



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-31-3-54-65>

УДК 004.942

АНАЛИЗ МИРОВОГО ОПЫТА ВНЕДРЕНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ И ИХ ИНТЕГРАЦИЯ С ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ: ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

И. В. БАРАНОВСКИЙ, И. В. ТИМОШКЕВИЧ

*Институт жилищно-коммунального хозяйства Национальной академии наук Беларуси
(Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. Проведен анализ мировых практик внедрения технологий информационного моделирования зданий (BIM) с акцентом на их взаимодействие с телекоммуникационными системами. Рассмотрены этапы реализации BIM – от формирования базовой модели до комплексного анализа данных, а также роль облачных технологий и современных каналов связи. Особое внимание уделено опыту в области BIM стран-лидеров, включая Великобританию, Германию, Сингапур и США. Проанализированы барьеры, препятствующие широкому внедрению технологии, такие как стандартизация процессов и подготовка кадров. Отмечены возможности адаптации международного опыта для условий Республики Беларусь, включая перспективы повышения уровня диспетчеризации и эффективности эксплуатации объектов. Проанализирован мировой опыт и выявлены особенности применения BIM-технологий в мировой практике и в условиях Республики Беларусь для увеличения диспетчеризации и телекоммуникаций. Исследованы этапы внедрения технологии информационного моделирования зданий на основе мирового опыта, а также возможность интеграции BIM-технологий с телекоммуникационными системами.

Ключевые слова: информационная модель зданий, жизненный цикл объекта, эксплуатация, трехмерная модель, моделирование зданий, телекоммуникация, диспетчеризация, уровни зрелости BIM.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Барановский, И. В. Анализ мирового опыта внедрения BIM-технологий и их интеграция с телекоммуникационными системами: перспективы для Республики Беларусь / И. В. Барановский, И. В. Тимошкевич // Цифровая трансформация. 2025. Т. 31, № 3. С. 54–65. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-31-3-54-65>.

ANALYSIS OF GLOBAL EXPERIENCE IN IMPLEMENTING BIM TECHNOLOGIES AND THEIR INTEGRATION WITH TELECOMMUNICATION SYSTEMS: PROSPECTS FOR THE REPUBLIC OF BELARUS

IVAN V. BARANOVSKY, IVAN V. TSIMASHKEVICH

*Institute of Housing and Public Utilities of the National Academy of Sciences of Belarus
(Minsk, Republic of Belarus)*

Abstract. The article analyzes global practices of implementing building information modeling (BIM) technologies with an emphasis on their interaction with telecommunication systems. The article considers the stages of BIM implementation – from the formation of a basic model to complex data analysis, as well as the role of cloud technologies and modern communication channels. Particular attention is paid to the experience of leading countries in the field of BIM, including the UK, Germany, Singapore and the USA. Barriers to widespread implementation of the technology, such as process standardization and personnel training, are analyzed. The possibilities for adapting international experience to the conditions of the Republic of Belarus are noted, including prospects for increasing the level of dispatching and the efficiency of facility operation. The article analyzes global experience and identifies the features of using BIM technologies in global practice and in the Republic of Belarus to in-

crease dispatching and telecommunications. The stages of implementing building information modeling technology based on global experience, as well as the possibility of integrating BIM technologies with telecommunication systems, are studied.

Keywords: building information model, object lifecycle, operation, three-dimensional model, building modeling, telecommunications, dispatching, BIM maturity levels.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Baranovsky I. V., Tsimashkevich I. V. (2025) Analysis of Global Experience in Implementing BIM Technologies and Their Integration with Telecommunication Systems: Prospects for the Republic of Belarus. *Digital Transformation*. 31 (3), 54–65. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-31-3-54-65> (in Russian).

Введение

Существует большое количество определений BIM-технологии. Одно из них гласит, что BIM (англ. Building Information Modeling) – это подход (метод) к построению процессов, связанных с жизненным циклом объекта строительства, при котором решения принимаются на основе общего цифрового представления физических и функциональных характеристик объекта [1]. Данная технология повышает уровень диспетчеризации и коммуникации при эксплуатации зданий.

Цифровой двойник здания предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей информации о здании со всеми ее взаимосвязями и зависимостями. При этом здание и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый цифровой двойник. Информационное моделирование зданий позволяет создавать 7D цифровые модели зданий (объектов). Важно то, что основные удобства таких моделей заключаются в возможности их корректировки в онлайн-режиме, т. е. такие модели являются динамичными. При изменении любого параметра объекта автоматически корректируются все связанные элементы, например, чертежи, дизайн, календарный график, расположение проводки, трубопроводы водоотведения и водоснабжения. Такой подход значительно упрощает взаимодействие с моделью и повышает эффективность управления объектом.

Известные примеры применения информационного моделирования в Республике Беларусь:

- строительство жилого комплекса в Минске – использование информационного моделирования позволило сократить сроки строительства и затраты на материалы на 20 % [2] за счет автоматизации проектирования (учета материалов) и координации работ между подрядчиками;

- реконструкция исторического здания в Гродно – трехмерная модель помогла точно спланировать восстановительные работы, избежав ошибок и сохранив архитектурные особенности. Таких примеров много – Дворец культуры в Мозыре, дворцово-парковый комплекс в Ружанах, Свято-Духов кафедральный собор в Минске, Шуховская башня в Борисове и др.;

- строительство энергоэффективного дома в Могилеве – использовались цифровые двойники для моделирования систем отопления и вентиляции. Известно, что это позволило снизить энергопотребление на 30 % [3, 4].

