

Academia. Архитектура и строительство, № 3, стр. 122–127.
Academia. Architecture and Construction, no. 3, pp. 122–127.

Исследования и теория
Научная статья
УДК 711:004.94
DOI: 10.22337/2077-9038-2024-3-122-127

Визуализация моделей урбанизированных территорий на игровых движках

Парыгин Данила Сергеевич (Волгоград). Кандидат технических наук, доцент. Кафедра «Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве» Волгоградского государственного технического университета (Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1. ВолгГТУ). Эл. почта: dparugin@gmail.com

Феклистов Владислав Александрович (Волгоград). Кафедра «Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве» Волгоградского государственного технического университета (Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1. ВолгГТУ). Эл. почта: feklitov0v0ist20@gmail.com

Назаров Константин Романович (Волгоград). Кафедра «Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве» Волгоградского государственного технического университета (Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1. ВолгГТУ). Эл. почта: nazkostja@gmail.com

Финогеев Антон Алексеевич (Пенза). Кандидат технических наук, доцент. Кафедра «Системы автоматизированного проектирования» Пензенского государственного университета (Россия, 440026, Пенза, ул. Красная, 40. ПГУ). Эл. почта: fanton3@ya.ru

Акользин Максим Александрович (Волгоград). Кафедра «Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве» Волгоградского государственного технического университета (Россия, 400074, Волгоград, ул. Академическая, 1. ВолгГТУ). Эл. почта: maksmakolzin@gmail.com

Аннотация. В статье приведён обзор подходов к решению проблем создания цифровых двойников с использованием графических движков в задачах информационного моделирования. Приводятся результаты сравнения существующих решений на основе движков Unreal Engine и Unity. Описан процесс подготовки исходных данных по комплексу строительных объектов и территории в целом с использованием программ Archicad и Blender, а также технологии Lidar для воссоздания и уточнения специфических объектов пространства. Выделены три этапа подготовки модели к внедрению в приложение, включающие импорт подготовленных моделей объектов, настройку окружения и визуальных эффектов с использованием Lumen и разработку функций внутри модели. Детализирован процесс создания динамического функционала и проработки компонентов модели, реализуемый с использованием возможностей игрового движка Unreal Engine. Сделаны вывод о перспективах применения Unreal Engine для решения архитектурных и инженерных задач.

Ключевые слова: городская застройка, объекты инфраструктуры, игровые движки, Unreal Engine, Archicad, моделирование факторов среды, информационное моделирование

Финансирование. Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда и Администрации Волгоградской области № 22-11-20024, <https://rscf.ru/project/22-11-20024/>. Результаты части 3 раздела «Подход к выбору средств разработки для реализации цифровой модели объекта территории» получены в рамках гранта Российского научного фонда, проект № 20-71-10087.

Благодарности. Авторы выражают благодарность коллегам по кафедре «Цифровые технологии в урбанистике, архитектуре и строительстве» ИАИС ВолгГТУ, принимавшим участие в разработке проекта.

Статья написана по материалам доклада на VIII Международном симпозиуме «Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений». Россия, Тамбов, 17–21 мая 2023 года

© Парыгин Д.С., Феклистов В.А., Назаров К.Р., Финогенов А.А., Акользин М.А., 2024.

Для цитирования. Парыгин Д.С., Феклистов В.А., Назаров К.Р., Финогоенов А.А., Акользин М.А. Визуализация моделей урбанизированных территорий на игровых движках // *Academia. Архитектура и строительство*. – 2024. – № 3. – С. 122–127. – DOI: 10.22337/2077-9038-2024-3-122-127.

Visualization of Urban Area Models on Game Engines

Parygin Danila S. (Volgograd). Candidate of Sciences Technology, Docent. Department of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering of the Volgograd State Technical University (1, Akademicheskaya street, Volgograd, 400074, Russia. VSTU). E-mail: dparygin@gmail.com.

Feklistov Vladislav A. (Volgograd). Department of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering of the Volgograd State Technical University (1, Akademicheskaya street, Volgograd, 400074, Russia. VSTU). E-mail: feklstov0v0ist20@gmail.com.

