

Научная статья



УДК/UDC 711.2:004.9

DOI: 10.24412/1998-4839-2025-3-350-370

EDN: XEOZGV

Градостроительные симуляторы как экспериментальный элемент в системе инструментов управления развитием территорий

Анастасия Аркадьевна Потапенко^{1✉}, Екатерина Ивановна Фокеева²

^{1,2}Дальневосточный Федеральный Университет, Владивосток, Россия

¹aap.arch@mail.ru ²caterina.fokeeva666@yandex.ru

Аннотация. Исследование посвящено применению технологий компьютерных игр в городском планировании. Цель – определить потенциал градостроительных симуляторов в управлении развитием территорий. Рассмотрена структура инструментов управления, включая нормативные документы, методы проектирования и технологии. Особое внимание уделено возможностям симуляторов: геопространственной визуализации, мониторингу в реальном времени и тестированию сценариев развития. Подчеркивается, что симуляторы содержат методики моделирования, прогнозирования и визуализации данных.

Ключевые слова: градостроительные симуляторы, имитационное моделирование, информационная модель города, цифровые двойники городов, визуализация данных, городское планирование

Для цитирования: Потапенко А.А. Градостроительные симуляторы как экспериментальный элемент в системе инструментов управления развитием территорий / А.А. Потапенко, Е.И. Фокеева // Architecture and Modern Information Technologies. 2025. № 3(72). С. 350-370. URL: https://marhi.ru/AMIT/2025/3kvart25/PDF/22_potapenko.pdf
DOI: 10.24412/1998-4839-2025-3-350-370 EDN: XEOZGV

INFORMATION TECHNOLOGIES AND ARCHITECTURE

Original article

City-building simulators as an experimental element in the system of territorial development management tools

Anastasia A. Potapenko^{1✉}, Ekaterina I. Fokeeva²

^{1,2}Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

¹aap.arch@mail.ru ²caterina.fokeeva666@yandex.ru

Abstract. A study on the application of computer game technologies in urban planning. The goal is to determine the potential of city-building simulators in managing territorial development. The structure of management tools is considered, including regulations, design methods, and technologies. Special attention is paid to the capabilities of simulators: geospatial visualization, real-time monitoring, and development scenario testing. Simulators contain methodologies for modeling, forecasting, and data visualization.

Keywords: city-building simulators, simulation modeling, information model of the city, digital twin cities, data visualization, urban planning

For citation: Potapenko A.A., Fokeeva E.I. City-building simulators as an experimental element in the system of territorial development management tools. Architecture and Modern Information Technologies, 2025, no. 3(72), pp. 350-370. Available at:

^{1,2} © Потапенко А.А., Фокеева Е.И., 2025

Введение

Игровая индустрия – одно из наиболее динамично развивающихся направлений в сфере информационных технологий. Инструменты, разработанные для развлекательных целей, являются ценным источником методов решения практических задач. Примером игровых технологий, устойчиво вошедших в архитектурно-градостроительную сферу деятельности, являются 3D-моделирование и рендеринг. Такие развивающиеся игровые жанры, как градостроительные симуляторы и игровые метавселенные, также могут стать эффективным источником технологических и содержательных находок для построения информационных моделей городов. Исследование возможностей, ограничений и практических применений данных технологий открывает новые перспективы для эффективного управления развитием территорий.

Обзор литературы

Развитие информационных технологий и компьютерных симуляторов стало неотъемлемой частью современной жизни. Одним из перспективных направлений их применения является концепция геймификации – использование игровых элементов и механик в неигровом контексте. Этот подход всё чаще применяется как инструмент достижения реальных целей как в сфере образования, так и в профессиональной деятельности, включая градостроительство и урбанистику.

Особое место среди цифровых инструментов для моделирования городской среды занимают градостроительные симуляторы, позволяющие проектировщикам и урбанистам визуализировать, анализировать и тестировать различные сценарии развития городских систем. Такие платформы предоставляют возможность экспериментировать с планировочными решениями, выявлять проблемные зоны инфраструктуры и оценивать последствия принимаемых решений в безопасной и контролируемой среде. Например, в 2016 году в Швеции игра *Cities: Skylines* была использована для моделирования транспортной системы в рамках программы реновации одного из районов Стокгольма [1].

В работе *Urban Planning Optimization via «Cities: Skylines»* (2021) [2] рассматриваются возможности применения искусственного интеллекта для оптимизации градостроительной деятельности с использованием градостроительного симулятора *Cities: Skylines*. Авторы работы разработали «агента» для оптимизации планирования городов в игре *Cities: Skylines*, тем самым демонстрируя потенциал использования таких технологий в реальном городском управлении.

В диссертации «*The Application of City-Building Games in Spatial Planning*» (2021) [3] была затронута тема применения градостроительных симуляторов в пространственном планировании. Основная цель работы заключалась в создании моделей реального мира в *Cities: Skylines* на основе географических данных, а также в анализе и тестировании этих моделей для решения задач урбанистики и планирования. Авторы рассмотрели применение этого симулятора в моделировании городских пространств, диагностике проблем инфраструктуры и тестировании различного рода планировочных решений. Диссертация демонстрирует преимущества использования игровых симуляторов, такие как повышение наглядности процесса планирования, вовлечение общественности и интеграция в процесс принятия решений. Особое внимание уделено техническим и функциональным аспектам создания моделей: обработке географических данных, реализации сценариев и визуализации изменений. Работа подчеркивает потенциал игровых платформ для разработки более гибких и адаптивных подходов к проектированию.

В исследовании также отмечаются ограничения метода, такие как недостаточная реалистичность некоторых процессов и необходимость адаптации игр для профессионального использования.

Отечественный опыт исследования возможностей градостроительных симуляторов в профессиональной практике к настоящему времени ограничивается анализом исторических аспектов возникновения жанра и оценкой общей актуальности развития данного направления [1, 4].

Примеры моделирования реальных городов на основе градостроительного симулятора Cities: Skylines найдены для таких городов как Сан-Франциско³, Москва⁴, Санкт-Петербург⁵, Калининград⁶, Бостон⁷, Осака⁸, Париж⁹. Однако на основании доступных материалов затруднительно делать выводы об имеющихся пределах точности построения моделей.

Основываясь на зарубежном опыте исследования градостроительных симуляторов, в данной работе определена задача анализа их потенциала и ограничений для моделирования реальных городских структур в контексте особенностей отечественной системы инструментов управления развитием территорий.

1. Система инструментов управления развитием территорий

Система инструментов управления развитием территорий понимается как комплекс взаимосвязанных правовых, планировочных, экономических, организационных и технологических средств, которые используются государственными и местными органами власти, а также другими субъектами градостроительной деятельности для целенаправленного формирования, регулирования и стимулирования социально-экономического, экологического и пространственного развития территорий. Понятие «инструмент» в контексте данной статьи употребляется как средство достижения цели.

Схема взаимосвязи инструментов управления развитием территорий, представленная на рисунке 1, призвана установить взаимоотношения между нормативными актами, проектными документами и технологиями проектирования в целях определения места экспериментальных технологий, таких как градостроительные симуляторы, в общей системе (рис. 1).

Верхний уровень в системе инструментов управления развитием территорий представлен регламентирующими и нормативными градостроительными документами, которые включают: Федеральные нормативные правовые акты (Градостроительный кодекс РФ, Жилищный кодекс РФ, Земельный кодекс РФ, Водный кодекс РФ, Федеральные законы), Региональные нормативы градостроительного проектирования (РНГП), Местные нормы градостроительного проектирования (МНГП), Технические регламенты и стандарты.

³ Сан-Франциско воссоздан в Cities: Skylines. URL: <https://shazoo.ru/2015/04/03/29194/san-francisko-vossozdan-v-cities-skylines> (дата обращения: 26.05.2025).

⁴ Moscow, Russia (Savegame). URL: <https://steamcommunity.com/sharedfiles/filedetails/?id=2814670940> (дата обращения: 26.05.2025).

⁵ Санкт-Петербург. URL: https://vk.com/citiesskylines?w=wall-75648885_90759 (дата обращения: 26.05.2025).

⁶ Калининград 1.25. URL: <http://transport-games.ru/files/file/346-%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4> (дата обращения: 26.05.2025).

⁷ Boston Official Savegame. URL: <https://steamcommunity.com/sharedfiles/filedetails/?id=2355489052&searchtext=> (дата обращения: 26.05.2025).

⁸ Osaka, Japan, 1:1 Version. URL: <https://steamcommunity.com/sharedfiles/filedetails/?id=883912238> (дата обращения: 26.05.2025).

⁹ Париж в Cities: Skylines. URL: <https://dzen.ru/a/YqEJv4NGpm7e9cxi> (дата обращения: 26.05.2025).

Перечисленные документы определяют состав и взаимосвязь инструментов градостроительного проектирования и территориального планирования, связанных между собой через иерархическую структуру, где каждый последующий этап детализирует и реализует положения предыдущего. Стратегия социально-экономического развития задает общие цели, генеральный план переводит их в пространственные решения, проект планировки территории уточняет эти решения для конкретных участков, а архитектурно-строительное проектирование обеспечивает реализацию объектов в соответствии с установленными требованиями. Возникающие противоречия при координации между разными типами перечисленных инструментов градостроительного проектирования, а также некоторые содержательные и технологические недостатки приводят к развитию и внедрению такого документа территориального планирования, как мастер-планы [5, 6].

