

УДК 332/004.451.25

*Н. И. Трухина, О. В. Корницкая, О. А. Попова, Ю. М. Плаксина*Воронежский государственный технический университет, Воронеж,  
e-mail: mill\_mell@list.ru

## УПРАВЛЕНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДОЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Ключевые слова:** информационное моделирование, инновационные технологии, цифровая модель, BIM-технологии, функциональное зонирование.

В статье рассмотрены технологии информационного моделирования, позволяющие создать цифровую модель городской среды. Изучены принципы функционального зонирования на основании, которых разрабатывается градостроительная структура города. Рассмотрена программа Civil 3D с помощью, которой можно произвести детализацию местности, а также объектов метрополитена, что позволяет обеспечить высокую степень эффективности при построении модели исследуемого объекта. Проанализированы инновационные цифровые модели, созданные в Civil 3D. Рассмотрено влияние технологий информационного моделирования на уровень развития экономики. Проанализировано применение технологий информационного моделирования с использованием BIM-технологий, которые открывают новые возможности для создания и развития системы «умного города» и будут гармонично сочетаться с экосистемой. Изучено использование проектов созданных с помощью BIM-технологий, которые учитывают специфику окружающей среды и обеспечивают эффективное функционирование городских инфраструктур, что в свою очередь приводит к улучшению качества жизни горожан и способствует устойчивому развитию экономики.

*N. I. Trukhina, O. V. Kornitskaya, O. A. Popova, Yu. M. Plaksina*

Voronezh state technical University, Voronezh, e-mail: mill\_mell@list.ru

## URBAN ENVIRONMENT MANAGEMENT USING INFORMATION MODELING TECHNOLOGIES

**Keywords:** information modeling, innovative technologies, digital model, BIM technologies, functional zoning.

The article deals with information modeling technologies that allow creating a digital model of the urban environment. The principles of functional zoning are studied on the basis of which the town-planning structure of the city is being developed. The Civil 3D program is considered with the help of which it is possible to refine the terrain, as well as metro objects, which allows for a high degree of efficiency in building a model of the object under study. Analyzed innovative digital models created in Civil 3D. The influence of information modeling technologies on the level of economic development is considered. The application of information modeling technologies using BIM technologies is analyzed, which open up new opportunities for the creation and development of a “smart city” system and will be in harmony with the ecosystem. The use of projects created using BIM technologies that take into account the specifics of the environment and ensure the efficient functioning of urban infrastructures, which in turn leads to an improvement in the quality of life of citizens and contributes to the sustainable development of the economy, has been studied.

### Введение

Город является сложнейшей системой, состоящей из экономических, социальных, инженерных и природных элементов. Для эффективного и рационального управления городским пространством требуется учет таких аспектов, как инфраструктура, архитектура, градостроительство, экология и многое другое. Все эти составляющие тесно связаны между собой и оказывают влияние друг на друга. Управление городской средой невозможно без анализа социально-экономического развития горо-

да. Для этой цели требуется компьютерное моделирование, которое сегодня является наилучшим способом для цифровизации местности и анализа новых дизайнерских решений [1].

Город делится на три основных функциональных зоны: производственную, жилую и рекреационную. Такое разделение требуется для обеспечения комфортной и безопасной жизни людей, а также грамотного распределения будущих ресурсов города.

После тщательного анализа и разграничения территории на отдельные функцио-

нальные зоны следует разработать градостроительную структуру города. Планирование организации пространства является специфическим аспектом районного планирования и ключевым элементом градостроительства. Первым шагом в этом процессе является определение основных планировочных вопросов путем анализа природно-географической обстановки. Затем формируется генеральная концепция организации пространства на территории. После этого разрабатываются детализированные планировочные рекомендации, обеспечивающие эффективное использование всех функциональных зон.

Структура планировки города определяется характеристиками его влияния на окружающую среду. В то время как функциональные зоны демонстрируют разнообразие среди отдельных участков, градостроительная структура иллюстрирует взаимодействие основных функций города; транспортную систему — от размещения ее составляющих до центра города (от центральной точки до ключевых транспортных артерий). В транспортной системе закрепляется не только планировочная схема городов, но и во многом определяется их будущая динамика развития. Костяк — наиболее стабильный с течением времени основание пространственной и планировочной организации городского моделирования. В общих чертах он закрепляет планировочный порядок, что находится выше уровня коммуникационных систем [2].

Процесс территориального планирования основывается на принципе зонирования территории, начиная с общего и заканчивая частным. В Российской Федерации градостроительное проектирование предусматривает рассмотрение вопросов связанных с развитием транспортной среды, эффективного использования природных ресурсов и охраны окружающей среды [3].

