейных экспонатов, либо как объектов в сфере туризма.

Выводы. Сохранение объектов архитектурного наследия в виде цифровых моделей, элементов метавселенной позволит воспроизвести память и богатую историю развития архитектуры и градостроительства.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: архитектурное наследие, прорывные технологии, метавселенная, блокчейн, виртуальная реальность, дополненная реальность, смешанная реальность

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Садыкова Л.И. Новые возможности сохранения объектов архитектурного наследия в цифровой среде метавселенной // Строительство: наука и образование. 2025. Т. 15. Вып. 2. Ст. 10. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2025.2.10

Автор, ответственный за переписку: Лейсан Ирековна Садыкова, architectoramineva@mail.ru.

New opportunities for the preservation of architectural heritage in the digital environment of the metaverse

Leysan I. Sadykova

RN-BashNIPIneft; Republic of Bashkortostan, Ufa, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In this paper, a metaverse technology is proposed, in which special attention is paid to user-oriented technological adaptation as an environment for reproducing digitised architectural monuments. The purpose of the study is to identify the main key technological segments for architectural heritage sites, depending on the type of metaverse. To achieve the purpose of the study, the following tasks were set: analysis of breakthrough and end-to-end technologies; evaluation of criteria for a key technological segment of architectural heritage objects in the metaverse environment. Consequential fundamental in relation to this study can be works which is revealing aspects of: heritage management, represented by norms, standards; descriptions of end-to-end technologies forming the metaverse; preservation of architectural heritage objects with the introduction of digitalisation technologies.

Materials and methods. In this paper general scientific methods (logical, method of analogy, systematisation), specifically scientific methods (comparative analysis of scientific sources of information conducted on the basis of digital libraries Researchgate, CyberLeninka), digital method (Internet queries, global trends) were applied.

Results. As a result of the analysis of key technological segments in the field of architectural heritage preservation in the metaverse environment, criteria were identified for assessing the potential of using this technology in the field of real estate, engineering and construction, scientifically significant objects, reconstruction of reconstructions, visits to heritage sites in the form of museum exhibits, or as objects in the field of tourism.

Conclusions. The preservation of architectural heritage objects in the form of digital models, elements of the metaverse will preserve and reproduce the memory and rich history of architecture and urban planning.

KEYWORDS: architectural heritage, breakthrough technologies, metaverse, blockchain, virtual reality, augmented reality, mixed reality

FOR CITATION: Sadykova L.I. New opportunities for the preservation of architectural heritage in the digital environment of the metaverse. *Construction: Science and Education*. 2025; 15(2):10. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2025.2.10

Corresponding author: Leysan I. Sadykova, architectoramineva@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Предложена технология метавселенной, в которой особое внимание уделяется ориентированной на пользователя технологической адаптации как среды для воспроизведения оцифрованных памятников архитектуры.

Цель исследования — определить основные ключевые технологические сегменты для объектов архитектурного наследия в зависимости от типа метавселенной.

Для достижения цели исследования поставлены задачи:

- анализ прорывных и сквозных технологий;
- оценка критериев ключевого технологического сегмента объектов архитектурного наследия в среде метавселенной.

Основополагающими по отношению к данному исследованию можно считать труды, раскрывающие аспекты:

- управления наследием, представленного нормативами, стандартами;
- описания сквозных технологий, формирующих метавселенную: И.И. Сазерленд, С.К. Бахтияри, Л.Х. Ли, Т. Брод, П. Чжоу, Д.В. Санатов, М.А. Харитонов, Е.А. Годунова, А.С. Пургин;
- сохранения объектов архитектурного наследия с внедрением технологий цифровизации: А.Н. Нестерова, А.Е. Семина, Л. Янг, Ю. Ние, С. Инносенте, Ф. Нонис, А.Л. Фаро, Р. Руджиири, Д.Г. Шкаев, И.П. Гладилина, Е.В. Климкович, А.С. Бондаренко.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Применены общенаучные методы (логический, метод аналогии, систематизации), конкретные научные методы (сравнительный анализ научных источников информации, проведенный на базе цифровых библиотек Researchgate, CyberLeninka), цифровой метод (запросы в сети интернет, глобальные тренды).

Традиционное сохранение объектов архитектурного наследия

Работа с объектами наследия, согласно Федеральному закону от 25.06.2002 № 73-ФЗ «Об объ-

ектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации»¹, требует предоставления проекта с рационализацией принятых решений и обязательным прохождением государственной экспертизы. По Градостроительному кодексу РФ² государственной экспертизе подлежат проектная документация и результаты инженерных изысканий, выполненных для подготовки документации объектов культурного наследия (ОКН) регионального и местного значения. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 05.03.2021 № 331³ для объектов, финансирование которых осуществляется с применением государственных средств, необходимо внедрение цифровой информационной модели (ЦИМ). Согласно Требованиям к цифровым информационным моделям производственных и непроизводственных объектов капитального строительства для Москвы⁴ и Санкт-Петербурга⁵ регламентируются формат, наименование, разделение и подготовка файлов

¹ Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации : Федеральный закон РФ от 25.06.2002 № 73-ФЗ (с изм. на 25.06.2002). URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/18230>

² Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 25.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.02.2024). URL: <https://legalacts.ru/kodeks/Gradostroitelnyi-Kodeks-RF/>

³ Об установлении случаев, при которых застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства (с изм. и доп.) : Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331. URL: <https://base.garant.ru/400424628/>

⁴ Требования к цифровым информационным моделям производственных и непроизводственных объектов капитального строительства, представляемым для проведения экспертизы. URL: http://www.moexp.ru/doc/req_cim_ot_08-2022.pdf

⁵ Требования к цифровым информационным моделям объектов капитального строительства, представляемым для проведения экспертизы. URL: https://www.spbexp.ru/upload/iblock/906/trebovaniya_k_tsim_redkatsiya_18_06_2020.pdf

ЦИМ. Приведенные выше документы подтверждают, что моделирование объектов для прохождения экспертизы постепенно становится обязательным. Также в России на федеральном уровне существует реестр для систематизации и хранения данных по ОКН в цифровом формате.