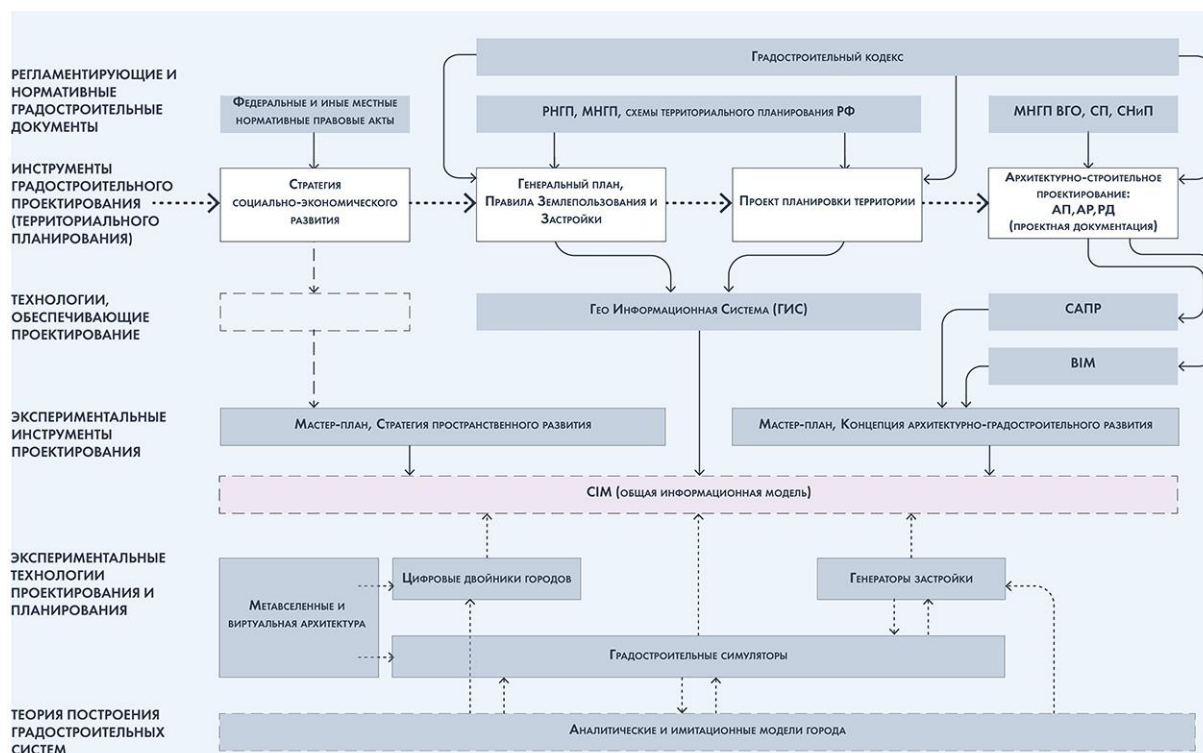


Рис. 1. Система инструментов управления развитием территорий

Мастер-планы являются экспериментальными инструментами градостроительного проектирования и в практике реализуются в двух типах: как стратегия пространственного развития городов (для масштаба города в целом) и как архитектурно-градостроительная концепция (для масштаба нескольких элементов планировочной структуры города)

Технологии, обеспечивающие градостроительное проектирование, включают в себя: геоинформационные системы (ГИС), системы автоматизированного проектирования (САПР) и информационное моделирование зданий (BIM). ГИС, САПР и BIM позволяют анализировать территорию, разрабатывать проектную документацию и создавать информационные модели зданий. Технологии ГИС и BIM в контексте развития территорий мы понимаем как инструменты в широком значении – как средство достижения цели, т.е. как технологические инструменты.

Данные технологические инструменты обеспечивают реализацию проектной документации на уровне генерального плана территорий и проекта планировки – посредством ГИС, и на уровне архитектурно-строительного (или объёмно-пространственного) – посредством САПР и BIM соответственно. В то же время развитие такого экспериментального инструмента градостроительного проектирования, как мастер-план города или мастер-план отдельных обширных частей города, предполагает объединение территориального и

объёмно-пространственного аспектов, то есть иного технологического решения, чем САПР, BIM и ГИС. Одним из наиболее перспективных подходов, способных обеспечить такую интеграцию, является концепция информационной модели города, или City Information Modeling (CIM).

Информационная модель города, или City Information Modeling (CIM), представляет собой цифровое представление физических и функциональных характеристик города, связанных с ними данных и динамических представлений между ними [7]. Она является эволюционным шагом от традиционных 2D ГИС (геоинформационных систем) к более комплексному 3D и многомерному представлению градостроительной системы. CIM призвана расширить возможности управления развитием территорий, предоставляя интегрированную платформу для принятия решений на основе данных из различных источников и обеспечивая эффективное взаимодействие между всеми участниками процесса управления развитием территорий. Концепция CIM предполагает не просто технологическое объединение данных, но и внедрение теории построения градостроительных систем и формализацию взаимосвязей и взаимоотношений между городскими явлениями, методами анализа и инструментами, используемыми специалистами разных профилей [8]. Иными словами, создание CIM требует не только развития информационных технологий, но и в большей степени формирования теории построения градостроительных систем – описания моделей организации пространственных систем. Теория построения градостроительных систем – это научная дисциплина, которая изучает принципы, методы и закономерности формирования, развития и функционирования городов и других населенных пунктов как сложных пространственных и социально-экономических систем.

К экспериментальным технологиям проектирования, которые уже способны обеспечить формирование основы или функционирование отдельных модулей CIM, относятся генераторы застройки и технологии построения цифровых двойников городов, пришедшие из индустрии видеоигр. Технологии, созданные для развлечения, развиваются быстрее и могут стать основой для инновационных решений в практических областях [9].

Подобно тому как мастер-планы, как экспериментальный инструмент проектирования, все более устойчиво входят в повседневную практику архитектора-градостроителя, так и развивающиеся технологии градостроительных симуляторов, разработанные для создания игровых городов, становятся экспериментальной площадкой для развития теории построения градостроительных систем и поставщиками передовых инструментов и концептуальных идей для проектирования цифровых моделей городов (CIM). Анализ возможностей градостроительных симуляторов показал их применимость в исследовании экспериментальных имитационных моделей градостроительных систем, а также в качестве прототипа интерфейса мониторинга и анализа городских показателей.

2. Градостроительных симуляторы как источник экспериментальных имитационных моделей градостроительных систем

Градостроительные симуляторы, такие как Cities: Skylines [10], занимают уникальное место в системе инструментов управления развитием территорий, сочетая элементы образования и экспериментального проектирования. Градостроительные симуляторы обладают потенциалом создания экспериментальных имитационных моделей градостроительных систем, что позволяет исследователям и градостроителям экспериментировать с различными градостроительными стратегиями и оценивать их потенциальное влияние на городскую среду в контролируемой и безопасной среде.

Cities: Skylines представляет собой однопользовательскую игру-симулятор градостроительства и в настоящее время является самой продвинутой градостроительной игрой на рынке. В этой игре участники берут на себя роль градостроителей, создавая сложные системы дорог, контролируя зонирование территорий, предоставляя разнообразные общественные услуги и развивая транспортную инфраструктуру.

Функционал игры позволяет реализовывать различные инфраструктурные изменения и оценивать их последствия. Все значимые метрики о процессах жизни города отслеживаются в 29 информационных окнах, отражающих социально-экономическую и градостроительную аналитику игрового города.

В игре Cities: Skylines реализована мультиагентная модель, которая имитирует поведение граждан, транспортных средств, предприятий и других виртуальных объектов. Взаимодействие между агентами создаёт сложную искусственную систему, в которой возникают явления, подобные тем, что наблюдаются в реальной жизни. Мультиагентная модель лежит в основе имитационных градостроительных моделей, реализованных в градостроительном симуляторе: транспортной, социальной, экономической, инфраструктурной, экологической и других моделях. Модели, разработанные для отображения реалистичности городских процессов внутри игры, а также созданные сообществом в различных модификациях, имеют потенциал применения при создании цифровых двойников городов в целях повышения эффективности принимаемых решений в области территориального планирования.

Типы экспериментальных имитационных моделей, создаваемых с помощью градостроительных симуляторов, включают в себя:

Модель рельефа в Cities: Skylines. Модель рельефа в симуляторе не является высокоточной геодезической моделью, но, несмотря на это, играет важную роль в формировании игрового мира и влияет на многие аспекты, от строительства дорог и зданий до распространения воды и моделирования затоплений. Рельеф в Cities: Skylines представлен выстраивается по карте высот – двумерного массива данных, где каждое значение соответствует высоте определенной точки на карте. Рельеф влияет на возможность строительства дорог и зданий. Дороги и здания могут быть построены только на относительно ровной поверхности. Для строительства на склонах необходимо использовать террасирование и подпорные стены. Множество модификаций, созданных сообществом игры, позволяют более гибко настроить рельеф в игровой карте, благодаря чему появляется возможность высокоточно воссоздать рельеф настоящего города для формирования модели тестирования городских преобразований.

Модель транспортной сети в Cities: Skylines. Эта модель, упрощённая по сравнению с профессиональными транспортными симуляторами, но тем не менее представляет собой достаточно мощный инструмент для экспериментов и анализа базовых закономерностей функционирования городской транспортной системы. Она основана на агентном моделировании, где каждый «агент» (автомобиль, автобус, трамвай, поезд, пешеход, велосипедист) принимает решения о своем маршруте и поведении, основываясь на заданных параметрах и текущей ситуации на дорогах. С помощью этой модели можно тестировать новые дорожные сети и развязки, оптимизируя их конфигурацию и оценивая влияние на транспортную ситуацию, что позволяет выявить наиболее эффективные решения для улучшения пропускной способности дорог и снижения уровня пробок. Также модель позволяет эффективно отслеживать и оптимизировать линии общественного транспорта, разрабатывая оптимальные маршруты для повышения его популярности и снижения загруженности дорог.