Nazarov Konstantin R. (Volgograd). Department of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering of the Volgograd State Technical University (1, Akademicheskaya street, Volgograd, 400074, Russia. VSTU). E-mail: nazkostja@gmail.com.

Finogeev Anton A. (Penza). Candidate of Sciences Technology, Docent. Department of Computer-Aided Design Systems of the Penza State University (40, Krasnaya street, Penza, 440026, Russia). E-mail: fanton3@ya.ru.

Akolzin Maxim A. (Volgograd). Department of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering of the Volgograd State Technical University (1, Akademicheskaya street, Volgograd, 400074, Russia. VSTU). E-mail: maksmakolzin@gmail.com.

Abstract. The article provides an overview of approaches to solving the problems of creating digital twins using graphics engines in information modeling problems. The results of comparison of existing solutions based on Unreal Engine and Unity are presented. The process of preparing initial data for a complex of construction objects and the territory as a whole using the Archicad and Blender programs, as well as Lidar technology for recreating and clarifying specific space objects is described. There are three stages of preparing a model for implementation in an application, including importing prepared object models, setting up the environment and visual effects using Lumen, and developing functions within the model. The process of creating dynamic functionality and developing model components, implemented using the capabilities of the Unreal Engine game engine, is detailed. The conclusion is made about the prospects of using Unreal Engine for solving architectural and engineering problems.

Keywords: urban development, infrastructure facilities, game engines, Unreal Engine, Archicad, environmental factors modeling, information modeling

Funding. The study has been supported by the grant from the Russian Science Foundation (RSF) and the Administration of the Volgograd Oblast (Russia) No. 22-11-20024, <https://rscf.ru/en/project/22-11-20024/>. The results of part 3 of the section «Approach to the selection of development tools for implementing a digital model of a territory object» were obtained within the RSF grant project No. 20-71-10087.

Acknowledgments. The authors express gratitude to colleagues from the Department of Digital Technologies for Urban Studies, Architecture and Civil Engineering, VSTU involved in the development of the project.

For citation. Parygin D.S., Feklistov V.A., Nazarov K.R., Finogeev A.A., Akolzin M.A. Visualization of Urban Area Models on Game Engines. In: *Academia. Architecture and Construction*, 2024, no. 3, pp. 122–127, doi: 10.22337/2077-9038-2024-3-122-127.

Введение

В настоящее время прослеживается явная динамика в разработке и внедрении цифровых технологий в процесс проектирования строительных объектов, что в свою очередь является центральным элементом необходимой трансфор-

мации строительной отрасли. Цифровое моделирование повышает производительность и способствует экономии времени и средств [1].

При этом во всех развитых странах мира видна тенденция использования технологий цифрового проектирования на

основе информационного моделирования на протяжении всего жизненного цикла объекта. Можно с уверенностью констатировать факт глобального стремления применения информационного моделирования в сфере архитектуры, строительства и градостроительства [2].

На данный момент существует множество подходов к моделированию объектов городской территории, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Современные требования к представлению проектов включают необходимость отображения не только моделей отдельных зданий, но также и целостного комплекса объектов застройки с моделированием его состояния, например, при различных эколого-климатических условиях окружающей среды.

Актуальные решения проблем предполагает цифровое моделирование с использованием графических движков¹. Их возможности позволяют реализовать качественную визуализацию с фотореалистичной графикой и проводить различные эксперименты над подготовленной моделью участка территории и внутренней планировки всех объектов [3]. Также созданную модель можно использовать для размещения технических узлов и внутренней инфраструктуры, и в дальнейшем просматривать её изнутри, используя оборудование виртуальной реальности, корректировать и дорабатывать различные детали [4].

Целью исследования, которое описывается в статье, являлось выявление возможных подходов к совершенствованию работы с проектами, разрабатываемыми на основе технологий BIM с применением игровых движков². В соответствии с этим для исследования были выбраны несколько движков и способы последующего проектирования BIM модели в них.

Подход к выбору средств разработки для реализации цифровой модели объекта территории

Многообразие современных средств разработки, которые позволяют решать сопоставимые по вычислительной сложности задачи и могут быть транслированы в отрасль проектирования строительных объектов, требует определения ключевых этапов на пути реализации информационных моделей как отдельных зданий, так и комплексных участков территории с применением игровых движков.