Опыт сохранения объектов архитектурного наследия (ОАН) направлен на изучение и охрану культурных ценностей, поиск принципов и методов консервации и реставрации, совершенствование нормативной базы, стратегическое планирование и управление объектами наследия в условиях глобализации. Перечисленные подходы со временем претерпевали изменения, например, решение вопросов изучения и охраны культурных ценностей, поиск принципов и методов консервации и реставрации сменился переходом к монументальной охране наследия так же, как и консервационные подходы к наследию, развитие реконструкции, модернизации и перепрофилирования объектов наследия были преобразованы в реконструктивные, прагматичные подходы к наследию.

Перечисленные методы эффективны для работы с существующими объектами наследия в то время, когда многие объекты наследия безвозвратно утеряны или находятся в аварийном состоянии. С этими процессами связаны отсутствие действенного механизма контроля за сохранением и содержанием объектов культурного наследия, сложность включения объектов наследия в современный отечественный рынок (туристический рынок, рынок жилья), отсутствие проработанных механизмов в экономических секторах для последовательного решения проблем памятников, а также включения памятников в хозяйственный оборот с изменением их исторической функции.

Анализ литературных источников позволил определить тенденцию актуальности сохранения ОАН с применением цифровых технологий (ЦТ). Выявленная информация свидетельствует о высокой заинтересованности ученых данной проблемой и возросшим количеством цифровых приемов, инструментов и подходов, которые качественно дополняют классические подходы к сохранению ОАН. Например, цифровое обследование и соответствующая цифровая система документирования объектов предоставляют возможности и способы сохранения существующего наследия и восстановления утраченного [1], необходимость разработки методических основ для градоэкологического обеспечения сохранности объектов наследия на основе информационных моделей и геоинформационных баз данных [2], дополнение традиционных подходов к сохранению культурного наследия современными эффективными цифровыми подходами путем теоретического расчета, криптографии, блокчейн-технологий [3], виртуального воссоздания утрачен-

ного или находящегося под угрозой исчезновения наследия в среде метавселенной [4–8].

Сквозные технологии, формирующие метавселенную

Концепция виртуального мира, насколько мы его сейчас понимаем, прослеживается еще с 1960-х гг., когда ученые предложили кинестетический интерфейс с интерактивной графикой, обратной связью, движениями тела и звуком [9]. После достижений в вычислительной мощности компьютеров и коммуникационных технологий некоторые разработчики предполагают, что физический и виртуальный миры сходятся в некую гиперреальность — феномен симуляции действительности [10].

Согласно оценке Конгресса США технологий для пользователей в сфере компьютерных симуляций и виртуальных мероприятий в интернете⁶, технологии включают в себя AR (дополненная реальность), MR (смешанная реальность), VR (виртуальная реальность), которые обладают потенциалом в инновациях нескольких направлений: развлечения, здоровье, инжиниринг, недвижимость, розничная торговля, военное дело, образование и совместная работа. Проблемы метавселенной и сама технология подробно рассматриваются в работе, где определены существующие технологии и технологическая инфраструктура для создания метавселенной, характеризующейся постоянными, совместно используемыми, параллельными и трехмерными виртуальными пространствами, объединяющимися в воспринимаемую виртуальную вселенную.

Сопутствующие технологии состоят из восьми технологических инструментов: интернет, облачные хранилища, искусственный интеллект, компьютерное зрение, блокчейн, интернет вещей, интерактивность пользователей, расширенная реальность; и шести инструментов экосистемы метавселенной: аватары, создание контента, виртуальная экономика, социальная допустимость, защита персональных данных, подотчетность [11].

Основные проблемные аспекты метавселенной:

- проблемы организации среды в виде сценария поведения и ограниченные вычислительные возможности для лучшего взаимодействия;
- проблемы интероперабельности между системами;
- отсутствие цензуры;
- культура создателя — создание контента в метавселенной плотно связано с взаимодействием, так как ограничение в доступных инструментах в метавселенной не позволяет новичкам или непрофессионалам реализовать свой потенциал;
- отсутствие централизованной системы государственного регулирования;

⁶ The Metaverse: Concepts and Issues for Congress. URL: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R47224>



Рис. 1. Vegas City в Decentraland

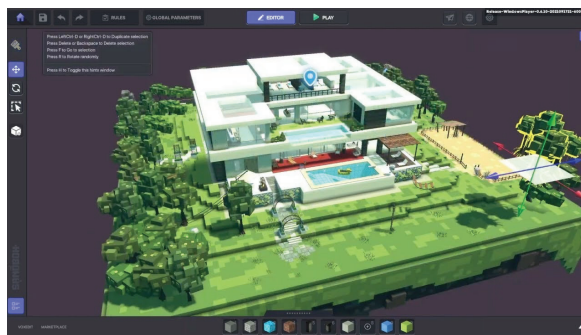


Рис. 2. Метавселенная Sandbox



Рис. 3. Метавселенная Матрешка

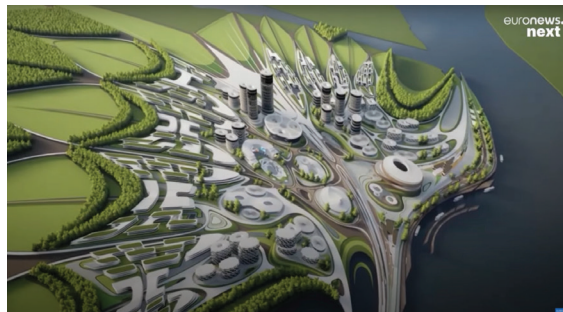


Рис. 4. Метавселенная Liberland

• отсутствие доверенной валюты и банковской системы, которая не противоречит основополагающей идее децентрализации [11].

Метавселенные делятся на три типа: промышленные, корпоративные и потребительские [12].

Промышленные метавселенные базируются на сборе данных и их максимальном использовании для ускорения транзакций и обеспечения интеграции технологий. Инвестируют в эту технологию такие промышленные гиганты, как Siemens, BMW, Hyundai, Schlumberger, Газпром, Ростех, Росатом.

Корпоративные метавселенные связаны с организацией иммерсивного рабочего пространства для комфортной совместной удаленной работы. С данной технологией работают такие компании, как Meta Platforms, Microsoft Corporation.

Потребительские метавселенные связаны с медиаиндустрией, рекламой, геймингом. Довольно большое количество крупных компаний инвестируют в метавселенную: Alphabet Inc., Apple Inc., Roblox Corporation, Epic Games Inc.

Разработка и развитие метавселенной как технологии не определены, так как для поддержания ее экосистемы необходимы более продвинутые технологии. Тем более огромное количество технологий, приложений, платформ, которые могут взаимодействовать с метавселенной, разрабатываются бессистемно и с несовместимыми бизнес-стратегиями [13].