Модель функционального зонирования в Cities: Skylines. Модель функционального зонирования – ключевой элемент симулятора, определяющий, какие типы зданий и предприятий могут быть построены в определенных областях города. Как и другие модели, она упрощена, но несмотря на это, достаточно эффективно моделирует основные принципы зонирования и их влияние на развитие города. Симулятор предоставляет четыре основных типа зонирования: жильё, коммерция, промышленность и офисы. Каждый из них подразделяется по плотности застройки (низкая, средняя и высокая), определяющей размер и этажность зданий. Также предоставляется возможность расположения специализированных зон, таких как сельскохозяйственные, лесные, нефтяные и рудные. Создание смешанных зон застройки возможно только с использованием модификаторов.

Развитие зон зависит от доступности ресурсов, транспортной инфраструктуры и качества жизни. Управление зонированием требует учёта экологических, экономических и социальных факторов. Данная модель не позволяет контролировать рост города, упрощёнными правилами зонирования и неполноценными социальными и экономическими процессами.

Модель архитектуры в Cities: Skylines. Архитектура в Cities: Skylines – это, в первую очередь, визуальное представление зданий и сооружений. В отличие от информационных моделей, реализованных в BIM (Building Information Modeling), Cities: Skylines делает акцент на разнообразии городской среды, а не на детальном моделировании конструктивных элементов или инженерных систем. Тем не менее, архитектура в игре влияет на игровой процесс через параметры, связанные с населением, занятостью, туризмом и привлекательностью района. Игра предоставляет большое разнообразие архитектурных стилей, от исторических до современных, что позволяет создавать города с уникальным обликом. Существуют модификаторы, которые значительно расширяют возможности моделирования архитектуры, добавляют новые стили, уникальные здания и инструменты для создания более реалистичных городов, они улучшают контроль над внешним видом зданий, а также позволяют импортировать модели зданий из сторонних программ, благодаря чему появляется возможность наиболее точного визуального представления реальных городов.

Модель социально-демографической структуры в Cities: Skylines. Данная модель упрощена по сравнению с более сложными имитационными системами, как, например, в играх Paradox Interactive. Тем не менее, в игре есть несколько фундаментальных систем, которые имитируют поведение и потребности населения: возрастные группы, образование, здоровье, работа, жилье, счастье, налоги, преступность, смертность и миграция. Все эти системы влияют на рост и жизненный цикл города. Спрос на разные типы зон (жилые, коммерческие, промышленные) динамически меняется в зависимости от потребностей населения. Рост населения увеличивает спрос на жилье, а нехватка рабочих мест – на коммерческие и промышленные зоны. Жители рождаются, растут, учатся, работают, выходят на пенсию и умирают, что создает динамический цикл, который влияет на потребности города. Все аспекты взаимосвязаны: низкий уровень образования снижает доступность квалифицированных кадров, что негативно сказывается на экономике, а высокий уровень загрязнения приводит к росту заболеваемости и снижению уровня счастья (рис. 2).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ СОЗДАВАЕМЫЕ С ПОМОЩЬЮ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ СИМУЛЯТОВ				
МОДЕЛЬ	КАРТА ВЫСОТ	ВНЕШНИЙ ВИД	РЕЛЬЕФ	ОПИСАНИЕ
РЕЛЬЕФ				ИГРОВОЕ ПРОСТРАНСТВО
РЕЛЬЕФ	Рельеф в "Cities: Skylines" представлен в виде высотной карты. Это двумерный массив данных, где каждая ячейка соответствует высоте определенной точки на карте. Рельеф влияет на возможность строительства дорог и зданий.			
ТРАНСПОРТ И УЛИЧНО-ДОРОЖНАЯ СЕТЬ				ТРАНСПОРТ
ТРАНСПОРТ И УЛИЧНО-ДОРОЖНАЯ СЕТЬ	Градостроительный симулятор предоставляет информацию о транспортной инфраструктуре города. С помощью этих данных можно оптимизировать транспортную сеть и улучшить мобильность жителей.			
ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ				ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ	Модель функционального зонирования является ключевым элементом симулятора, определяющим, какие типы зданий и предприятий могут быть построены в определенных областях города.			
АРХИТЕКТУРА				КЛАДБИЩЕ
АРХИТЕКТУРА	Тем не менее, архитектура в игре влияет на игровой процесс через параметры, связанные с населением, занятостью, туризмом, и привлекательностью района. Игра предоставляет большое разнообразие архитектурных стилей, но не позволяет выбирать облик отдельных зданий.			
НАСЕЛЕНИЕ				РАБОЧИЕ МЕСТА
НАСЕЛЕНИЕ	В игре есть несколько фундаментальных систем, которые имитируют поведение и потребности населения: возрастные группы, образование, здоровье, работа, жилье, счастье, налоги, преступность, смертность и миграция.			

Рис. 2. Экспериментальные имитационные модели, создаваемые с помощью градостроительных симуляторов

Cities: Skylines предоставляет возможности для модификаций посредством интерфейса программирования приложений (API), написанного на языке программирования C#, а также онлайн-поддержку в виде документации и активных пользовательских форумов. В игре существует множество модификаторов, созданных игровым сообществом, и изменяющих симуляцию городского планирования. Модификаторы (моды) учитывают более реалистичные схемы дорожного движения, например, такие факторы, как утренние и вечерние пробки. Модификаторы позволяют расширять функционал игры, добавляя новые механики, модели и элементы управления. Это делает симулятор ценным инструментом не только для визуализации и генерации идей, но и для исследования математических моделей и технологий, как реализованных в игре, так и разработанных в модификациях.

3. Градостроительные симуляторы как прототип интерфейса мониторинга и анализа городских показателей

Градостроительные симуляторы могут служить прототипом интерфейса мониторинга и анализа городских показателей для построения информационной модели города (CIM). Графическая репрезентация имитационных моделей является критически важным элементом градостроительного симулятора. Она должна быть интуитивно понятной, наглядной, интерактивной, эстетически привлекательной и не должна оказывать негативного влияния на производительность игры. Хорошая графическая репрезентация позволяет игроку эффективно управлять городом и принимать обоснованные решения, основываясь на анализе данных.

Заимствование методов и технологий визуализации данных, отработанных в градостроительных симуляторах на широкой аудитории, может значительно улучшить графическую репрезентацию информационных моделей городов.

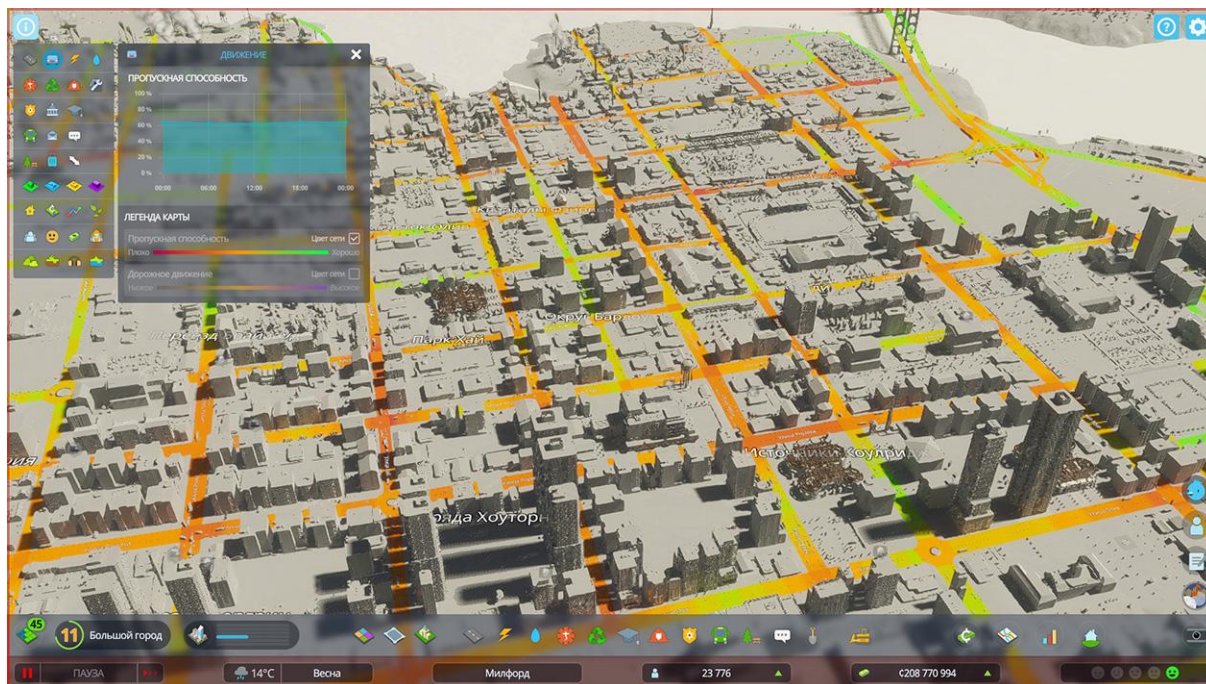
Информационные экраны представляют подробную информацию о различных аспектах функционирования города и позволяют:

- Анализировать транспортные потоки, предсказывая изменения в транспортной доступности и эффективности транспортных проектов, изменения пропускной способности и интенсивности движения (рис. 3).
- Оценивать стратегии распределения парковочных мест: количество мест на парковках, количество свободных мест, доходы от платной парковки.
- Визуализировать и анализировать модели землепользования, что позволяет оценить влияние различных стратегий управления земельными ресурсами на стоимость земельных участков и качество городской среды.
- Изучать экономические последствия градостроительных решений, включая влияние на стоимость недвижимости, уровень занятости и инвестиции, расходы и доходы города, структуру поступлений, регулирование налоговых ставок.
- Оценивать распределение рабочих мест и их влияние на экономику города: количество рабочих мест, количество вакансий, уровень безработицы, распределение рабочих мест по видам занятости.
- Оценивать экологические аспекты, такие как загрязнение окружающей среды, уровень шума и воздействие на климат, что помогает разрабатывать устойчивые градостроительные стратегии.