1. Выбор движков для разработки. Существует множество различных игровых движков, которые позволяют работать

¹ Графический движок (англ. graphics engine; иногда «рендерер» или «визуализатор») – промежуточное программное обеспечение ..., основной задачей которого является визуализация (рендеринг) двумерной или трёхмерной компьютерной графики // Википедия (https://ru.wikipedia.org/wiki/Графический_движок).

² Игровой движок (англ. game engine) – базовое программное обеспечение компьютерной игры... которое пригодно для повторного использования и расширения, и тем самым может быть рассмотрено как основание для разработки множества различных игр без существенных изменений // Википедия (https://ru.wikipedia.org/wiki/Игровой_движок).

³ Все иллюстративные материалы на рисунках 1–4 выполнены авторами статьи по результатам проведённых исследований.

с моделями зданий. Большинство движков поддерживает стандартные форматы файлов, которые могут экспортироваться прямо из программ по моделированию. Для разработки модели были протестированы несколько движков (табл. 1).

На основе данного сравнения для дальнейшей разработки был выбран движок Unreal Engine. Кроме того, это подтверждается удобством в работе с моделью и перспективными графическими предустановками [5].

2. Подготовка данных. Создание виртуальных моделей зданий с помощью игровых движков начинается с получения точных 3D-моделей здания и его окружения. Эти модели могут быть созданы при помощи специального программного обеспечения для моделирования или посредством сканирования реальных объектов.

В качестве входных данных использовались модели корпусов и прилегающая территория кампуса Института архитектуры и строительства Волгоградского государственного технического университета (ИАиС ВолгГТУ), сделанные в Archicad. Модели разрабатывались по актуальным техническим паспортам объектов (рис. 1).

В моделях представлены основные помещения, а также внешний вид зданий. Также во внутреннем пространстве кам-

Таблица 1. Результаты сравнения существующих решений

Критерий \ Программное обеспечение		
	Unreal Engine	Unity
Бесплатное использование	+	+
Высокие системные требования для реализации модели территории	-	-
Фотореалистичная графика	+	-
Наличие готовых ассетов	+	+
Чтение скриптов	+	+
Обучающие материалы	+	+
Наличие встроенного магазина с ассетами	+	+
Поддержка и коробки VR	+	-
Создание интерактивных объектов	+	+
Перемещение по модели	+	+
Возможность регулировки погоды	+	+

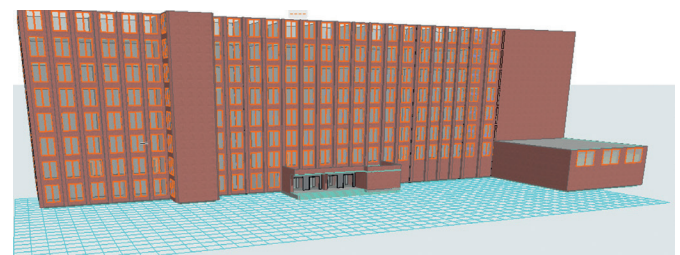


Рис. 1³. Модель корпуса «В» ИАиС ВолгГТУ в программе Archicad

пуca показана первичная обстановка, включающая деревья, лавочки и объекты окружения.

Для создания текстур и наложения их на модели из Archicad а также создания дополнительных объектов окружения и добавления мелких деталей к полученной модели использовался Blender 3D⁴. При помощи внутреннего инструментария этого приложения происходило наложение текста, добавление индивидуальных деталей, а также создание эффектов глубины и резкости. В частности, была воспроизведена окружающая растительность в разные сезоны времени года. Последующим этапом стал импорт моделей и текстур в формате FBX⁵ в Unreal Engine.

3. Реализация в игровом движке. Внутренние функции движка Unreal Engine используются для подготовки модели к внедрению в приложение. Первым этапом является импорт подготовленных моделей и их расстановка в соответствии с реальным расположением с учётом существующих особенностей ландшафта (рис. 2).