Технологии информационного моделирования — формирование цифровой схемы будущего города или объекта со всеми ландшафтными, конструктивными, техническими, электромеханическими, социально-экономическими и другими решениями, взаимосвязанными между собой. Изменение одного параметра в такой модели приводит к автоматическому изменению зависимых переменных [4].

Под моделированием подразумевается использование цифровых технологий при

построении модели местности, на которой будут расположены объекты недвижимости и инфраструктуры. В процессе моделирования происходит сбор информации с реальных объектов при использовании инновационных цифровых технологий, что способствует объединению лучших технологий цифрового моделирования. Такой подход позволяет установить двустороннюю связь способную улучшить процессы управления при сборе данных. Цифровое моделирование территории стало незаменимым инструментом в современном проектировании городской инфраструктуры. Ведущие BIM-производители, такие как Autodesk и Bentley, предоставляют инструментарий для создания интеллектуальных городских моделей (CIM). Проекты созданные с использованием данного инструментария были успешно реализованы в таких городах, как Копенгаген, Барселона, Монреаль, Хельсинки а также в городах стран Южной Кореи и Сингапуре [5].

#### **Материалы и методы исследования**

В России широкое распространение получили продукты Autodesk, такие как AutoCAD Civil 3D и InfraWorks, Bentley Systems применяются в определенных областях, их массовое применение ограничено из-за высокой стоимости. Национальная разработка — NanoCAD, заняла свою специализированную нишу на рынке [6].

Программы Autodesk и Bentley имеют оптимальную производительность в рамках собственных экосистем, однако для обмена данными между ними используется формат IFC. IFC 5.0, выпущенный в 2022 году, позволяет обмениваться данными не только для зданий, но и для линейных объектов и территорий. Несмотря на ограничения IFC в инфраструктурных проектах, сотрудничество Esri и Autodesk облегчает взаимодействие между Revit и ArcGIS.

Цифровые модели российских городских территорий можно классифицировать на основе используемого подхода и программного обеспечения. Например, Московский институт генплана успешно применяет Civil 3D для создания детализированных моделей местности, планировки и объектов метрополитена, оцифровки зон реконструкции и разработки цифровых концепций размещения зданий и сетей. Этот подход обеспечивает высокую степень детализации и эффективности [7].



*Цифровая модель г. Владивосток*

Альтернативный подход, применяемый градостроительным институтом «Гипрогорпроект», основывается на разработке гибридных решений путем объединения инструментов AutoDesk Revit и InfraWorks. InfraWorks изначально был создан для решения задач, связанных с интеграцией BIM и CIM. Сочетание AutoDesk Revit и InfraWorks предоставляет более концептуальный подход, чем Civil 3D, благодаря его простоте, понятности и скорости реализации 3D-решений, что делает его лучше подходящим для разработки концептуальных проектов, чем Civil 3D. Так, этот метод был применен при создании информационной модели территории Кронштадта, а также при подготовке проектов застройки во Владивостоке и Мурманске [8].

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

С применением BIM-технологий стало возможным создание «умного города», которые будут гармонично сочетаться с экосистемой. Использование данных BIM технологий позволяет разрабатывать проекты, которые учитывают специфику окружающей среды и обеспечивают эффективное функционирование городских инфраструктур. Это в свою очередь приводит к улучшению качества жизни горожан и способствует устойчивому развитию экономики [9].

Следует отметить, что интеграция BIM и ГИС открывает новые горизонты для проектирования и управления городским пространством. Возможность объединения трехмерных моделей зданий и инфраструктуры с геоинформационными данными об окружающей среде и социально-экономических аспектах жизни города позволяет более глубоко анализировать и оптимизировать градостроительные решения.

Основная цель создания «умного города» – повышение уровня жизни населения. Разработанные системы управления должны обеспечивать прямое взаимодействие муниципальных властей с жителями и городской инфраструктурой, идентификацию и оперативное устранение проблем, а также прогнозирование возникающих трудностей и своевременное принятие мер для их предотвращения или решения [10].

Информационная структура любого населенного пункта может быть разделена на две составляющие: отдельные информационные модели существующих объектов и коллективные модели окружающей среды. В основе моделирования реальности лежит трехмерная модель местности (с необходимым уровнем детализации), включая все искусственные сооружения и точные геодезические координаты. 3D-модели местности содержат множество важных геодезических данных. Однако текущее ПО не позволяет

связывать дополнительную информацию с геодезическими объектами. Решением этой проблемы является использование BIM-объектов в дополнение к геометрической модели местности и применение к ним всех функций и инструментов BIM [11].