Примеры информационных представлений, которые могли бы быть заимствованы из градостроительных симуляторов для цифровых двойников города, отображены на рисунке 3.

Градостроительные симуляторы, такие как Cities: Skylines, обладают значительным потенциалом в качестве прототипов интерфейсов мониторинга и анализа городских показателей. Они позволяют наглядно визуализировать сложные данные, обеспечивают интерактивность и доступность, а также позволяют моделировать различные сценарии развития города. Однако для реализации этого потенциала необходимо преодолеть ряд

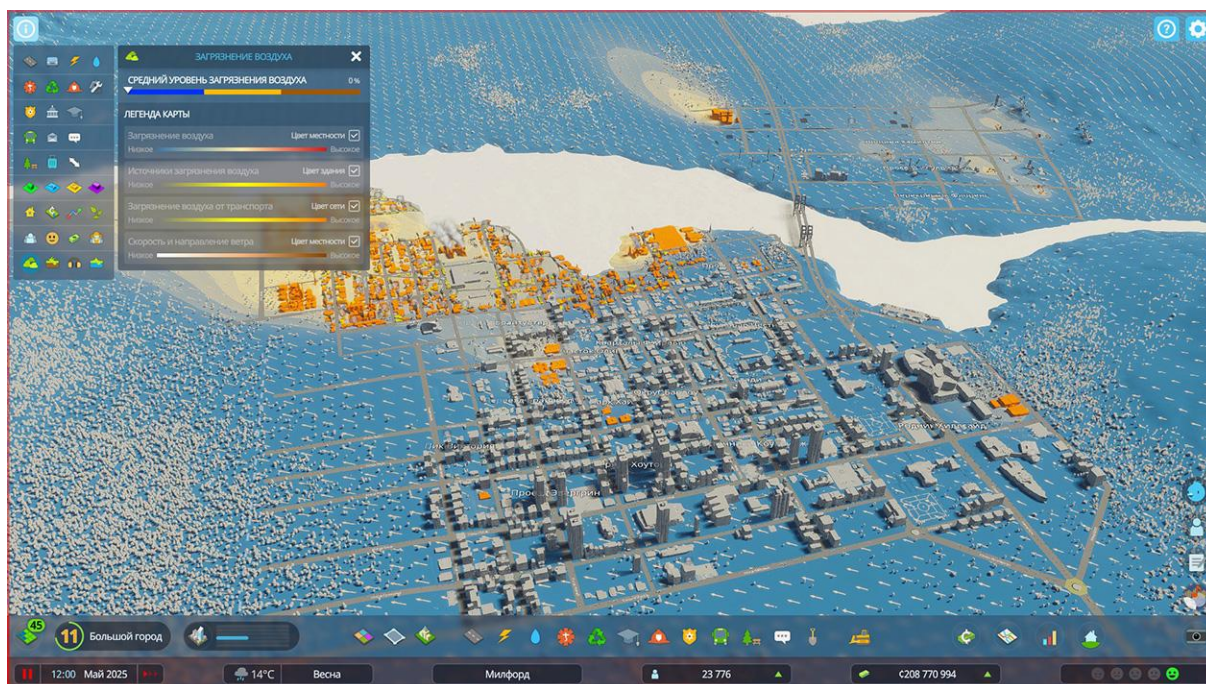
технических и методологических проблем, перечисленных выше, связанных с интеграцией данных, точностью моделирования и представлением информации. Тем не менее, они могут служить вдохновляющим примером для разработки более эффективных и удобных инструментов для управления и развития городов.



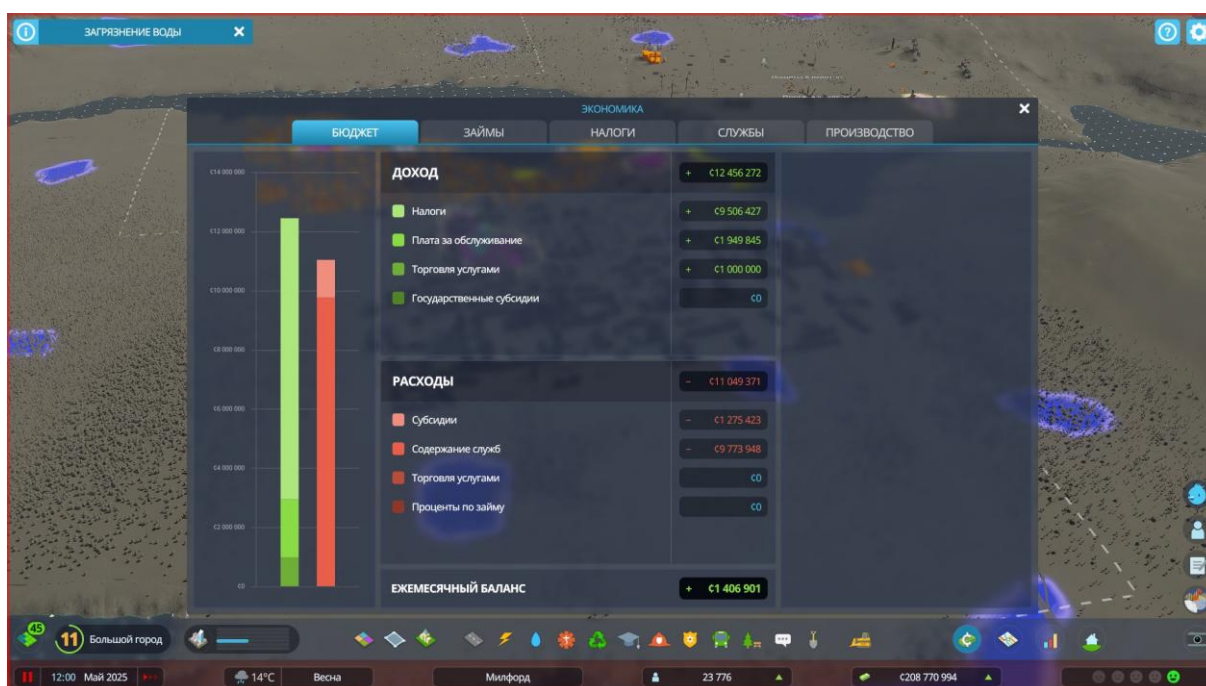
a)



б)



в)



г)

Рис. 3. Примеры информационных представлений в градостроительном симуляторе Cities: Skylines: а) пропускная способность УДС; б) распределение рабочих мест и процентное соотношение потенциальных рабочих мест; в) загрязнение воздуха и источники загрязнения; г) панель управления городским бюджетом

4. Процесс построения модели реального города с помощью градостроительного симулятора Cities: Skylines на примере города Владивостока

Построение города в Cities: Skylines начинается с создания рельефа, дорог и водных объектов, а затем переходит к более сложным этапам, таким как зонирование, развитие

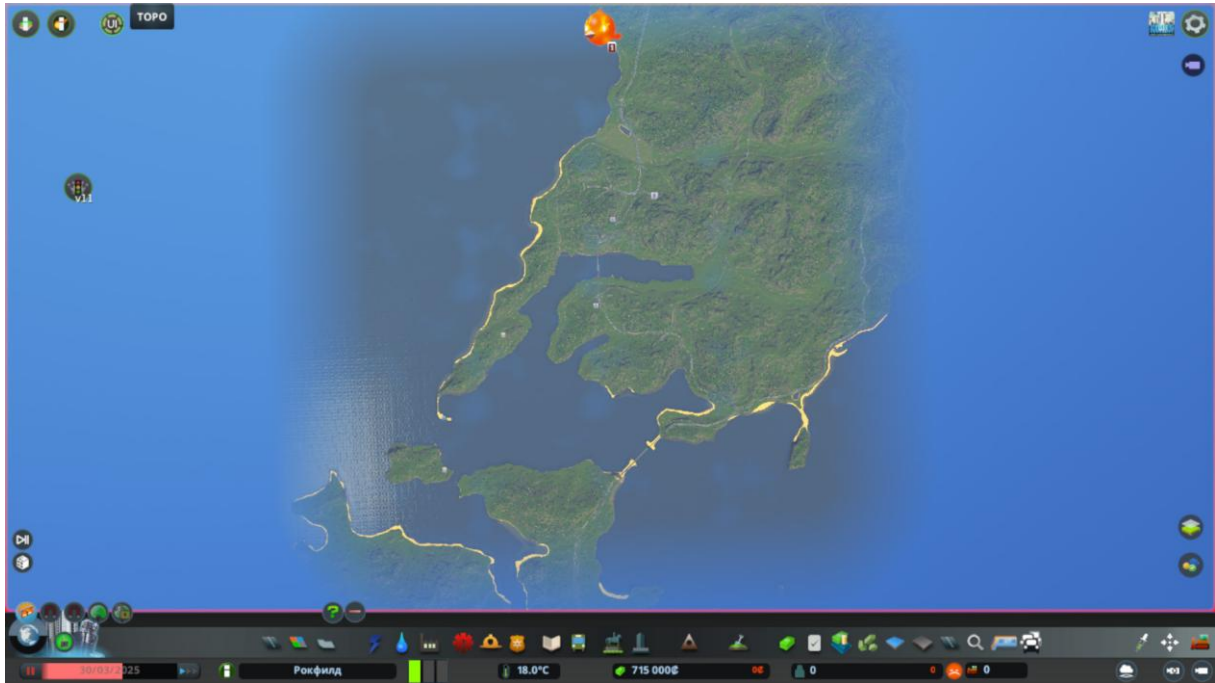
инфраструктуры и управление городскими системами, что и составляет основной игровой процесс (рис. 4).