Самые известные метавселенные

Потребительские: Decentraland (2017)⁷ — первая рабочая метавселенная, в которой можно

за криптовалюту купить землю, заказать пищу, рекламировать товары, посетить кинотеатр с другими пользователями, сходить на аукцион (рис. 1). Основана на блокчейн Ethereum.

The Sandbox⁸ — игровая экосистема на блокчейне Ethereum. Можно создавать, делиться и продавать активы в виртуальном мире. Sand — токен ERC-20, который управляет всеми транзакциями (рис. 2).

Матрешка Ренессанс (2023, Россия)⁹ — зарождающаяся метавселенная, это трехмерный виртуальный город для проведения выставочных, деловых, познавательных и развлекательных мероприятий, доступных всему миру, и организации эффективного нетворкинга. Предполагается размещение цифровых двойников промышленных предприятий для виртуального посещения (рис. 3).

Метавселенная Liberland¹⁰ — результат сотрудничества Liberland, Zaha Hadid Architects, Mytaverse и ArchAgenda a.o. — задумана как центр виртуальной индустрии синергии и сетевого взаимодействия для криптопроектов, криптокомпаний и криптособытий (рис. 4).

Представленный тип метавселенных наиболее тесно связан с пространством, архитектурой, дизайном, так как от эффекта местности зависит вовлеченность пользователей и их интерактивность.

⁸ The Sandbox. URL: <https://www.sandbox.game/en/>

⁹ Российская метавселенная. Матрешка Ренессанс. URL: <https://metarenessans.ru/>

¹⁰ Liberverse. URL: <https://world.liberland.org/>

⁷ Decentraland. URL: <https://decentraland.org/>



Рис. 5. Вариант виртуального пространства в Areena virtual space

Корпоративные: Areena virtual space¹¹ — сервис для организации мероприятий в виртуальном пространстве. Геймифицированный интерфейс, общение и коммуникация с помощью аватара и создание мероприятий различного масштаба, а также работа с любого устройства актуальны для создания встреч разных уровней (рис. 5).

Azur digital twins — система, которая интегрирует облака, интернет вещей (IoT), граничные вычисления (Edge Computing), искусственный интеллект (AI) и смешанную реальность (Mixed reality).

Промышленные: Siemens¹² — это концепция цифрового мира, отражающего и имитирующего реальные машины и фабрики, здания и города, сети и транспортные системы (рис. 6).

BMW¹³ — цифровой двойник завода, который позволяет предварительно оценить этапы строительства и оптимизировать их. Это полный цифровой двойник завода, виртуальный интерфейс которого похож на сложную облачную видеоигру. У каждого предмета из реального мира есть трехмерный аналог, который действует точно так же, как его физическая версия (рис. 7).

Газпром — формирование подключенной экосистемы путем перехода от создания цифровых



Рис. 7. Промышленная метавселенная BMW

¹¹ Advanza запускает платформу для онлайн-ивентов в России. URL: <https://www.sostav.ru/publication/advanza-46082.html>

¹² The Industrial Metaverse // Siemens. URL: <https://www.siemens.com/global/en/company/digital-transformation/industrial-metaverse.html>

¹³ The iX1 metaverse experience // BMW. URL: <https://www.bmw.com/en/events/dreams.html>



Рис. 6. Промышленная метавселенная Siemens

двойников оборудования к общей экосистеме всех площадок.

Сохранение ОАН и метавселенная.

Оценка ключевого технологического сегмента

Объекты архитектурного наследия имеют широкий спектр взаимодействия в сфере охвата метавселенной. Рассмотрим модель ОАН с точки зрения управления объектами недвижимости и архитектуры, инжиниринга и строительства. Тип этих объектов распределен между *корпоративными метавселенными*: возможность удаленной совместной работы, виртуального офиса актуальна для ученых и проектировщиков; и *промышленными метавселенными*: в виде цифровых двойников, если речь идет о сохранении действующего промышленного объекта и его инфраструктуры. Набор технологий для задач иммерсивной коллаборации в ОАН позволит создание гибридных рабочих мест для совместной работы в виртуальной реальности: организации встреч, обучения, общения сотрудников, проектирования и использования инструментов создания цифровых моделей объектов и процессов. Совместная работа с информационной моделью проектируемого объекта может стать более интерактивной, детализированной. Так же в рамках работы с предприятиями подразделения, либо факультетов университета могут быть созданы метавселенные, обучение и совместная работа проводятся в виртуальных пространствах, например, таким образом реализовано обучение в Токийском университете и данное взаимодействие активно развивается. Трендом ключевого направления развития в современной работе университетов постепенно становятся метавселенные [14, 15].

Следует акцентировать внимание на научной значимости ОАН, которые благодаря цифровым двойникам и симуляциям получают современные цифровые инструменты для наиболее эффективных проектов реставрации, реконструкции и т.д. Данный способ относится к типу *промышленной метавселенной* [12]. Основная задача — повышение операционной эффективности за счет максимального использования собираемых данных, обеспечения интеграции цифровых технологий (интероперабельности). Интероперабельность, в свою очередь, раскрывает возможности создания платформы метавселенной для того, чтобы

можно было исследовать объект наследия и раскрыть целый ряд задач, включая оптимизацию сложности цифровой модели для метавселенной и тонкую настройку текстур и материалов для обеспечения реалистичности восприятия. Для этого необходим подробный анализ целей, методов и результатов для создания реконструированного в цифровом виде мира, демонстрирующего особую важность в области сохранения информации [16].

