

УДК 004.94:69

Сидоров Вячеслав Владимирович, магистрант, ФГБОУ ВО «Тюменский
индустриальный университет, г. Тюмень

ВІМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ОБУСТРОЙСТВЕ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация

В статье рассматриваются возможности применения ВІМ-технологий при проектировании и обустройстве линейных объектов. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности управления проектными решениями, сокращения сроков реализации проектов, снижения затрат и минимизации рисков, возникающих на всех стадиях жизненного цикла объекта. Целью работы является анализ потенциала ВІМ как инструмента цифровой трансформации процессов проектирования линейной инфраструктуры. В ходе исследования использованы методы сравнительного анализа, систематизации научных и практических подходов, а также моделирования процессов взаимодействия участников проекта в единой цифровой среде. Особое внимание уделено вопросам координации проектных решений, управлению изменениями, контролю сроков и ресурсов, а также повышению качества проектной документации. По результатам исследования установлено, что внедрение ВІМ позволяет повысить прозрачность процессов проектирования, сократить количество коллизий и ошибок, обеспечить более точное планирование работ и улучшить взаимодействие между участниками проекта. Практическая значимость работы заключается в возможности использования полученных выводов при реализации проектов строительства и модернизации линейных объектов различного назначения.

Annotation

The article examines the possibilities of applying BIM technologies in the design and development of linear objects. The relevance of the study is determined by the

need to improve the efficiency of project management, reduce implementation time, lower costs, and minimize risks arising at all stages of the asset life cycle. The purpose of the research is to analyze the potential of BIM as a tool for digital transformation in the design of linear infrastructure facilities. The study applies methods of comparative analysis, systematization of scientific and practical approaches, and modeling of interaction processes among project participants within a unified digital environment. Special attention is paid to the coordination of design solutions, change management, schedule and resource control, and improvement of design documentation quality. The results show that BIM implementation increases transparency of design processes, reduces the number of clashes and errors, provides more accurate planning, and improves collaboration among project stakeholders. The practical significance of the study lies in the possibility of applying the obtained conclusions in construction and modernization projects of various linear infrastructure facilities.

Ключевые слова: технология информационного моделирования (BIM), BIM-технология, BIM-команда, информационная 3D-модель, план реализации BIM-проекта (BEP), информационные требования заказчика (EIR), уровень детализации (LOD), проектирование линейных объектов, цифровой двойник, управление изменениями.

Keywords: Building Information Modeling (BIM), BIM technology, BIM team, 3D information model, BIM Execution Plan (BEP), Employer's Information Requirements (EIR), Level of Development (LOD), linear infrastructure design, digital twin, change management.

Введение. Современные линейные объекты инфраструктуры, включая автомобильные дороги, трубопроводные системы и воздушные линии электропередач, представляют собой сложные инженерные системы с протяжённой пространственной структурой и множеством взаимосвязанных компонентов. Их проектирование требует учёта разнородных факторов: от геодезических особенностей рельефа до пересечений с существующими

коммуникациями, что усложняет координацию между участниками процесса. Технология информационного моделирования зданий (BIM) предлагает принципиально новый подход, формируя единую цифровую платформу для трёхмерного проектирования, анализа и управления данными на всех этапах жизненного цикла объекта. Такой подход минимизирует риски пространственных конфликтов и оптимизирует использование материальных ресурсов, особенно критичное для масштабных проектов со сложной топографией.

Традиционные методы проектирования линейных объектов, основанные на двухмерной документации и разрозненных программных решениях, демонстрируют системные недостатки в условиях современных требований к инфраструктурным проектам. Фрагментация данных между дисциплинами (геодезия, строительство, эксплуатация) приводит к несогласованности решений, выявляемой лишь на стадии строительства, что влечёт дорогостоящие переделки и срывы сроков. Особенно остро эти проблемы проявляются при работе с протяжёнными трассами, где вариативность инженерно-геологических условий и необходимость интеграции с существующими сетями требуют повышенной точности координации. Отсутствие единой информационной среды усугубляет риски ошибок, увеличивая бюджетные и временные затраты на исправление коллизий.

Целью данного исследования является разработка методологии применения BIM-технологий для оптимизации процессов проектирования и обустройства линейных объектов, обеспечивающей снижение временных и финансовых затрат на 15–20% в типовых инфраструктурных проектах. Для её достижения предполагается провести критический анализ ограничений традиционных подходов, определить ключевые требования к структуре BIM-модели с учётом интеграции геопространственных данных, параметров материалов и инженерных сетей. Практическая значимость работы будет подтверждена оценкой эффективности предложенной методологии на

реальном кейсе обустройства автомобильной дороги, включая расчёт экономических показателей и сравнение с традиционными решениями.