Создание рельефа в Cities: Skylines. Для формирования карты в Cities: Skylines на основе реального рельефа и сетки дорог необходимо установить модификаторы: *Cimtopographer – rebuild for 1.10.1-f3* – для импорта в редактор сетки дорог из интернета; *Image Overlay* – чтобы подложить карту местности в редакторе; *Move It* – для редактирования расположения дорог и удаления лишних элементов импорта. Далее необходимо экспортировать рельеф с сайта <https://heightmap.skydark.pl/>, для работы данного сайта необходимо на сайте <https://www.mapbox.com/> взять открытый MapBox API Token и ввести в окне настроек, после чего необходимо сохранить токен и перезагрузить страницу. Также в окне настроек необходимо ввести такие параметры, как: размер карты – 17,28 км = M1:1, базовый уровень, масштаб высот. На сайте автоматически выделена квадратная область 18x18 км, соответствующая игровой модели: 9x9 клеток – вся карта, 5x5 клеток – непосредственно игровое пространство. Желательно, чтобы будущий цифровой город помещался в игровое пространство, но если это невозможно, на сайте также можно изменить масштаб, при этом коэффициент масштаба будет влиять на последующие этапы формирования модели. После выставления всех необходимых настроек и выбора необходимого участка карты, на боковой панели выбирается скачивание карты высот для выбранного места, здесь же можно скачать карту в формате изображения и OSM данные. Для импорта рельефа в игру необходимо поместить файлы карт высот, полученные с сайта, в папку "c:\Users{имя_пользователя}\AppData\Local\ColossalOrder\Cities_Skylines\Addons\MapEditor\Heightmaps". При запуске игры эта карта появится в редакторе карт, и её можно будет применить для формирования необходимой модели игрового рельефа. Модификатор Topographic Lines Toggle позволяет отобразить на созданном рельефе топографические горизонталы.

Создание сетки дорог в Cities: Skylines осуществляется с использованием модификатора *Cimtopographer – rebuild for 1.00.1-f3*. Для начала заполняются все необходимые поля, для определения границ и координат создаваемой дорожной сети. В параметр Bounding Box вносятся координаты, которые можно взять на сайте <https://heightmap.skydark.pl/>. Масштаб выставляется в зависимости от того, попал ли весь город в стандартное поле 18x18 км или он был уменьшен. Для формирования полной модели города, для сетки 27x27 км выставляется масштаб 0,667, для сетки 36x36 км – масштаб 0,5. Для определения границ отрисовки дорог задается параметр Tiles to boundary, где 0,5 – отрисовка дорог только в стартовой клетке карты, 2,5 – отрисовка дорог в центральных клетках карты 5x5, 4,5 – отрисовка дорог на все клетки карты 9x9. При уменьшении параметров на 0,5 можно задать отступ от края клеток, тем самым полученная модель будет менее заполнена лишними объектами. Дополнительно можно задать, какие типы дорог необходимо импортировать: пешеходные, городские и магистральные (pedestrian path, roads, highways). Затем необходимо нажать Load From overpass-api.de, и после загрузки данных Make roads. Спустя некоторое время данные о дорогах будут загружены в игровую модель. Для больших городов необходимо отдельно загружать магистральные дороги, городские и пешеходные, и подчищать каждый слой после выгрузки для формирования более точной модели улично-дорожной сети. Чистка дорог осуществляется с помощью модификаторов *Phantom Lane Remover* и *Movelt*. Дальнейшее формирование улично-дорожной сети производится вручную, опираясь на карту-подложку с использованием модификаторов: *More Network Stuff* – для прокладки городских и пешеходных дорог; *Fine Road Anarchy*, *Fine Road Tool*, *Precision Engineering*, *Parallel Road Tool*, *Net Pircker*, *Roundabout Builder* и *Smart Intersection Builder* – для внесения дорожных развязок; *Map Editor Tunnels Enabler* для формирования туннелей, *Unlimited Outside Connections* – для внесения неограниченного количества дорог.

Создание водных объектов, лесов и лесополос в Cities: Skylines. Для формирования водоема необходимо на панели «Водопровод» выбрать «Перемещение уровня моря», если в модели необходимы только моря или озера, при этом все водоемы сообщающиеся,

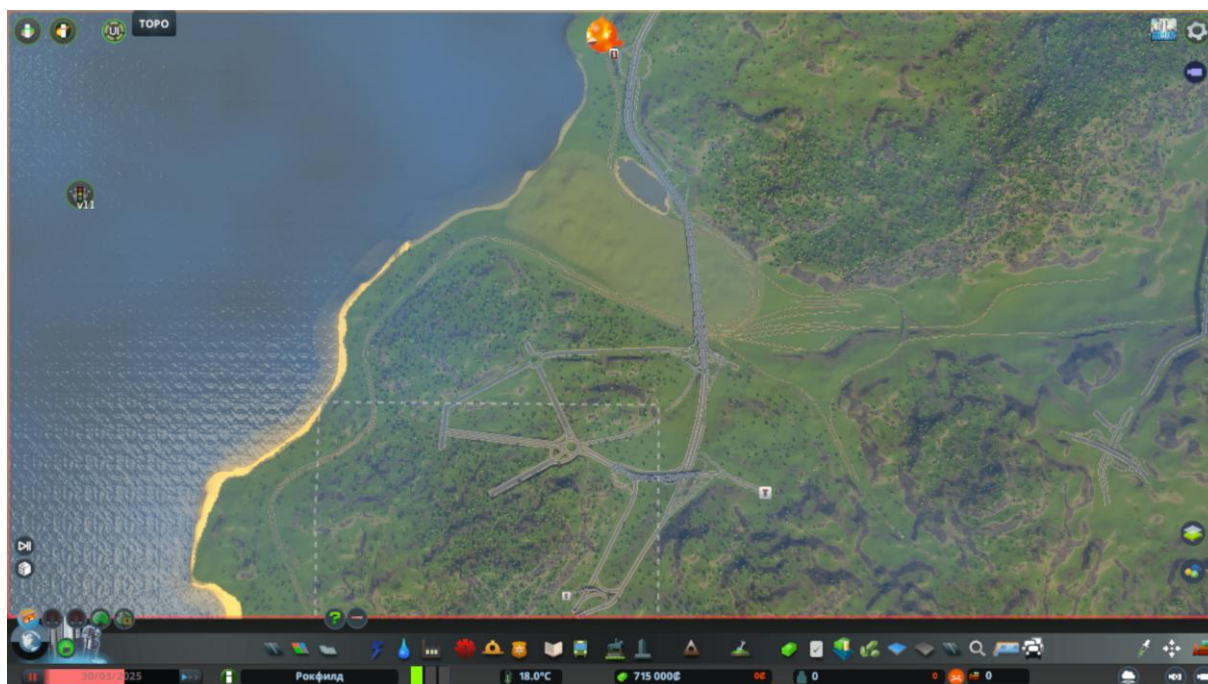
этого будет достаточно. Если необходимо создать дополнительный водоем, с помощью инструмента «Размещение источника воды», в необходимом месте добавляется источник воды, затем устанавливается уровень воды в водоеме. Формирование лесов и парков осуществляется с помощью модификатора *Forest Brush*, для формирования линейных посадок используется *Prop Line Tool*. Также для снятия ограничений по количеству деревьев в игровой модели можно использовать модификатор *Unlimited Trees Mod*.



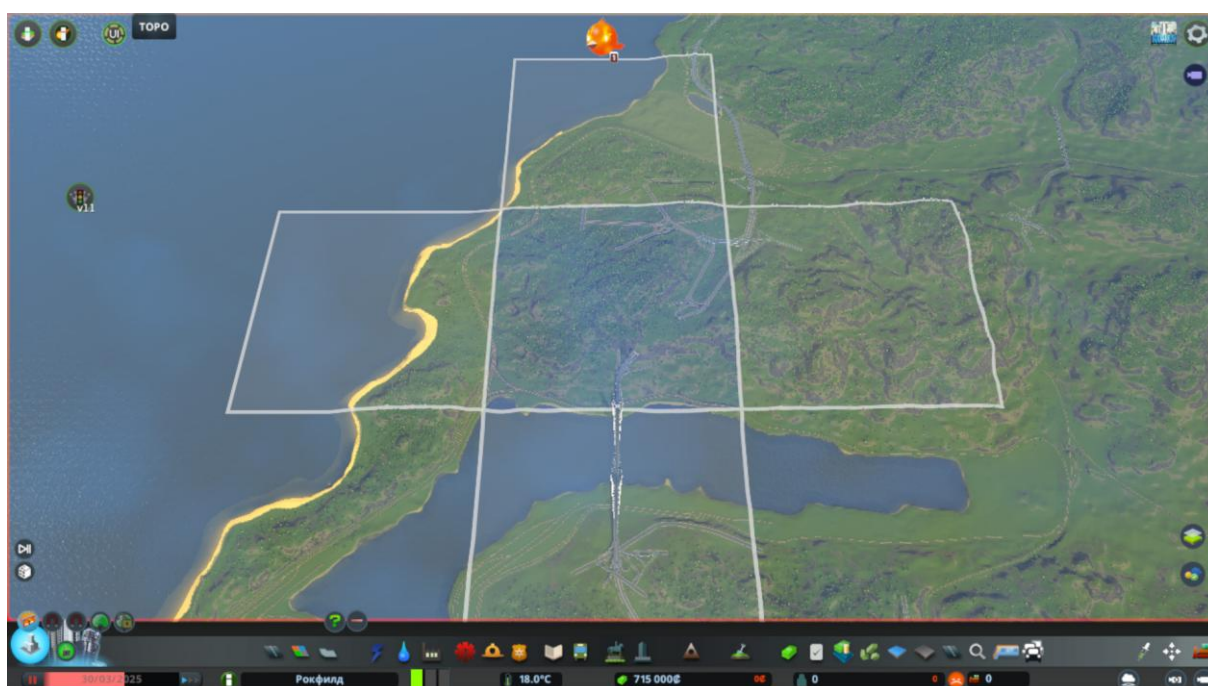
a)



б)



в)



г)

Рис. 4. Итоговая игровая карта в градостроительном симуляторе Cities: Skylines: а) общий вид игровой карты; б) сооружения, импортированные в карту; в) магистральная улично-дорожная сеть, импортированная с помощью модификаторов в карту; г) стартовое поле игры и возможность расширения территорий для последующего освоения

Создание базовой инфраструктуры и зонирование. Если при создании модели реального города вся улично-дорожная сеть была импортирована сразу в карту, то при создании базовой инфраструктуры этот этап необходимо пропустить. Если же была импортирована только магистральная сеть дорог или был создан только рельеф, то для начала создания городской инфраструктуры необходимо разметить УДС, желательно не

на весь город сразу, а начать с небольшого района. Это позволит грамотно распределить, ограниченный на начало игры, бюджет. Логика строительства дорог в целом соответствует реальности, но для правильного функционирования города необходимо соединять магистраль с краем карты, чтобы город мог развиваться посредством прибытия новых жителей. Важно использовать различные типы дорог и внимательно следить за корректностью соединений перекрестков и расположением пешеходных переходов: такие факторы при неправильном размещении объектов, могут сильно искажать симуляцию. При строительстве дорожной сети вдоль дорог появляется белая сетка, область готовая для зонирования.