Наконец, модель ОАН необходимо рассмотреть как элементы виртуальных миров. Воссоздание исторических антуражей, посещение объектов наследия в виде музейных экспонатов вдохнут в них новую жизнь, особенно, если эти объекты были утрачены в физическом мире [17]. Основной тип — *потребительская метавселенная*. Погружение цифровых моделей в виртуальное окружение позволяет объединять их в системы и использовать в различных сценариях, например в цифровом туризме [18]. Отсутствие географических ограничений для посещения объектов наследия, возможность персонализации пользователя путем создания аватара, повышение вариативности взаимодействия с пространством для маломобильной группы населения — наиболее популярные аттракторы для современных пользователей. Цифровые инновации в метавселенной также способствуют созданию устойчивой туристической индустрии благодаря активному сотрудничеству с местным сообществом и созданию сценариев взаимодействия пользователей и цифровой инфраструктуры для наиболее эффективной репрезентативности посещаемого объекта [19]. Необходимы междисциплинарное взаимодействие для реализации стратегии, обеспечение интероперабельности, проработка дорожных карт для исследователей, архитекторов, программистов и дизайнеров по разработке комплексного плана действий [20]. Применение прорывных технологий формирует новый тип интеллектуального наследия, которое можно определить как виртуальную среду с поддержкой интерактивного взаимодействия, которая удовлетворяет требованиям различных заинтересованных сторон, таким как онлайн-экскурсии по наследию, охрана наследия и устойчивое продвижение культуры, а игро-

вой тип взаимодействия станет ключевым вариантом использования метавселенной из-за его привычного и увлекательного характера [21, 22].

Безусловно следует учитывать преимущества, риски и проблемы, связанные с виртуальным воссозданием наследия, например сохранения, распространения культурного наследия, во внедрении новых технологий на рынок культурного туризма с помощью моделей, направленных на обогащение и улучшение пользовательского опыта, когда речь заходит об активизации исторического и художественного наследия [23].

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате анализа ключевых технологических сегментов в области сохранения архитектурного наследия в среде метавселенной выявлены критерии для оценки потенциала применения данной технологии в сфере недвижимости, инжиниринга и строительства, научно значимых объектов, воссоздания реконструкций, посещения объектов наследия в виде музейных экспонатов, либо как объектов в сфере туризма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Перспектива применения цифровых технологий в области сохранения объектов архитектурного наследия очевидна. Технологии позволяют повысить точность выполняемых работ, выявить несоответствия еще на ранних стадиях проектирования, воссоздать среду с высокой точностью утраченного в физическом мире объекта, предоставить возможность иммерсивного посещения объекта для людей с ограниченными возможностями. Метавселенная в данной ситуации выступает аккумулятором перечисленных процессов, так как для поддержания ее жизнедеятельности необходимы сопутствующие технологии и междисциплинарное взаимодействие.

Сохранение объектов архитектурного наследия в виде цифровых моделей, элементов метавселенной дает возможность сохранить и воспроизвести память и богатую историю развития архитектуры и градостроительства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Семина А.Е. Принципы и методы цифрового документирования историко-архитектурной среды на примере городов Верхнекамья : дис. ... канд. арх. наук. Нижний Новгород, 2021. 251 с. EDN MNOSTK.
2. Нестерова А.Н. Градоэкологическое обеспечение создания и функционирования мемориальных комплексов при реконструкции городской застройки : дис. ... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 2019. 196 с. EDN SAVNDV.

3. Yang L. Research on Digital Archives Construction of Jingdezhen Ceramic Material Cultural Heritage Based on Blockchain Technology // International Journal of Engineering and Technology. 2022. Vol. 14. Issue 3. Pp. 52–55. DOI: 10.7763/ijet.2022.v14.1201
4. Гладилина И.П., Климкович Е.В., Бондаренко А.С. Образовательное пространство вуза как фактор трансформации экосистемы цифрового общества // Современное педагогическое образование. 2024. № 1. С. 216–220. EDN OUPHPM.

5. *Innocente C., Nonis F., Faro A.L., Ruggieri R., Ulrich L., Vezzetti E.* A Metaverse Platform for Preserving and Promoting Intangible Cultural Heritage // *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14. Issue 8. P. 3426. DOI: 10.3390/app14083426
6. *Song H., Selim G.* Smart Heritage for Urban Sustainability : a Review of Current Definitions and Future Developments // *Journal of Contemporary Urban Affairs*. 2022. Vol. 6. Issue 2. Pp. 175–192. DOI: 10.25034/ijcua.2022.v6n2-5
7. *Shakeri S., Ornek M.A.* How metaverse evolves the architectural design // *Architecture and Planning Journal (APJ)*. 2023. Vol. 28. Issue 3. DOI: 10.54729/2789-8547.1230
8. *Ballestin J.D., Hernandez L.A., Muniesa A.V.* Digitisation and Virtualisation of Medieval Historical and Artistic Heritage. Taüll 1123 and Sigena Mágica, Two Examples of Strategies for Conserving, Disseminating and Preserving Heritage Through New Technologies // *Springer Series in Design and Innovation*. 2024. Pp. 256–263. DOI: 10.1007/978-3-031-57579-2_31
9. *Sutherland I.E.* The Ultimate Display // *Proceedings of IFIP Congress*. 1965. Issue 65. Pp. 506–508. URL: https://worrydream.com/refs/Sutherland_1965_-_The_Ultimate_Display.pdf
10. *Bakhtiari S.K.* Welcome to Hyperreality: Where the Physical and Virtual Worlds Converge // *Forbes*. 2020. URL: <https://www.forbes.com/sites/kianbakhtiari/2021/12/30/welcome-to-hyperreality-where-the-physical-and-virtual-worlds-converge/>
11. *Lee L.H., Braud T., Zhou P., Lin A.W., Kumar A., Bermejo C. et al.* All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda // *Journal of Latex Class Files*. 2021. Vol. 14. Issue 8. Pp. 1–66. DOI: 10.13140/RG.2.2.11200.05124/8
12. *Санатов Д.В., Харитонов М.А., Годунова Е.А., Пургин А.С., Тибина Е.Ю., Антонова В.С.* Промышленные метавселенные // *Источники новых индустрий*. 2023. № 5. 57 с.
13. *Daugherty P., Carrel-Billiard M., Blitz M.* Meet Me in the Metaverse // *Accenture, The Technology Vision 2022 Report*. 2022. P. 7.
14. *Sin Z.P.T., Jia Y., Wu A.C.H., Zhao I.D., Lee R.C., Ng P.H.F. et al.* Toward an Edu-Metaverse of Knowledge: Immersive Exploration of University Courses // *IEEE Transactions on Learning Technologies*. 2023. Vol. 16. Issue 6. Pp. 1096–1110. DOI: 10.1109/TLT.2023.3290814
15. *Thango B.A.* The Future of Education: Writing Exams in the Metaverse at South African Universities // *Business, Management and Economics*. 2024. DOI: 10.5772/intechopen.112003
16. *Alkhatib Y.J., Forte A., Bitelli G., Pierdicca R., Malinverni E.* Bringing Back Lost Heritage into Life by 3D Reconstruction in Metaverse and Virtual Environments: The Case Study of Palmyra, Syria // *Lecture Notes in Computer Science*. 2023. Pp. 91–106. DOI: 10.1007/978-3-031-43404-4_7
17. *Шкаев Д.Г.* Метатуризм: тенденции и перспективы // *Экономические и социальные проблемы России*. 2023. № 4 (56). С. 29–34. DOI: 10.31249/espr/2023/04.02. EDN RJRSBQ.
18. *Lyu J.* Cultural Heritage Preservation in the Metaverse a Digitalized Student Study Tour of the Heritage Corridor of Sanjiang, Guangxi, China : Thesis for Master of Design. 2022. 121 p. DOI: 10.13140/RG.2.2.25677.04320
19. *Al-Tabeeb A.K., Al-Desouqi A.* Metaverse in Architecture: An Approach to Documenting and Exploring the Egyptian Heritage Through Metaverse // *Green Building & Construction Economics*. 2023. Pp. 276–295. DOI: 10.37256/gbce.4220232300
20. *Макаренко С.И.* Интероперабельность человеко-машинных интерфейсов : монография. СПб., 2023. 185 с. EDN WIQQEF.
21. *Mohammed S.Y., Aljanabi M., Gadikalulu T.R.* Navigating the Nexus: A Systematic Review of the Symbiotic Relationship between the Metaverse and Gaming // *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*. 2024. Vol. 5. Pp. 88–103. DOI: 10.1016/j.ijcce.2024.02.001
22. *Ramezani D., Jaferian G., Wagner M.* An investigation into the educational possibilities of metaverse in the context of educational gaming : a review // *INTED Proceedings*. 2024. Vol. 1. Pp. 5120–5129. DOI: 10.21125/inted.2024.1326
23. *Zhang X., Yang D., Yow C.H., Huang L., Wu X., Huang X. et al.* Metaverse for Cultural Heritages // *Electronics*. 2022. Vol. 11. Issue 22. P. 3730. DOI: 10.3390/electronics11223730