В последнее время интерес к «цифровизации» различных секторов экономики, включая строительство и эксплуатацию объектов, растет во всем мире. Следует отметить, что на данный момент не существует универсального и общепринятого определения понятия «умный город». Часто под «умным городом» подразумевается интеграция разнообразных информационно-коммуникационных технологий в систему управления городским хозяйством (активами, инфраструктурой, взаимодействием между властью и гражданами и т.д.).

В рамках моделирования реальности создается 3D-модель местности с учетом искусственных объектов и геодезических данных. Однако у таких моделей есть свои недостатки, так как существующие программные решения не позволяют ассоциировать дополнительные данные с геодезическими объектами [12].

Развитие новых программных решений или модернизация существующих может стать одним из важных направлений инновационной деятельности в рамках создания умного города. Для решения данной программы целесообразно использование объектов построенных с помощью BIM технологий в основе, которых будет учтена геометрической модели рельефа С помощью BIM технологий можно построить следующую формулу:

$$\text{Городская информационная модель} = \text{реальности} + \text{BIM}$$

Интеграция BIM-объектов в виртуальную модель действительности требует особого подхода, а не простого «склеивания» моделей, так как это может привести к излишней нагрузке на компьютерные системы. Вместо этого, на практике, обычно используют ссылки на полные модели объектов, хранящиеся отдельно, и добавляют «сокращенные» копии моделей для повышения производительности [13].

Примером такого подхода является информационная модель жилого квартала Восточный в Новосибирске. Успех проекта позволил мэрии города лучше понять, как развиваться в направлении «умного города». В настоящее время мэрия ведет переговоры с Сибирским государственным геологоразведочным университетом о создании полной информационной модели Новосибирска, которая станет основой «умного города».

Концепция «умного города» включает информационную модель города с дополнительными модулями для сбора, анализа и управления данными. Важную роль играет внешний поток информации, который включает интерактивный сбор данных, основанный на инновационных технологиях. Ключевыми характеристиками такой информации являются своевременность, точность и адекватное покрытие территории. В данном контексте информационная модель служит хорошо структурированным хранилищем данных [14].

### Заключение

Современные технологии, в основе которых информационное моделирование позволяют создать интегрированные системы способствующие рациональному использованию ресурсов, повышению качества жизни населения, а также росту экономики страны. Модель города построенная с использованием инновационных систем, будет иметь автоматизированное взаимодействие между различными отраслями и инфраструктурными элементами, такими как транспорт, коммунальные услуги, образование, здравоохранение и безопасность. Для успешной реализации предложенных проектов необходимо применять новейшие технологии и инновационные подходы. Использование интернета вещей (IoT -концепция передачи данных), больших данных (Big Data), искусственного интеллекта (AI) и машинного обучения, что позволит в реальном времени собирать, анализировать и обрабатывать информацию для более эффективного принятия решений на местном уровне.

### Библиографический список

1. Корницкая О.В., Околелова Э.Ю., Трухина Н.И. Формирование основных аспектов эффективного использования земельных ресурсов // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 4-1. С. 73-78.