Зонирование территории осуществляется с помощью инструмента *Zoning Tool*. Назначение одного из четырех типов зонирования (жилье, коммерция, промышленность и офисы) посредством выделения, заливки или ручного выбора области сетки определяет территории под застройку. Застройка осуществляется генеративно, на основе спроса жителей города. При отсутствии спроса на определенный тип зонирования выбранные территории застраиваться не будут. Также выбранные под определенный тип застройки территории могут застраиваться зданиями различных габаритов в зависимости от размеров территории. В игру заложены модели зданий в габаритах от 1x1 клетку до 4x4 клетки. Для более точного контроля размеров и типов застройки рекомендуется выделять необходимые под застройку области вручную и не применять для зонирования выделение и заливку.

Для эффективно развивающегося города необходимо соблюдать несколько правил зонирования: размещать жилые зоны в отдалении от промышленности (из-за шума и загрязнения); коммерческие зоны размещать между жилыми и промышленными, т.к. они служат буфером; заранее рассчитывать место для будущих дорог и инфраструктуры. На следующем этапе необходимо обеспечить город водоснабжением, электроснабжением и прочими службами. На первых этапах развития города будет достаточно размещение водонасосной станции и определения места сброса сточных вод. Для обеспечения города электричеством можно использовать ветряные мельницы или угольную станцию. Также необходимо разместить основные службы: полицию, пожарную станцию и медицинское обслуживание, а также места сбора или сжигания мусора. По мере роста города необходимо следить за спросом на различные типы зонирования, улучшать улично-дорожную сеть, добавлять места отдыха, объекты образования, туристические места.

5. Реализация основного игрового процесса управления развитием территории: развитие экономики и обеспечение транспортной доступности, качества жизни, экологической устойчивости

Реализация основного игрового процесса управления развитием территории (как в градостроительных симуляторах, таких как *Cities: Skylines*, так и в других стратегических играх) требует постоянного баланса между четырьмя ключевыми, часто конкурирующими, целями: *экономическим процветанием, эффективной транспортной доступностью, высоким качеством жизни и экологической устойчивостью*. Успешная реализация игрового процесса заключается в создании динамичной и реалистичной модели, где действия игрока имеют ощутимые последствия для всех этих аспектов.

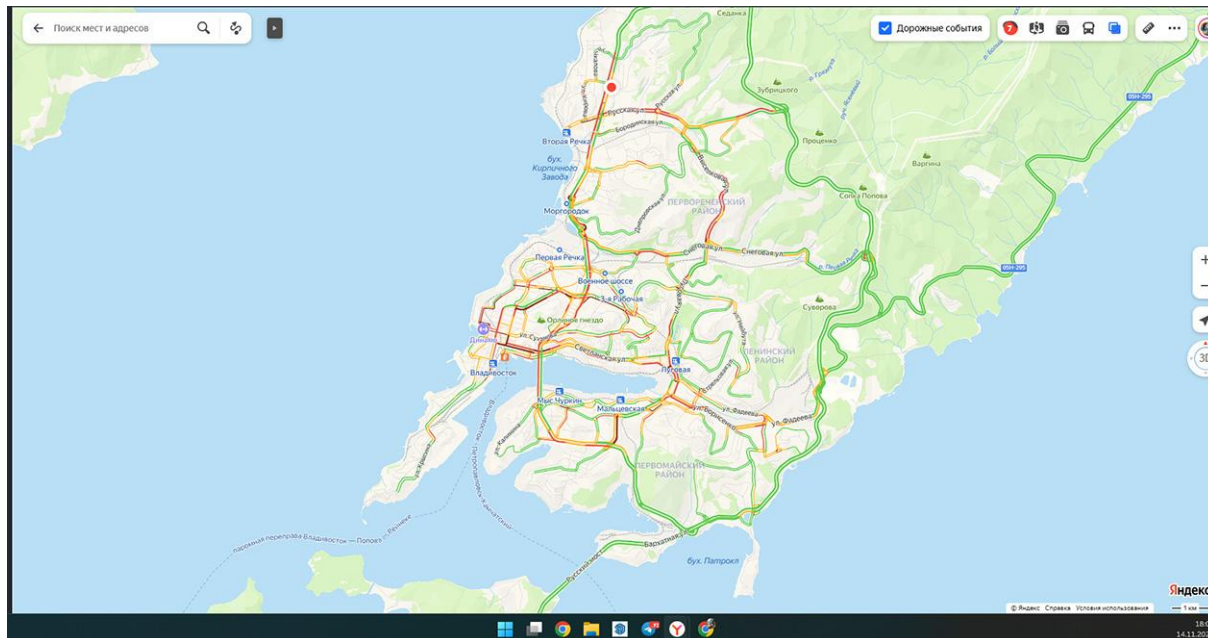
Экономическая модель в первой части градостроительного симулятора довольно проста и основана на спросе и предложении между зонами, налогах, импорте и экспорте ресурсов, а также балансе между расходами на обслуживание города и его доходами от налогов и промышленности. В отличие от второй части, в ней отсутствуют сложные производственные цепочки и гибкие инструменты поддержки отраслей. Установка налогообложения и торговля ресурсами позволяют развивать город с наиболее точным целеполаганием.

Транспортная доступность также важна для развития процветающего города. УДС должна состоять из различных типов дорог. Необходимо грамотно проектировать или воссоздавать

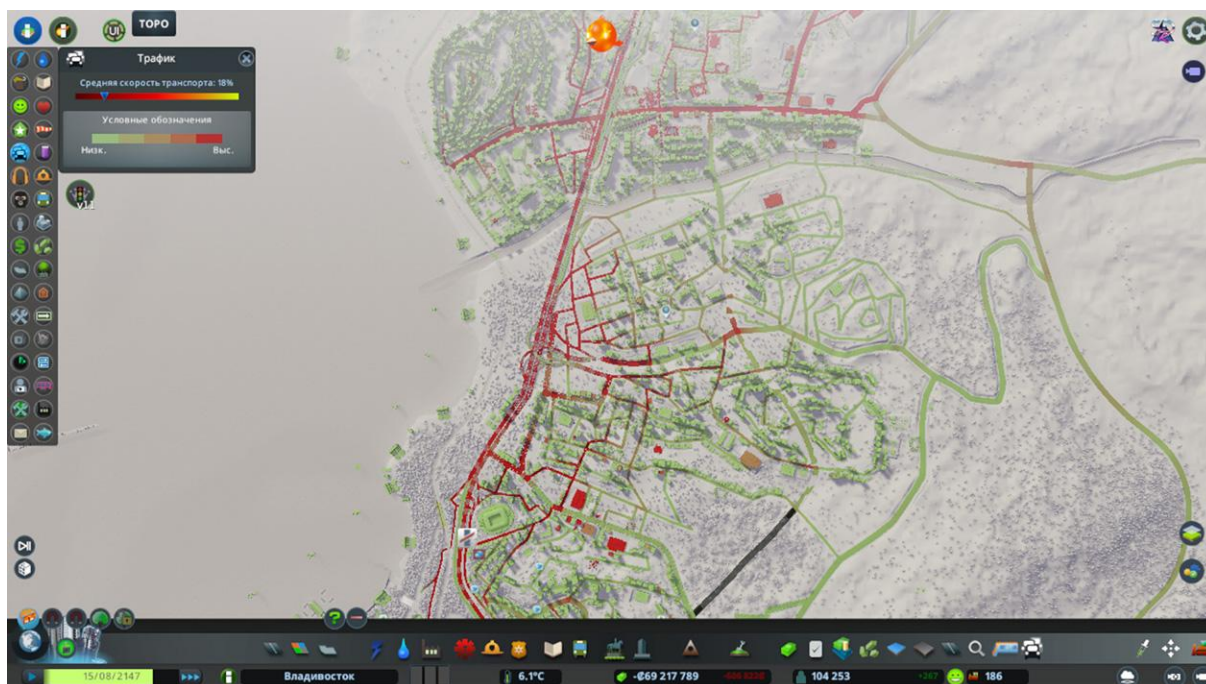
сеть общественного транспорта и пешеходных маршрутов. Транспорт, применяемый в производстве и промышленности, желательно выводить в отдельные районы, запрещая въезд в город: это поможет разделить потоки и избежать заторов на дорогах. Также управлять трафиком на дорогах помогают светофоры, одностороннее движение, платные дороги и парковки.