Поступила в редакцию 11 мая 2024 г.

Принята в доработанном виде 31 мая 2024 г.

Одобрена для публикации 23 сентября 2024 г.

ОБ АВТОРЕ: **Лейсан Ирековна Садыкова** — аспирант, ведущий инженер отдела генпланов и автодорог; **РН-БашНИПИнефть**; 450006, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Ленина, д. 86; architectoramineva@mail.ru.

INTRODUCTION

A metaverse technology is proposed, focusing on user-centred technological adaptation as an environment for the reproduction of digitized landmarks.

The aim of the study is to identify the main key technology segments for architectural heritage sites depending on the type of metaverse.

In order to achieve the aim of the study, the objectives of the study are:

- analyzing breakthrough and end-to-end technologies;
- evaluation of criteria of the key technological segment of architectural heritage objects in a metaverse environment.

The works revealing aspects of this study can be considered as fundamental in relation to this study:

- heritage management represented by regulations, standards;
- descriptions of end-to-end technologies forming the metaverse: I.I. Sutherland, S.K. Bakhtiari, L.H. Lee, T. Brod, P. Zhou, D.V. Sanatov, M.A. Kharitonov, E.A. Godunova, A.S. Purgin;
- preservation of architectural heritage objects with the introduction of digitalisation technologies: A.N. Nesterova, A.E. Semina, L. Yang, Y. Nie, S. Innocente, F. Nonis, A.L. Faro, R. Ruggieri, D.G. Shkaev, I.P. Gladilina, E.V. Klimkovich, A.S. Bondarenko.

MATERIALS AND METHODS

General scientific methods (logical, method of analogy, systematization), specific scientific methods (comparative analysis of scientific sources of information, conducted on the basis of digital libraries Researchgate, CyberLeninka), digital method (queries in the Internet, global trends) were applied.

Traditional preservation of architectural heritage sites

Work with heritage sites, in accordance with the Federal Law of 25.06.2002 No. 73-FZ "Objects of cultural heritage (monuments of history and culture) of the peoples of the Russian Federation"¹, requires the submission of a project with rationalization of the decisions taken and mandatory passing of a state expert review. According to Town-planning Code of the Russian Federation² state expertise is subject to design documentation and results of engineering surveys performed for the preparation of documentation

of objects of cultural heritage (OCH) of regional and local significance. In accordance with the RF Government Decree No. 331 dated 05.03.2021³ for the objects financed with the use of public funds it is necessary to introduce a digital information model (DIM). According to the Requirements for Digital Information Models of Production and Non-Production Capital Construction Facilities for Moscow⁴ and St. Petersburg⁵ the format, naming, division and preparation of DIM files are regulated. The above documents confirm that modelling of objects for expert examination is gradually becoming mandatory. Also, in Russia at the federal level there is a register for systematization and storage of data on OCH in digital format.

The experience in the conservation of Architectural Heritage Objects (AHO) has focused on the study and protection of cultural property, the search for principles and methods of conservation and restoration, improvement of the regulatory framework, strategic planning and management of heritage sites in the context of globalization. The listed approaches have undergone changes over time, for example, addressing the study and protection of cultural values, the search for principles and methods of conservation and restoration was replaced by a transition to monumental protection of heritage just as conservation approaches to heritage, the development of reconstruction, modernization and repurposing of heritage sites were transformed into reconstructive, pragmatic approaches to heritage.

These methods are effective for working with existing heritage sites at a time when many heritage sites have been irretrievably lost or are in a state of disrepair. These processes are associated with the lack of an effective mechanism of control over the preservation and maintenance of cultural heritage objects, the difficulty of including heritage objects in the modern domestic market (tourist market, housing market), the lack of elaborated mechanisms in the economic sectors to consistently address the problems of monuments, as

¹ Objects of cultural heritage (monuments of history and culture) of the peoples of the Russian Federation : Federal Law of the Russian Federation from 25.06.2002 No. 73-FZ (as amended on 25.06.2002). URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/18230>

² Town-planning Code of the Russian Federation from 29.12.2004 No. 190-FZ (ed. from 25.12.2023) (with amendments and additions, effective from 01.02.2024). URL: <https://legalacts.ru/kodeks/Gradostroitelnyi-Kodeks-RF/>

³ Establishing the cases in which the developer, technical customer, the person providing or carrying out the preparation of investment justification, and (or) the person responsible for the operation of the capital construction object, ensure the formation and maintenance of the information model of the capital construction object (with amendments and additions) : Resolution of the Government of the Russian Federation of 05.03.2021 No. 331. URL: <https://base.garant.ru/400424628/>

⁴ Requirements for digital information models of production and non-production capital construction objects submitted for expert review. URL: http://www.moexp.ru/doc/req_cim_ot_08-2022.pdf

⁵ Requirements for digital information models of capital construction objects submitted for expert review. URL: https://www.spbexp.ru/upload/iblock/906/trebovaniya_k_tsim_redkatsiya_18_06_2020.pdf

well as the inclusion of monuments in the economic turnover with a change in their historical function.