Второй этап включает настройку окружения и визуальных эффектов. Благодаря технологии Lumen можно в реальном времени видеть изменения наложения света [6]. В ходе этого этапа ставятся источники освещения, добавляются облака, туман и др. для создания фотореалистичного эффекта (рис. 3).

Третьим этапом является разработка функций внутри модели, которые позволяют изменять время и погодные

условия. Это позволяет лучше оценивать реальные условия и воздействия различных факторов окружающей среды в цифровом двойнике.

Выполняя указанные этапы, можно получить готовую модель цифрового двойника участка урбанизированной территории. Далее будет продемонстрирована работа над разными аспектами из указанных этапов и результаты их реализации.

Применение возможностей игрового движка для совершенствования визуального представления цифровых моделей объектов территории

Динамический функционал и детализация компонентов модели реализуется с использованием возможностей игрового движка Unreal Engine. Необходимые доработки связаны с совершенствованием пользовательского опыта и повышением реалистичности визуального восприятия модели.

В реализованном на основе модели приложении можно управлять перемещением по объектам и просматривать их в реальных пропорциях. Для того чтобы пользователь смог ориентироваться на территории кампуса и находить нужные ему локации, был создан инструментальный поиска пути. При его использовании перед пользователем на экране появляется луч, который показывает путь до местоположения интересующей локации в модели.

В программном коде игрового движка были сделаны доработки для подключения функции перемещения динамических объектов на основе технологии искусственного интеллекта. Используемый искусственный интеллект представляет собой модели неигровых персонажей, которые в автоматическом режиме перемещаются по кампусу [7]. Реализованы модели нескольких автомобилей и их поведение на дороге, а также рабочая модель светофора. Для перемещения транспортных средств по дорогам и их взаимодействия со светофорами был предложен алгоритм с контрольными точками на маршрутах движения.

Пользователь имеет возможность изменять погодные условия в модели с учётом времени года. В зависимости от этого будет меняться окружение и взаимодействие неигровых персонажей, а также трафик на дорогах.

Предлагаемый подход по реализации функционала просмотра модели при ключевых вариантах погодных условий потребовал подготовить внутреннюю систему Niagara, которая используется для создания эффектов. В ней производилась подготовка различных вариантов погоды. После создания вариантов погоды был создан список всех погодных условий со ссылками на объекты Niagara, а также размещены зоны их действия и добавлены звуки погодных условий.

Аналогичный подход применён для реализации возможности динамической смены времени суток. Для реализации данного функционала в проекте необходимо было разместить два источника освещения, которые бы отвечали за дневной и ночной свет. После чего для каждого из них были добавлены одинаковые алгоритмы вращения по оси X.

⁴ Blender – профессиональное свободное и открытое программное обеспечение для создания трёхмерной компьютерной графики, включающее в себя средства моделирования, скульптинга, анимации, симуляции, рендеринга... // Википедия (<https://ru.wikipedia.org/wiki/Blender>).

⁵ FBX (Filmbox) – технология и формат файлов Используется для обеспечения совместимости различных программ трёхмерной графики // Википедия (<https://ru.wikipedia.org/wiki/FBX>).



Рис. 2. Модели кампуса после расстановки внутри игрового движка

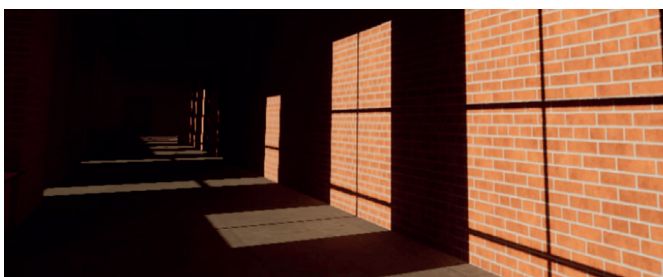


Рис. 3. Пример отображения световых эффектов во внутренних помещениях модели

Рядом и на территории кампуса находятся разнообразные здания и сооружения, поэтому были реализованы специальные модели объектов окружающей обстановки, например, памятники. Для них реализовывалась специальная модель с возможностью увеличения текста [8].

Реализована окружающая растительность (рис. 4): деревья, кусты, цветы. Для размещения массивов растительности, внутри игрового движка была использована внутренняя функция по размещению объектов «Foliage». При помощи нее можно выбрать несколько моделей и с помощью кисти размещать их, редактируя частоту.