На качество жизни могут влиять такие аспекты, как образование, здравоохранение, безопасность, культура и развлечения, доступное жилье, низкий уровень загрязнения, общественные пространства. Гармоничное распределение данных типов застройки в каждом районе позволяет добиться максимального довольства населения. Принципы экологической устойчивости необходимо закладывать на первых этапах строительства города. Эффективно следовать данному принципу помогут: возобновляемые источники энергии, обеспечение энергоэффективности зданий и транспорта, управление методами сбора и утилизации отходов, защита водных ресурсов. Для оценки эффективности применяемых методов используются метрики и отчетность. Для каждого из перечисленных аспектов в симуляторе представлена информационная панель, предоставляющая игроку необходимую статистику. Баланс между всеми этими элементами обеспечивает привлекательность города для жителей и устойчивость на длительную перспективу.

По итогу реализации описанных этапов игрового процесса была построена модель города Владивостока в границах центральной части города, Некрасовского путепровода, ул. Снеговой, проспекта 100-летия Владивостоку, районов БАМ и Второй речки. На данном этапе появились сложности в развитии городской среды, связанные с низким спросом на застройку различных типов. В созданном виртуальном городе в указанных границах при населении, равном более ста тысяч жителей, обнаружились эффекты загруженности транспортной инфраструктуры, подобные наблюдаемым в реальности. Дальнейшая работа с виртуальной моделью была направлена на тестирование различных сценариев инфраструктурного развития (рис. 5).



a)



б)

Рис. 5. Сравнение реальной и виртуальной улично-дорожной сети в градостроительном симуляторе Cities: Skylines: а) карта г. Владивостока с указанием проблемных участков УДС; б) модель г. Владивостока с указанием проблемных участков УДС

6. Тестирование различных сценариев развития города

На основе модели г. Владивостока, созданной в градостроительном симуляторе Cities: Skylines, было проведено тестирование нескольких сценариев развития улично-дорожной сети с целью поиска оптимального решения для перераспределения нагрузки с главной транспортной артерии – проспекта 100-летия Владивостока.

На начальном этапе была протестирована концепция преобразования существующих крупных транспортных узлов, расположенных на пересечениях проспекта 100-летия Владивостока с прилегающими улицами. Данное преобразование не дало положительных результатов.

В первом сценарии была реализована магистраль, параллельная проспекту 100-летия Владивостока вдоль побережья Амурского залива по типу, заложенному в генеральном плане Владивостокской кольцевой автомобильной дороги (ВКАД), а также реконструированы развязки на перекрестках улиц Русской, Фирсова и Снеговой с проспектом 100-летия Владивостока. Данные изменения не помогли решить проблему заторов: наоборот, большие проблемы стали появляться на съездах с параллели.

Второй сценарий предусматривал отказ от создания дороги вдоль побережья и альтернативное развитие ортогональной сетки в северо-восточном направлении. Здесь появилась параллель проспекту 100-летия Владивостока, объединяющая улицы Давыдова, Бородинскую, Постышева, Шошина, Вострецова, Днепровскую, Снеговую и Военное шоссе с подключением к развязке на Некрасовский путепровод. Сетку между этими параллельными дорогами удалось создать с помощью продления таких улиц, как Русская, Бородинская, Постышева и Днепровская. Этот вариант был протестирован с преобразованием развязок на Постышева и на Русской, оба варианта оказались безуспешными.

В третьем сценарии были объединены преимущества первого и второго сценариев, а также построена третья параллель проспекту 100-летия Владивостока, объединяющая улицы Русскую, Багратиона, Героев Варяга, Карбышева, Днепровскую, Снеговую и Военное шоссе. Такая сетка показала себя лучше всего: пропускная способность улично-дорожной сети выросла, благодаря чему заторы появлялись лишь в отдельных локациях, а доступность северо-западных районов города значительно увеличилась. Тестирования на данном этапе проводились только для личного транспорта, но, учитывая населенность районов БАМ и Вторая Речка, введение общественного транспорта в новые транспортные артерии значительно улучшит ситуацию на дорогах и, вероятнее всего, позволит избежать заторов вовсе.

В четвертом сценарии было принято решение пойти в обратном направлении и протестировать третий сценарий развития без магистрали, проходящей вдоль побережья Амурского залива. Данное решение показало, что параллель, проходящая вдоль побережья Амурского залива, эффективна для разгрузки проспекта 100-летия Владивостока, так как позволяет быстро преодолеть расстояние из центра города до района Второй Речки. Как только этот маршрут исчезает, скорость трафика на основной магистрали снижается, а в районе Некрасовского путепровода начинаются крупные скопления транспорта.

Из рассмотренных сценариев развития улично-дорожной сети наименее эффективным показал себя начальный вариант реконструкции исключительно крупных транспортных развязок (рис. 6).

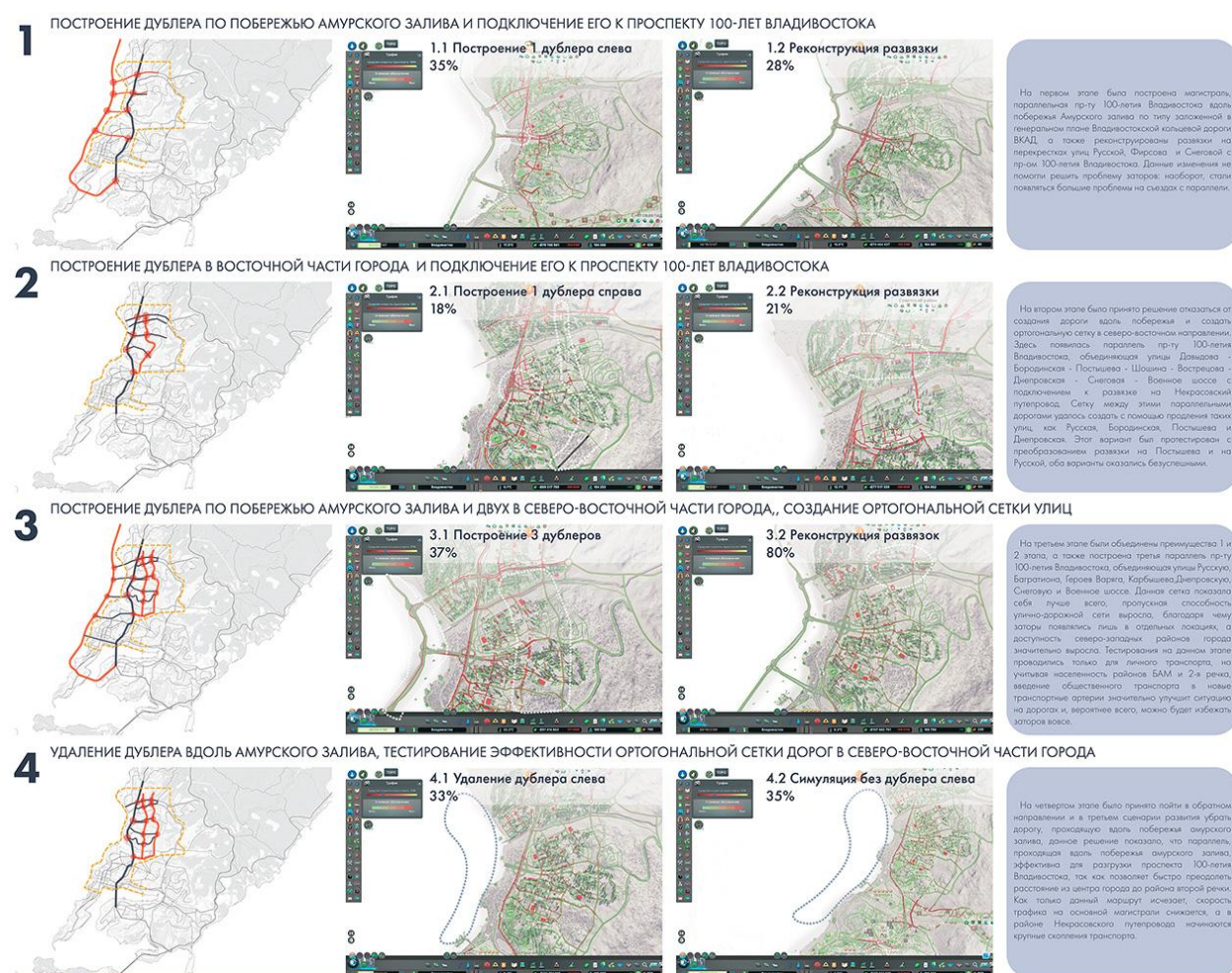


Рис. 6. Тестирование сценариев развития УДС г. Владивостока

Наибольшую эффективность экспериментальное моделирование продемонстрировало в третьем сценарии развития обширной ортогональной улично-дорожной сети с приоритетным магистральным движением в сравнении с добавлением одной, параллельной существующей, магистрали с восточной или западной стороны.

7. Оценка точности построения моделей реальных городов

Cities: Skylines создана на игровом движке Unity, который обеспечивает визуально привлекательную трехмерную среду и свободу перемещения по игровому миру. Несмотря на то, что игра изначально предназначена для создания воображаемых городов, многие игроки используют её для моделирования реальных городов. Для создания виртуальной модели города, с которой можно взаимодействовать, необходимо скорректировать базовую модель, устранив проблемы некорректности исходных географических данных, а также проблемы генерации сложных элементов улично-дорожной сети, таких как туннели, мосты и т.п., и выполнить подключение города к автомагистрали федерального значения. При последующей проработке модели простраиваются водные объекты, уточняется зонирование территории, создаются уникальные здания и сооружения, а также другие необходимые элементы. Более точную корректировку модели виртуального города можно провести путем внедрения модификаций, влияющих на многие аспекты градостроительных симуляций.