The analysis of literary sources allowed to determine the tendency of relevance of OCH conservation with application of digital technologies (DT). The identified information indicates a high interest of scientists in this problem and an increased number of digital techniques, tools and approaches that qualitatively complement classical approaches to the preservation of OCH. For example, digital survey and the corresponding digital system of documenting objects provide opportunities and ways of preserving existing heritage and restoring lost heritage [1], the need to develop methodological frameworks for urban-ecological conservation of heritage objects based on information models and geoinformation databases [2], supplementing traditional approaches to cultural heritage conservation with modern effective digital approaches through theoretical calculation, cryptography, blockchain technology.

Cross-cutting technologies shaping the metaverse

The concept of a virtual world, as we now understand it, can be traced back to the 1960s, when scientists proposed a kinaesthetic interface with interactive graphics, feedback, body movements and sound [9]. Following advances in computing power of computers and communication technologies, some developers suggest that the physical and virtual worlds are converging into a kind of hyperreality — a phenomenon of reality simulation [10].

According to the US Congressional Technology Assessment for Users in Computer Simulations and Virtual Activities on the Internet⁶, technologies include AR (augmented reality), MR (mixed reality), VR (virtual reality), which have potential in innovation in several areas: entertainment, health, engineering, real estate, retail, military, education, and collaboration. The challenges of the metaverse and the technology itself are discussed in detail in the paper, which identifies existing technologies and technological infrastructure for creating a metaverse characterized by persistent, shared, parallel and three-dimensional virtual spaces that combine to form a perceived virtual universe.

The associated technologies consist of eight technology tools: internet, cloud storage, artificial intelligence, computer vision, blockchain, internet of things, user interactivity, augmented reality; and six metaverse ecosystem tools: avatars, content creation, virtual economy, social permissibility, privacy, accountability [11].

The main problematic aspects of the metaverse:

- problems of organizing the environment as a behavioural scenario and limited computational capabilities for better interaction;
- interoperability issues between systems;
- lack of censorship;

- creator culture — content creation in the meta universe is tightly tied to interaction, as the limitation in available tools in the meta universe prevents novices or non-professionals from realizing their potential;

- lack of a centralized system of state regulation;
- the absence of a trusted currency and a banking system that does not contradict the fundamental idea of decentralization [11].

Metaverses are divided into three types: industrial, corporate and consumer [12].

Industrial metaverses are based on collecting data and maximizing its use to accelerate transactions and enable technology integration. Industrial giants such as Siemens, BMW, Hyundai, Schlumberger, Gazprom, Rostec, and Rosatom are investing in this technology.

Corporate metaverses are related to the organization of immersive workspace for comfortable joint remote work. Such companies as Meta Platforms, Microsoft Corporation work with this technology.

Consumer metaverses are related to the media industry, advertising, and gaming. Quite a large number of large companies invest in metaverses: Alphabet Inc., Apple Inc., Roblox Corporation, Epic Games Inc.

The design and development of the metaverse as a technology is not defined, as more advanced technologies are needed to maintain its ecosystem. Moreover, a huge number of technologies, applications, platforms that can interact with the metaverse are developed in a haphazard manner and with incompatible business strategies [13].

The most famous metaverses

Consumer: Decentraland (2017)⁷ is the first working meta universe where you can buy land with cryptocurrency, order pizza, advertise goods, visit a cinema with other users, and go to an auction (Fig. 1). It is based on the Ethereum blockchain.

The Sandbox⁸ is a gaming ecosystem on the Ethereum blockchain. You can create, share and sell assets in a virtual world. Sand is an ERC-20 token that manages all transactions (Fig. 2).

⁷ Decentraland. URL: <https://decentraland.org/>

⁸ The Sandbox. URL: <https://www.sandbox.game/en/>



Fig. 1. Vegas City in Decentraland

⁶ The Metaverse: Concepts and Issues for Congress. URL: <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R47224>



Fig. 2. Sandbox metaverse



Fig. 3. Matryoshka doll metaverse

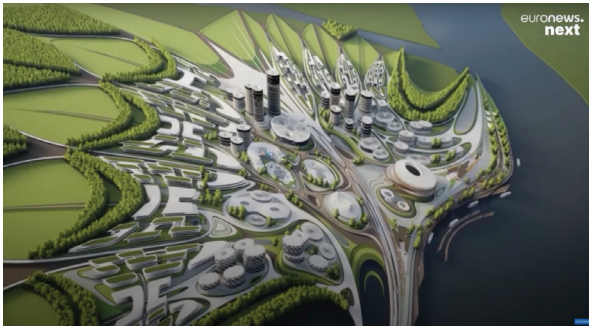


Fig. 4. Liberland metaverse



Fig. 5. Virtual space variant in Areena virtual space

Matryoshka Renaissance (2023, Russia)⁹ is an emerging metaverse, it is a three-dimensional virtual city for holding exhibition, business, educational and entertainment events accessible to the whole world and organizing effective networking. It is supposed to place digital twins of industrial enterprises for virtual visit (Fig. 3).

The Liberland meta universe¹⁰ is the result of the co-operation between Liberland, Zaha Hadid Architects, Mytaverse and ArchAgenda a.o. — is conceived as a centre of virtual industry synergy and networking for crypto projects, crypto companies and crypto events (Fig. 4).

The type of metaverses presented is most closely related to space, architecture, design, as user engagement and interactivity depends on the effect of locality.

Corporate: Areena virtual space¹¹ is a service for organizing events in virtual space. Gamified interface, communication and communication with the help of avatar and creation of events of different scale, as well as work from any device are relevant for the creation of meetings of different levels (Fig. 5).

Azur digital twins is a system that integrates cloud, Internet of Things (IoT), Edge Computing, Artificial Intelligence (AI) and Mixed reality.