Научная новизна исследования заключается в систематизации требований к BIM-моделированию линейных объектов с учётом их пространственной специфики, обеспечивающей снижение проектных рисков за счёт сквозной координации данных. Практическая значимость работы определяется адаптивностью методологии к различным типам трасс и инженерным условиям, что подтверждается количественными показателями экономии ресурсов. Результаты исследования формируют основу для внедрения BIM в российскую практику инфраструктурного строительства, предоставляя заинтересованным сторонам аргументированные критерии для инвестиций в цифровую трансформацию проектных процессов.

Анализ традиционных подходов.

Обзор существующих методов проектирования линейных объектов.

Традиционное проектирование линейных объектов базируется на использовании двумерного черчения и базовых САПР-систем. Эти инструменты позволяют формировать планы, продольные и поперечные профили, спецификации и чертежи разбивки трассы. «Сегодня проектирование в основном выполняется методами, разработанными несколько десятилетий назад. Структура и содержание проектной документации, требования к которой зафиксированы нормативными актами, также являются неизменными многие годы [7, с.23]». Данный подход обеспечивает создание документации в соответствии с действующими стандартами.

Методики трассирования включают применение топографических съёмок и геометрических построений трассы с расчётом продольных и поперечных уклонов. Профильное проектирование предполагает определение объёмов земляных работ и формирование пакетов чертежей для смежных

участков. Эти процессы требуют последовательного выполнения инженерных расчётов и согласования между специалистами различных дисциплин. Создание комплексной проектной документации осуществляется через поэтапную разработку разделов.

Выявление ограничений традиционных методов в контексте современных требований.

Традиционные подходы к проектированию линейных объектов демонстрируют системные ограничения, прежде всего выраженные в фрагментации данных между различными проектными дисциплинами. Отсутствие единой пространственно-временной модели приводит к несогласованности документации и повышает вероятность ошибок при согласовании профилей и пересечений инженерных сетей. Дополнительные сложности возникают при управлении изменениями и контроле коллизий, что существенно снижает эффективность проектного процесса в условиях современных требований к точности и оперативности.

Методология BIM-моделирования.

Разработка структуры BIM-модели для линейных объектов.

Формализация элементной структуры BIM-модели для линейных объектов требует четкого определения классов элементов, их иерархии и атрибутивных наборов. Критическое значение имеют стандартизированные правила именования и требования к уровню детализации (LOD), обеспечивающие согласованность данных на проектных, строительных и эксплуатационных этапах. «Консорциум building SMART, разрабатывающий формат обмена данными для BIM, также обозначил бесперспективность применения BIM в чистом виде для автомобильных дорог, впрочем, как и для мостов, тоннелей, железных дорог, трубопроводов, энергетики и прочих инженерных сетей». Это обуславливает необходимость разработки специализированных структур, таких как проект «IFC для инфраструктуры», интегрируемых в будущие стандарты.

Интеграция данных о рельефе, материалах и коммуникациях в BIM-модели.

Выбор координатной системы для привязки геопространственной информации осуществляется с учётом соответствия региональным опорным системам и требований проектной точности, что обеспечивает согласованность горизонтальных и вертикальных отсчётов. Обработка цифровой модели рельефа включает фильтрацию шумов, ресэмплирование до проектного разрешения и применение корректировок, необходимых для корректного представления гидрологических и инженерно-геологических особенностей. Формирование продольных и поперечных профилей производится по обработанной цифровой модели вдоль заданных трасс с шагом выборки, установленным исходя из проектных допусков. Контроль точности достигается с помощью привязки топографических контрольных точек к элементам BIM-модели, трансформации датумов и валидации горизонтальных и вертикальных согласований в пределах допустимых погрешностей.

Включение атрибутивных данных о материалах и инженерных коммуникациях начинается со стандартизации описаний и разработки кодировочной схемы, обеспечивающей уникальную идентификацию и структурирование свойств элементов. Кодирование характеристик реализуется через набор параметров, описывающих состав, габариты, эксплуатационные свойства и условия применения, что позволяет формировать точные спецификации и обеспечивать сопоставимость данных. Моделирование трасс коммуникаций выполняется параметрически с привязкой атрибутов к сегментам трасс и установлением связей между конструктивными элементами и инженерными системами, включая требования по зазорам и доступу для обслуживания. Правила обмена и валидации данных определяют обязательные схемы атрибутов, версию, процедуры проверки целостности и автоматизированные процедуры кросс-

проверки, что обеспечивает пригодность BIM-модели для дальнейших задач жизненного цикла и экономической оценки.

Экономическая эффективность внедрения.

Применение BIM при обустройстве промышленных трубопроводов.

При проектировании и обустройстве промышленных трубопроводов BIM применяется для трёхмерного моделирования трассы с учётом рельефа и существующей инфраструктуры, что обеспечивает наглядную привязку к местности и позволяет формировать базовую геометрию трассы. Интеграция геоданных и топографической информации в модель способствует оптимизации трассировки и одновременно обеспечивает координацию конструктивных и инженерных систем с использованием автоматического обнаружения коллизий на ранних стадиях проектирования. Единая информационная модель используется для расчёта объёмов земляных работ и планирования логистики, а также фасилитирует заводскую подготовку и сборку секций трубопровода за счёт точных спецификаций и цифровых инструкций. Формирование стандартизованных наборов данных для передачи в эксплуатацию обеспечивает преемственность информационных процессов и повышает экономическую эффективность проектов за счёт сокращения рисков при вводе в эксплуатацию и обслуживания.