Приложение поддерживает использование гарнитуры виртуальной реальности (VR). При запуске приложения пользователь может переключить способ управления между VR-гарнитурой и клавиатурой с мышкой. Для повышения погружения в ходе использования гарнитуры была реализована физика некоторых объектов при взаимодействии с контроллерами, например, открытие дверей, как в реальной жизни.

Заключение

Использование игрового движка Unreal Engine для создания цифровых моделей урбанизированных территорий может быть эффективным инструментом для представления городской среды в виртуальном пространстве. Это может сэкономить время и средства на создание физической модели зданий и инфраструктуры, позволив более точно и быстро проводить их всестороннюю оценку. Полученную модель территории можно использовать для различных целей, например, для обучения, тестирования и проведения виртуальных мероприятий.

Кроме того, Unreal Engine предоставляет возможность создавать интерактивные элементы в цифровом двойнике городского пространства. Это может быть полезно для создания виртуальных туров, интерактивных планов зданий и территорий, по которым пользователь сможет перемещаться и изучать различные локации. Или можно создать интерактивные элементы, которые позволят пользователю получить информацию по истории или техническим характеристикам объектов.

Для архитекторов и инженеров создание точных и реалистичных виртуальных моделей зданий является важной частью проектирования. Игровой движок Unreal Engine

предоставляет мощные инструменты цифрового моделирования как основы решения задач визуализации проектов, обучения, проведения тестов и т.д.

Список источников

1. Шакшак, О.М. Использование виртуальной реальности (VR) как средства архитектурной визуализации / О.М. Шакшак, И.А. Евсиков. – Текст : электронный // Архитектон: известия вузов. – 2018. – № 4 (64). – С. 352–360. – URL: https://archvuz.ru/2018_4/33/ (дата обращения 23.07.2024).

2. Panya, D.S. An Interactive Design Change Methodology Using a BIM-Based Virtual Reality and Augmented Reality / D.S. Panya, T. Kim, S. Choo. – Текст : электронный // Journal of Building Engineering. – 2023. – Vol. 68. – Art. no. 106030. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710223002097?via%3Dihub> (дата обращения 23.07.2024).

3. Создание цифрового двойника образовательного кампуса на этапе эксплуатации: перспективы применения / А.Г. Щербаков, Д.С. Парыгин, Д.А. Саушкин [и др.]. – Текст : непосредственный // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. – 2022. – № 6 (61). – С. 30–34.

4. Изряднова, А.И. Цифровые двойники в современном строительстве: практика применения и перспективы использования / А.И. Изряднова, П.А. Целищева, Н.В. Бегунова // Фотинские чтения–2022 (весеннее собрание) : Материалы IX Международной научно-практической конференции. Ижевск, 26–28 мая 2022 г. – Ижевск : Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2022. – С. 102–111.

5. Smith, M. Using 3D Modelling and Game Engine Technologies for Interactive Exploration of Cultural Heritage: An Evaluation of Four Game Engines in Relation to Roman Archaeological Heritage / M. Smith, N. Walford, C. Jimenez-Bescos. – Текст : электронный // Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage. – 2019. – Vol. 14 (7). – Art. no. e00113. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221205481830050X> (дата обращения 23.07.2024).

6. Кривчук, М.А. Технические аспекты технологии Lumen в Unreal Engine 5 / М.А. Кривчук // Обществознание и социальная психология. – 2022. – № 10 (40). – С. 100–103. <https://drive.google.com/file/d/1wNVU3MGkSflelM1ZyDGMdYR2pYYxl24M/view> (дата обращения 23.07.2024).

7. Моделирование поведения интеллектуальных агентов на основе методов машинного обучения в моделях конкуренции / А.О. Анохин, Д.С. Парыгин, Н.П. Садовникова [и др.]. – Текст : непосредственный // Программные продукты и системы. – 2023. – Т. 36. – № 1. – С. 46–59.

8. Базилевич, М.Е. Игровой движок Unreal Engine: визуализация и «разрушаемая» архитектура / М.Е. Базилевич, О.А. Борисова, Е.В. Мазур. – Текст : непосредственный // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2019. – № 1–2. – С. 17–20.