Industrial: Siemens¹² is the concept of a digital world that reflects and simulates real machines and factories, buildings and cities, networks and transport systems (Fig. 6).

BMW¹³ is a digital factory twin that allows you to pre-assess construction phases and optimize them. It is a complete digital twin of the factory whose virtual interface is like a sophisticated cloud-based video game. Every object from the real world has a three-dimensional analogue that acts just like its physical version (Fig. 7).

Gazprom — the formation of a connected ecosystem by moving from the creation of digital twins of equipment to a common ecosystem of all sites.

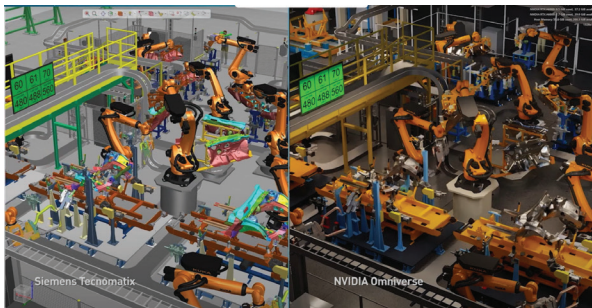


Fig. 6. Siemens industrial metaverse

⁹ Russian meta-universe. Matryoshka Renaissance. URL: <https://metarenessans.ru/>

¹⁰ Liberwerse. URL: <https://world.liberland.org/>

¹¹ Advanza launches platform for online events in Russia. URL: <https://www.sostav.ru/publication/advanza-46082.html>

¹² The Industrial Metaverse, Siemens. URL: <https://www.siemens.com/global/en/company/digital-transformation/industrial-metaverse.html>

¹³ The iX1 metaverse experience, BMW. URL: <https://www.bmw.com/en/events/dreams.html>

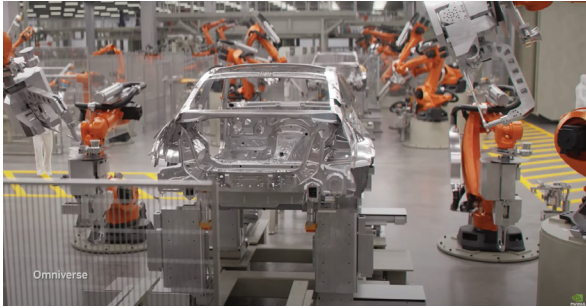


Fig. 7. BMW industrial metaverse

OCH conservation and the metaverse. Assessment of key technology segment

Architectural heritage objects have a wide range of interactions in the scope of the metaverse. Let's consider the OCH model from the point of view of property and architecture, engineering and construction management. The type of these objects is distributed between *corporate metaverses*: the possibility of remote collaboration, virtual office is relevant for scientists and designers; and *industrial metaverses*: in the form of digital twins, if it is a question of preserving an existing industrial facility and its infrastructure. The set of technologies for immersive collaboration tasks in OCH will allow creating hybrid workplaces for collaborative work in virtual reality: organization of meetings, training, communication of employees, design and use of tools for creating digital models of objects and processes. Joint work with the information model of the designed object can become more interactive and detailed. Also, within the framework of work with the enterprises of a subdivision or university departments metaverses can be created, training and joint work are carried out in virtual spaces, for example, this is how training is implemented at the University of Tokyo and this interaction is actively developing. Metaverses are gradually becoming a key development trend in the modern work of universities [14, 15].

It is necessary to emphasize the scientific significance of OCH, which, thanks to digital doubles and simulations, will receive modern digital tools for the most effective restoration, reconstruction projects, etc. This method refers to the type of *industrial metaverse* [12]. The main objective is to increase operational efficiency by maximizing the use of collected data, ensuring the integration of digital technologies (interoperability). Interoperability, in turn, reveals the possibilities of creating a metaverse platform so that a heritage site can be explored and a range of tasks can be uncovered, including optimizing the complexity of the digital model for the metaverse and fine-tuning textures and materials to ensure a realistic perception. This requires a detailed analysis of the goals, methods and outcomes to create a reconstructed world in digital form, demonstrating

a particular importance in the field of information preservation [16].

Finally, the OCH model should be considered as elements of virtual worlds. Recreating historical entourages, visiting heritage objects in the form of museum exhibits will breathe new life into them, especially if these objects were lost in the physical world [17]. The main type is the *consumer metaverse*. The immersion of digital models in a virtual environment allows them to be combined into systems and used in different scenarios, such as digital tourism [18]. The absence of geographical restrictions for visiting heritage sites, the possibility of personalizing the user by creating an avatar, and increasing the variability of interaction with space for the less mobile population are the most popular attractors for modern users. Digital innovations in the metaverse also contribute to the creation of a sustainable tourism industry by actively collaborating with the local community and creating scenarios of user interaction and digital infrastructure for the most effective representation of the visited site [19]. There is a need for interdisciplinary collaboration to realize the strategy, interoperability, roadmaps for researchers, architects, programmers and designers to develop an integrated action plan [20]. The application of breakthrough technologies is shaping a new type of smart heritage, which can be defined as an interactive virtual environment that fulfils the requirements of various stakeholders such as online heritage tours, heritage protection and sustainable cultural promotion, and game-like interaction will be a key option for utilizing the metaverse because of its familiar and engaging nature [21, 22].

Certainly, the benefits, risks and challenges associated with virtual recreation of heritage, such as preservation, dissemination of cultural heritage, should be considered in introducing new technologies to the cultural tourism market through models aimed at enriching and improving the user experience when it comes to activating historical and artistic heritage [23].

RESULTS

As a result of the analysis of key technological segments in the field of architectural heritage preservation in the metaverse environment, criteria for assessing the potential of this technology application in the sphere of real estate, engineering and construction, scientifically significant objects, recreating reconstructions, visiting heritage objects as museum exhibits or as objects in the sphere of tourism were identified.

CONCLUSION AND DISCUSSION

The prospect of applying digital technologies in the field of preserving architectural heritage objects is obvious. Technologies make it possible to increase the accuracy of the work performed, to identify inconsistencies at the early stages of design, to recreate the environment with high accuracy of the object lost in the physical

world, to provide an opportunity for immersive visits to the object for people with disabilities. In this situation, the metaverse acts as an accumulator of the above processes, as accompanying technologies and interdisciplinary interaction are required to maintain its vital activity.