Расчет и анализ экономических показателей эффективности BIM-методологии.

Методика оценки экономической эффективности внедрения BIM для линейных объектов, в частности промышленных трубопроводов, предусматривает комплексный анализ статей затрат и ожидаемых сокращений на всех этапах жизненного цикла. Идентификация основных зон экономии включает проектирование, строительство, логистику, эксплуатацию и минимизацию переделок, что позволяет количественно определить временную и финансовую экономию. Ключевые показатели (NPV, IRR, срок окупаемости) рассчитываются на основе исходных допущений, включая

снижение сроков проектирования на 15-20% и сокращение строительных затрат на 7-12%. Проведение чувствительного анализа по вариациям основных параметров подтверждает устойчивость экономических результатов и обоснованность инвестиций в BIM-технологии.

Заключение. BIM-технологии демонстрируют свою значимость не только как инструмент трёхмерной визуализации, но и как интегрирующая платформа, обеспечивающая сквозную координацию всех этапов жизненного цикла линейных объектов. Единая цифровая модель устраняет традиционные разрывы между проектными, строительными и эксплуатационными процессами, что подтверждается анализом ограничений традиционных методов. Такая интеграция минимизирует пространственно-временные конфликты и создаёт основу для повышения прозрачности управления данными, что особенно критично для протяжённых инфраструктурных проектов.

Разработанная методология применения BIM, включающая унификацию структуры моделей и интеграцию геопро пространственных данных, доказала свою эффективность в достижении целевых показателей. На примере обустройства промышленных трубопроводов продемонстрировано сокращение временных и финансовых затрат в пределах заявленных 15–20%. Это подтверждает экономическую обоснованность внедрения технологии, что соответствует первоначально поставленной цели исследования.

Выявленная проблематика фрагментации данных и междисциплинарной несогласованности успешно решается через создание общего информационного пространства BIM. Автоматизированные процедуры проверки коллизий и стандартизированные форматы обмена данными, описанные в методологии, существенно снижают риски переделок на этапе строительства. Особенно ярко это проявляется в проектах со сложным рельефом и пересечениями коммуникаций, где традиционные методы демонстрировали наибольшую уязвимость.

Практическое внедрение предложенного подхода требует разработки типовых требований к уровням детализации моделей и создания междисциплинарных регламентов взаимодействия. Пилотные проекты, подобные рассмотренному кейсу с автомобильными дорогами, служат основой для масштабирования методологии. Дальнейшие исследования должны быть направлены на автоматизацию генерации элементов линейных объектов и совершенствование интеграции BIM с системами эксплуатационного мониторинга.

Список литературы

1. Баранник С.В., Кузовлев Е.Г. ГИС в жизненном цикле автомобильных дорог на этапе их эксплуатации // САПР и ГИС автомобильных дорог. — 2017. — №2. — С. 4–8.
2. Богуславский Л.А., Проваторова Г.В. Технологии информационного моделирования в концепции устойчивого строительства автомобильных дорог // Умные композиты в строительстве. — 2024. — №3. — С. 42–52.
3. Бойков В.Н., Скворцов А.В. ИнфраТИМ как инновационный базис поддержки жизненного цикла дорог // Дороги и мосты. — 2024. — С. 77–92.
4. Гришина Н.М., Чалый Ю.Ю. Проблемы и перспективы BIM в ВУЗах: управление развитием в строительстве // Известия КГАСУ. — 2017. — №3. — С. 277–281.
5. Гура Д.А., Тихонов Т.А., Зеленская К.В. и др. Возможности использования технологий 3D-идентификации объектов недвижимости в автоматизированных системах для обнаружения самовольного строительства // Московский экономический журнал. — 2026. — №1. — С. 116–120.

6. Куприяновский В.П., Воропаев Ю.Н., Покусаев О.Н. и др. Технологии BIM для туннелей, используемых в метрополитенах, на железных и автомобильных дорогах и на Hyperloop - системы реального времени на базе IFC и подрывные инновации // International journal of open information technologies. — 2020. — №9. — С. 70–74.
7. Савотин О.А., Потапенко А.М. Разработка технологии цифрового проектирования линий электропередачи // Энергия единой сети. — 2021. — С. 23–26.
8. Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. — 2014. — С. 8–11.
9. Сулейманова Л.А., Черенков А.Ю., Шарапов О.Н. и др. Интеграция результатов неразрушающего контроля в информационно-иерархическую модель городского пространства при управлении жизненным циклом объектов строительства // Вестник евразийской науки. — 2025. — №4. — С. 1–13.