Рис. 4. Размещение растительности

References

1. Shakshak O.M., Evsikov I.A. Ispol'zovanie virtual'noi real'nosti (VR) kak sredstva arkhitekturnoi vizualizatsii [The Use of Virtual Reality (VR) as a Means of Architectural Visualization]. In: *Arkhitekton: izvestiya vuzov [Architecton: Proceedings of Higher Education]*, 2018, no. 4 (64), pp. 352–360. URL: https://archvuz.ru/2018_4/33/ (Accessed 07/23/2024). (In Russ., abstr. in Engl.)
2. Panya D.S., Kim T., Choo S. An Interactive Design Change Methodology Using a BIM-Based Virtual Reality and Augmented Reality. In: *Journal of Building Engineering*, 2023, Vol. 68, Art. no. 106030. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710223002097?via%3Dihub> (Accessed 07/23/2024). (In Engl.)
3. Shcherbakov A.G., Parygin D.S., Saushkin D.A., Shiganov R.Ya., Gorlov D.A. Sozdanie tsifrovogo dvoynika obrazovatel'nogo kampusa na etape ekspluatatsii: perspektivy primeneniya [Creation of an Educational Campus Digital Twin at the Operational Stage: Prospects for Application]. In: *Prirodnye i tekhnogennye riski. Bezopasnost' sooruzhenii [Natural and Technological Risks. Safety of Structures]*, 2022, no. 6 (61), pp. 30–34. (In Russ., abstr. in Engl.)
4. Izryadnova A.I., Tselishcheva P.A., Begunova N.V. Tsifrovye dvoyniki v sovremennom stroitel'stve: praktika primeneniya i perspektivy ispol'zovaniya [Digital Doubles in Modern Construction: Application Practice and Prospects of Use]. In: *Fotinskie chteniya – 2022 (vesennee sobranie) [Fotin Readings – 2022 (spring meeting)]*, Materials of the IX International Scientific and Practical Conference, Izhevsk, May 26–28. Izhevsk, Kalashnikov Izhevsk State Technical University Publ., 2022, pp. 102–111. (In Russ., abstr. in Engl.)
5. Smith M., Walford N., Jimenez-Bescos C. Using 3D Modelling and Game Engine Technologies for Interactive Exploration of Cultural Heritage: An Evaluation of Four Game Engines in Relation to Roman Archaeological Heritage. In: *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2019, Vol. 14 (7), Art. no. e00113. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221205481830050X> (Accessed 07/23/2024). (In Engl.)
6. Krivchuk M.A. Tekhnicheskie aspekty tekhnologii Lumen v Unreal Engine 5 [Technical Aspects of Lumen Technology in Unreal Engine 5]. In: *Obshchestvoznaniye i sotsial'naya psikhologiya [Social Studies and Social Psychology]*, 2022, no. 10 (40), pp. 100–103. URL: <https://drive.google.com/file/d/1wNVU3MGKsfleM1ZyDGMdYR2pYYxl24M/view> (Accessed 07/23/2024). (In Russ., abstr. in Engl.)
7. Anokhin A.O., Parygin D.S., Sadovnikova N.P., Finogeev A.A., Gurtyakov A.S. Modelirovanie povedeniya intellektual'nykh agentov na osnove metodov mashinnogo obucheniya v modelyakh konkurentsii [Modeling the Intelligent Agent Behavior Based on Machine Learning Methods in Competition Models]. In: *Programmnye produkty i sistemy [Software & Systems]*, 2023, Vol. 36, no. 1, pp. 46–59. (In Russ., abstr. in Engl.)
8. Bazilevich M.E., Borisova O.A., Mazur E.V. Igrovoi dvizhok Unreal Engine: vizualizatsiya i «razrushaemaya» arkhitektura [Game Unreal Engine Engine: Visualization and "Destroyable" Architecture]. In: *Dal'nii Vostok: problemy razvitiya arkhitekturno-stroitel'nogo kompleksa [Far East: Problems of Development of the Architectural and Construction Complex]*, 2019, no. 1-2, pp. 17–20. (In Russ.)