Preservation of architectural heritage objects in the form of digital models, elements of the metaverse provides an opportunity to preserve and reproduce the memory and rich history of the development of architecture and urban planning.

REFERENCES

1. Semina A.E. *Principles and methods of digital documentation of the historical and architectural environment on the example of the cities of the Upper Kama region : dis. ... cand. arch. sciences.* Nizhny Novgorod, 2021; 251. EDN MHOSTK. (rus.).
2. Nesterova A.N. *Urban ecological support for the creation and functioning of memorial complexes during the reconstruction of urban development : dis. ... cand. tech. sciences.* Rostov-on-Don, 2019; 196. EDN SAVNDV. (rus.).
3. Yang L. Research on Digital Archives Construction of Jingdezhen Ceramic Material Cultural Heritage Based on Blockchain Technology. *International Journal of Engineering and Technology.* 2022; 14(3):52-55. DOI: 10.7763/ijet.2022.v14.1201
4. Gladilina I.P., Klimkovich E.V., Bondarenko A.S. The educational space of a university as a factor in the transformation of the digital society ecosystem. *Modern Pedagogical Education.* 2024; 1:216-220. EDN OUPHPM. (rus.).
5. Innocente C., Nonis F., Faro A.L., Ruggieri R., Ulrich L., Vezzetti E. A Metaverse Platform for Preserving and Promoting Intangible Cultural Heritage. *Applied Sciences.* 2024; 14(8):3426. DOI: 10.3390/app14083426
6. Song H., Selim G. Smart Heritage for Urban Sustainability : a Review of Current Definitions and Future Developments. *Journal of Contemporary Urban Affairs.* 2022; 6(2):175-192. DOI: 10.25034/ijcua.2022.v6n2-5
7. Shakeri S., Ornek M.A. How metaverse evolves the architectural design. *Architecture and Planning Journal (APJ).* 2023; 28(3). DOI: 10.54729/2789-8547.1230
8. Ballestin J.D., Hernandez L.A., Muniesa A.V. Digitisation and Virtualisation of Medieval Historical and Artistic Heritage. Taüll 1123 and Sigena Mágica, Two Examples of Strategies for Conserving, Disseminating and Preserving Heritage Through New Technologies. *Springer Series in Design and Innovation.* 2024; 256-263. DOI: 10.1007/978-3-031-57579-2_31
9. Sutherland I.E. The Ultimate Display. *Proceedings of IFIP Congress.* 1965; 65:506-508. URL: https://worrydream.com/refs/Sutherland_1965_-_The_Ultimate_Display.pdf
10. Bakhtiari S.K. Welcome to Hyperreality: Where the Physical and Virtual Worlds Converge. *Forbes.* 2020. URL: <https://www.forbes.com/sites/kianbakhtiari/2021/12/30/welcome-to-hyperreality-where-the-physical-and-virtual-worlds-converge/>
11. Lee L.H., Braud T., Zhou P., Lin A.W., Kumar A., Bermejo C. et al. All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda. *Journal of Latex Class Files.* 2021; 14(8):1-66. DOI: 10.13140/RG.2.2.11200.05124/8
12. Sanatov D.V., Kharitonov M.A., Godunova E.A., Purgin A.S., Tibina E.Yu., Antonova V.S. Industrial metaverses. *Sources of New Industries.* 2023; 5:57. (rus.).
13. Daugherty P., Carrel-Billiard M., Blitz M. Meet Me in the Metaverse. *Accenture, The Technology Vision 2022 Report.* 2022; 7.
14. Sin Z.P.T., Jia Y., Wu A.C.H., Zhao I.D., Lee R.C., Ng P.H.F. et al. Toward an Edu-Metaverse of Knowledge: Immersive Exploration of University Courses. *IEEE Transactions on Learning Technologies.* 2023; 16(6):1096-1110. DOI: 10.1109/TLT.2023.3290814
15. Thango B.A. The Future of Education: Writing Exams in the Metaverse at South African Universities. *Business, Management and Economics.* 2024. DOI: 10.5772/intechopen.112003
16. Alkhatib Y.J., Forte A., Bitelli G., Pierdicca R., Malinverni E. Bringing Back Lost Heritage into Life by 3D Reconstruction in Metaverse and Virtual Environments: The Case Study of Palmyra, Syria. *Lecture Notes in Computer Science.* 2023; 91-106. DOI: 10.1007/978-3-031-43404-4_7
17. Shkaev D.G. Metatourism: trends and prospects. *Economic and Social Problems of Russia.* 2023; 4(56):29-34. DOI: 10.31249/espr/2023/04.02. EDN RJRSBQ. (rus.).
18. Lyu J. *Cultural Heritage Preservation in the Metaverse A Digitalized Student Study Tour of the Heritage Corridor of Sanjiang, Guangxi, China: Thesis for Master of Design.* 2022; 121. DOI: 10.13140/RG.2.2.25677.04320
19. Al-Tabeeb A.K., Al-Desouqi A. Metaverse in Architecture: An Approach to Documenting and Exploring the Egyptian Heritage Through Metaverse. *Green Building & Construction Economics.* 2023; 276-295. DOI: 10.37256/gbce.4220232300
20. Makarenko S.I. *Interoperability of human-machine interfaces : monograph.* St. Petersburg, 2023; 185. EDN WIQQEF. (rus.).

21. Mohammed S.Y., Aljanabi M., Gadekallu T.R. Navigating the Nexus : A Systematic Review of the Symbiotic Relationship between the Metaverse and Gaming. *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*. 2024; 5:88-103. DOI: 10.1016/j.ijcce.2024.02.001
22. Ramezani D., Jaferian G., Wagner M. An investigation into the educational possibilities of metaverse in the context of educational gaming : a review. *INTED Proceedings*. 2024; 1:5120-5129. DOI: 10.21125/inted.2024.1326
23. Zhang X., Yang D., Yow C.H., Huang L., Wu X., Huang X. et al. Metaverse for Cultural Heritages. *Electronics*. 2022; 11(22):3730. DOI: 10.3390/electronics11223730

Received May 11, 2024.

Adopted in revised form on May 31, 2024.

Approved for publication on September 23, 2024.

B I O N O T E S: **Leysan I. Sadykova** — postgraduate student, leading engineer of the Department of General Plans and Highways; **RN-BashNIPIneft**; 86 Lenin st., Republic of Bashkortostan, Ufa, 450006, Russian Federation; architectoramineva@mail.ru.