Анализ опыта моделирования существующих городов в градостроительных симуляторах, а также собственные эксперименты с построением модели Владивостока позволили выявить, что наиболее точными аспектами симуляций являются рельеф местности и улично-дорожная сеть. Таким образом, эти модели могут быть использованы для тестирования решений по преобразованию дорожной сети и улучшению улично-дорожной системы (УДС). Это позволяет создавать виртуальные «полигоны» для испытания новых схем движения, оценивать влияние изменений в дорожной инфраструктуре на транспортные потоки, выявлять «узкие места» и оптимизировать расположение остановок общественного транспорта, перехватывающих парковок и других элементов транспортной системы. Используя симуляторы, можно заранее оценить эффективность предлагаемых решений, минимизировать риски возникновения транспортных заторов и улучшить общую транспортную доступность города. Это способствует более эффективному и устойчивому развитию городской среды.

Создание игровых моделей на основе географических данных остается сложным и трудоемким процессом, что пока ограничивает широкое применение таких игр в профессиональных целях. Инструменты импорта данных в Cities: Skylines требуют значительной обработки и адаптации исходных данных, поскольку форматы игры часто несовместимы с геоинформационными системами (ГИС). Отсутствие прямой интеграции с профессиональными ГИС-системами затрудняет использование игры для точного анализа и моделирования реальных городов. Кроме того, игровые ограничения по размеру и детализации мира не позволяют полностью воссоздать сложность и масштаб реальных городов. Однако потенциал игры для визуализации, обучения и тестирования градостроительных решений остается высоким. С развитием технологий и возможностей модификации, Cities: Skylines может стать важным инструментом для экспериментального проектирования, коммуникации между заинтересованными сторонами и популяризации урбанистических идей, дополняя традиционные методы планирования городской среды.

Заключение

Развитие информационных технологий и градостроительных симуляторов, таких как Cities: Skylines, открывает новые возможности для моделирования и оптимизации городского планирования. Геймификация и использование игровых моделей позволяют повысить наглядность процессов, вовлечь общественность и протестировать различные сценарии развития территорий. Значимость этих технологий подтверждается их активной

интеграцией в образовательные программы, муниципальные проекты и научные исследования, что подтверждается зарубежным опытом.

Исследование возможности применения имитационных моделей, реализованных в градостроительном симуляторе, в практике территориального планирования показало перспективы использования потенциально полезных имитационных градостроительных моделей, а также их применения в качестве прототипа интерфейса мониторинга и анализа городских показателей. На основе протестированных моделей развития улично-дорожной сети г. Владивостока можно сделать вывод, что для эффективного решения транспортных проблем необходимо создание развитой ортогональной сетки дорог в густонаселенных районах города. Результаты моделирования с применением градостроительного симулятора Cities: Skylines продемонстрировали его ценность как эффективного метода планирования и оценки городских преобразований. Применение такого мощного инструмента для создания модели города и тестирования вариантов его развития, оптимизации транспортной инфраструктуры и решения существующих транспортных проблем позволяет заранее убедиться в эффективности предложенных решений и избежать дорогостоящих ошибок в планировании городской среды.

Использование игры как прямого инструмента для тестирования решений для реальных городов ограничено, но Cities: Skylines в перспективе может быть стать ценным дополнением к профессиональным инструментам для планирования, особенно для целей визуализации, коммуникации, генерации идей, предварительной оценки проектов и тестирования структуры информационной модели города. Для эффективного использования важно учитывать ограничения симулятора и сочетать его с другими методами анализа и данными.

Тем не менее темпы развития информационных технологий делают возможным слияние управления развитием городов с игровым процессом. Градостроительные симуляторы становятся актуальными экспериментальными инструментами для управления территориальным развитием, сочетая визуализацию данных в режиме реального времени с преобразованием в стратегическую информацию, моделированием и прогнозированием и способствуя переходу от традиционных методов управления, основанных на разрозненных документах, к интегрированному, сбалансированному и эффективному управлению развитием территорий как сложных пространственных систем.

Источники иллюстраций

Рис. 1. Схема авторов.

Рис. 2-6. Схемы авторов, выполненная в программной среде Cities:Skylines.

Список источников

1. Агальцев Н.Е. Актуальность применения компьютерных игр жанра «градостроительный симулятор» в современном проектировании урбанистики // Цифровое будущее: социальные и экономические проблемы, вызовы и возможности. Москва: КДУ, Добросвет, 2024. С. 25-29.
2. Duncan C. Urban Planning Optimization via "Cities: Skylines" / C. Duncan, J. Cunningham, A. Wang, A. Kennedy // Computer Science and Engineering Senior Theses. URL: https://scholarcommons.scu.edu/cseng_senior/215 (дата обращения: 25.06.2025).
3. Pinos J. The Application of City-Building Games in Spatial Planning: специальность P1301, 1302V011 Geoinformatics and Cartography: диссертация PhD / J. Burian, J. Pinos. Olomouc: Palacky University Olomouc, 2021. 197 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/362131045_The_Application_of_City-Building_Games_in_Spatial_Planning (дата обращения: 25.06.2025).

4. Воробьев Д.Б. Симуляторы строительства и управления. История развития и особенности жанра / Д.Б. Воробьев, Л.Э. Шабалкин, М.А. Музыкантов // Молодой исследователь Дона. 2019. № 2(17). С. 91-95.
5. Малинова О. О реформировании территориального планирования в Российской Федерации в целях комплексного и устойчивого развития территории. Мастер-план // Academia. Архитектура и строительство. 2020. № 1. С. 5-10. URL: <https://aac.raasn.ru/index.php/aac/article/view/184>
6. Герцберг Л. Стратегический план или мастер план? // Academia. Архитектура и строительство. 2022. № 1. С. 60-67. URL: <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2022-1-60-67>
7. Pinos J. Automatic Geodata Processing Methods for Real-World City Visualizations in Cities: Skylines / J. Pinos, V. Vozenilek, O. Pavlis // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2020. № 9(1). С. 17.
8. Гостев М.В. Об эвристической природе моделей эволюционного городского развития // Городские исследования и практики. 2019. № 1. С. 7-22.
9. Stojanovski T. City Information Modeling (CIM) and Urbanism: blocks, connections, territories, people and situations // Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture & Urban Design. 2013. С. 1-8.
10. Перспективы применения градостроительных симуляторов в городском планировании / Е.И. Фокеева, А.А. Потапенко, О.В. Масловская, А.В. Копьева // Архитектура и дизайн: история, теория, инновации. 2024. № 8. С. 377-383.

References

1. Agaltsev N.E. *Aktual'nost' primeneniya komp'yuternykh igr zhanra "gradostroitel'nyy simulator" v sovremennom proektirovanii urbanistiki* [Relevance of the use of computer games of the "city-building simulator" genre in modern urban design. Digital Future: Social and Economic Issues, Challenges and Opportunities]. Moscow, 2024, pp. 25-29.
2. Duncan C., Cunningham J., Wang A., Kennedy A. Urban Planning Optimization via "Cities: Skylines". Computer Science and Engineering Senior Theses, 2021, no. 215. Available at: https://scholarcommons.scu.edu/cseng_senior/215
3. Burian J., Pinos J. The Application of City-Building Games in Spatial Planning: specialisation P1301, 1302V011 "Geoinformatics and Cartography": dissertation for the degree of PhD of Architecture. Olomouc, Palacky University Olomouc, 2021, 197 p. Available at: https://www.researchgate.net/publication/362131045_The_Application_of_City-Building_Games_in_Spatial_Planning
4. Vorobyev D.B., Shabalkin L.E., Muzykantov M.A. *Symulyatory stroitel'stva i upravleniya. Istoriya razvitiya i osobennosti zhanra* [Construction and management simulators. History of development and features of the genre]. Molodoy issledovatel' Dona, 2019, no. 2(17), pp. 91-95.
5. Malinova O. On the reform of territorial planning in the Russian Federation for the purposes of integrated and sustainable territory development. Master plan. Academia. Architecture and Construction, 2020, no. 1, pp. 5-10. Available at: <https://aac.raasn.ru/index.php/aac/article/view/184>

6. Gertsberg L. Strategic plan or master plan? Academia. Architecture and Construction, 2022, no. 1, pp. 60-67. Available at: <https://doi.org/10.22337/2077-9038-2022-1-60-67>
7. Pinos J., Vozenilek V., Pavlis O. Automatic Geodata Processing Methods for Real-World City Visualizations in Cities: Skylines. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2020, no. 9(1), p. 17.
8. Gostev M.V. *Ob evristicheskoy prirode modelej evolyucionnogo gorodskogo razvitiya* [On the heuristic nature of models of evolutionary urban development]. Gorodskie issledovaniya i praktiki, 2019, no. 1, pp. 7-22.
9. Stojanovski T. City Information Modeling (CIM) and Urbanism: blocks, connections, territories, people and situations. Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture & Urban Design, 2013, pp. 1-8.
10. Fokeeva E.I., Potapenko A.A., Maslovskaya O.V., Kopyeva A.V. *Perspektivy primeneniya gradostroitel'nykh simulatorov v gorodskom planirovanii* [Prospects for the use of urban planning simulators in city planning]. Arkhitektura i dizain: istoriya, teoriya, innovatsii, 2024, no. 8, pp. 377-383.

ОБ АВТОРАХ

Потапенко Анастасия Аркадьевна

Старший преподаватель кафедры «Архитектура и дизайн», Дальневосточный Федеральный Университет, Владивосток, Россия
aap.arch@mail.ru

Фокеева Екатерина Ивановна

Магистр архитектуры и урбанистики, Дальневосточный Федеральный Университет, Владивосток, Россия
caterina.fokeeva666@yandex.ru

ABOUT THE AUTHORS

Potapenko Anastasia A.

Senior Lecturer, Department of Architecture and Design, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
aap.arch@mail.ru

Fokeeva Ekaterina I.

Master of Architecture and Urban Planning, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia
caterina.fokeeva666@yandex.ru