2. Okolelova E., Shibaeva M., Trukhina N. Model of investment appraisal of high-rise construction with account of cost of land resources // E3S Web of Conferences. 2018. С. 03014.
3. Мучников И.А., Нерозина С.Ю., Чеснокова Е.А. Управление объектом недвижимости на примере детского сада в г. Воронеж // Студент и наука. 2023. № 1 (24). С. 28-32.
4. Okolelova E., Shibaeva M., Kolesnikova V., Kornitskaya O., Bachurin D. Innovations in the construction industry. Diffusion of innovations // 35th International Business Information Management Association Conference (IBIMA). Proceedings of the 35th International Business Information Management Association Conference (IBIMA). 2020. С. 18272-18279.
5. Barinov V.N., Trukhina N.I., Kornitskaya O.V., Okolelova E.Y., Shulgin A.V. Technology of the information modeling as an innovative form of managing the investment and construction process // Lecture Notes in Networks and Systems. 2020. Т. 129 LNNS. С. 1566-1571.
6. Фомина А.Р., Корницкая О.В., Околелова Э.Ю. Развитие цифровой экономики в строительной отрасли // Студент и наука. 2020. № 1 (12). С. 38-43.
7. Корницкая О.В. Совершенствование инструментария управления инновационной деятельностью на предприятиях стройиндустрии: автореф. дис. ... канд. эконом. наук. Тамбов: Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, 2015. 24 с.
8. Маркелова М.М., Корницкая О.В. Социально-экономические аспекты развития технологического предпринимательства // Студент и наука. 2020. № 3 (14). С. 59-64.
9. Панова М.А., Корницкая О.В., Околелова Э.Ю. Современные этапы развития и внедрения искусственного интеллекта в строительную индустрию // Студент и наука. 2020. № 3 (14). С. 43-48.
10. Корницкая О.В., Трухина Н.И., Попова О.А., Васильчикова Е.В. Особенности развития инновационного потенциала в строительной отрасли // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 12-2. С. 297-303.
11. Иноземцева О.И., Корницкая О.В. Развитие инвестиционных проектов жилищного строительства в условиях неопределённости // Студент и наука. 2020. № 4 (15). С. 9-13.
12. Околелова Э.Ю., Корницкая О.В. Проектирование системы управления инновационными бизнес-процессами на предприятиях стройиндустрии // Фундаментальные исследования. 2015. № 4. С. 239-243.
13. Трухина Н.И., Трухин Ю.Г., Калабухов Г.А. Совершенствование мониторинга объектов недвижимости в системе земельно-имущественного комплекса // Финансы. Экономика. Стратегия. 2021. Т. 18, № 9. С. 24-29.
14. Трухин Ю.Г., Трухина Н.И., Вязов Г.Б. Совершенствование единой системы безопасности строительства и эксплуатации объектов массовой застройки // Недвижимость: экономика, управление. 2020. № 4. С. 6-12.
15. Корницкая О.В. Риски инновационной деятельности строительной отрасли // Фундаментальные исследования. 2014. № 8-2. С. 386-389.
16. Ершова Н.В., Баринов В.Н., Трухина Н.И., Калабухов Г.А., Галкин С.А. Проблемы государственной кадастровой оценки земельных участков на этапе реформирования // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14, № 3 (70). С. 185-194.
17. Корницкая О.В. Механизмы и стратегии управления инновационной деятельностью в строительной отрасли // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. С. 467.
18. Васильчикова Е.В., Меркулова Г.И. Перспективы развития кадастрового учёта объектов недвижимости в трёхмерном виде с использованием технологий информационного моделирования // Вопросы управления недвижимостью, землеустройства и геодезии. 2023. № 1 (3). С. 35-43.
19. Околелова Э.Ю., Корницкая О.В. Модель развития инновационной деятельности предприятия // В сборнике: Экономическое прогнозирование: модели и методы: материалы IX Международной научно-практической конференции / Под общей редакцией В.В. Давниса, В.И. Тиняковой. 2013. С. 34-37.
20. Понявина Н.А., Матвеева Д.М., Виткалов Д.Р. Единый архитектурный облик – важный шаг на пути к благоустройству города // Строительство и недвижимость. 2023. № 1 (12). С. 40-45.
21. Корницкая О.В., Околелова Э.Ю. Модель управления инновационной деятельностью предприятия // Будущее науки – 2013: материалы Международной молодежной научной конференции / Отв. ред. А.А. Горохов. 2013. С. 132-136.
22. Околелова Э.Ю., Корницкая О.В. Математическое моделирование как неотъемлемая часть развития современного строительного предприятия // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Экономика и предпринимательство. 2013. № 11. С. 115-118.

23. Корницкая О.В. Роль инновационной деятельности в экономике // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Студент и наука. 2013. № 5. С. 81-84.
24. Фомина А.Р., Корницкая О.В., Околелова Э.Ю. Основные аспекты информационного моделирования в строительной отрасли // Студент и наука. 2021. № 1 (16). С. 16-22.
25. Корницкая О.В., Околелова Э.Ю. Инновации как основа эффективного развития предприятия // Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты: материалы 2-й Международной научно-практической конференции / Отв. ред. А.А. Горохов. 2012. С. 168-171.
26. Манухина О.А., Власенко Г.Г., Ванюшов С.О. Использование технологий информационного моделирования для управления инвестиционно-строительными проектами // Экономика и предпринимательство. 2022. № 7 (144). С. 1402-1407.
27. Корницкая О.В., Околелова Э.Ю. Инвестиционный климат России: проблемы и перспективы // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Экономика и предпринимательство. 2012. № 10. С. 133-138.
28. Барышникова О.С., Князева Д.С. К вопросу урбоэкологии и социально-экологических проблем городов // Теория и практика инновационных технологий в землеустройстве и кадастрах: материалы V национальной научно-практической конференции. Воронеж, 2022. С. 21-29.
29. Котлярова А.А., Кругляк В.В. Особенности климата крупных городов // Студент и наука. 2021. № 1 (16). С. 11-15.