Эти примеры демонстрируют, как информационное моделирование не только ускоряет процесс строительства, но и повышает качество и долговечность объектов.

Цель исследований авторов статьи – выявление особенностей применения BIM-технологий в мировой практике и реализация существующего опыта для условий Республики Беларусь. При этом изучались как мировой опыт внедрения цифровых технологий, так и этапы осуществления BIM-технологий. Были проанализированы мировые практики применения схемы зрелости BIM-моделирования, повышения диспетчеризации эксплуатируемого здания.

Основные этапы внедрения информационного моделирования

На каждом этапе выполнения информационного моделирования происходит решение конкретной задачи. Рассмотрим все этапы внедрения.

На первом этапе осуществляется создание цифровой модели проекта с использованием специализированного программного обеспечения для работы с трехмерными объектами. В зависимости от специфики задачи подбираются соответствующие инструменты. Например, для проектирования металлических конструкций оптимальным выбором будет Tekla Structures, а при разработке железобетонных конструкций – Autodesk Revit. Архитектурные бюро, занимаю-

щиеся частным строительством и небольшими объектами, могут отдать предпочтение Graphisoft ArchiCAD. Выбор программного продукта определяется направленностью деятельности и функциональными возможностями программного обеспечения.

На втором этапе формируется детализированная плановая модель проекта. Этот процесс включает в себя перенос и адаптацию данных календарного графика, предварительно подготовленного в специализированном софте для планирования. Информация интегрируется в цифровую среду, где выполняются ее структурирование и настройка для дальнейшего использования в управлении проектом. Это позволяет упростить контроль над выполняемой работой каждого специалиста на объекте.

На третьем разрабатывается обновленная подлинная (аутентичная) модель, отражающая фактически выполненные строительные работы. В рамках этого процесса осуществляются регулярный сбор и документирование данных о ходе строительства за конкретные временные периоды с последующим внесением полученной информации в цифровую среду для актуализации проекта.

На четвертом этапе эксперт вносит необходимые данные в цифровую модель, дополняя ее актуальной информацией. После проведения фотофиксации выполненных работ собранные материалы передаются и обрабатываются на портативном компьютере для дальнейшего анализа и корректировки модели.

Пятым шагом является формирование комплексной модели проекта. Все три модели – начальная, плановая и фактическая (аутентичная) – объединяются в одну. При этом каждый объектный элемент располагает определенной информацией о материалах, сроках выполнения работ и о фактическом выполнении объема работ.

Завершающий этап предполагает структурирование и детальный анализ собранных данных. Определяя процентное соотношение запланированных и реально выполненных объемов, специалисты вносят актуализированные сведения в календарный график. Такой подход позволяет не только проанализировать ход выполнения работ, но и оценить текущее состояние строительного объекта, выявить возможные отклонения и скорректировать дальнейшие действия.

Следует подчеркнуть, что благодаря телекоммуникационным системам, «пронизывающим» окружающее нас пространство, мониторинг объемов информации через короткие, строго фиксированные временные интервалы (например, раз в неделю) дает возможность проводить обширный анализ статистических данных [5]. Системы связи позволяют передавать информацию и обмениваться любыми сведениями, используя различные каналы связи, как проводные, так и беспроводные. Информационная модель может быть создана в облачном хранилище, и все, кто имеет доступ к модели, находясь в любой точке мира, могут использовать эту информацию и наполнять модель данными.

Анализ мирового опыта внедрения BIM-технологий

Технология BIM начала внедряться в строительную отрасль в конце прошлого десятилетия. Это было обусловлено стремительным развитием информационных технологий, развитием сетей и телекоммуникаций, а также использованием компьютеров в качестве вспомогательного инструмента в различных областях человеческой деятельности. Однако консерватизм, низкая конкурентоспособность, нехватка квалифицированных кадров и высокая стоимость инноваций стали препятствиями для дальнейшего использования BIM-технологий в строительстве [6]. На трудности в этой области повлияли вопросы, связанные с документооборотом, национальными нормативными стандартами и отсутствием проектной базы.

Самый ранний опыт применения информационных моделей при строительстве был отмечен в Великобритании. Уже с 2007 г. в стране приняты официальные стандарты BIM. По данным статистики, около 70 % компаний в строительной отрасли применяют информационное моделирование для возведения жилых зданий.

Анализ уровня внедрения технологии информационного моделирования в строительных секторах десяти стран, включая Англию, Францию, США, Германию, Австрию, Польшу, Хорватию, Россию, Сингапур и Нидерланды, показал, что Великобритания лидирует по степени распространения BIM. Впервые эта технология была использована еще в 1980-х годах при реконструкции лондонского аэропорта «Хитроу». С 2007 г. в Великобритании официально введены стандарты BIM; согласно статистическим данным, 73 % строительных компаний осведомлены о технологии и активно ее применяют. На территории Республики Беларусь этот показатель равен 20 %, слабо

развито законодательство, направленное на обязательное внедрение информационного моделирования в строительную и эксплуатационную отрасли. Более того, начиная с 2016 г., использование BIM как минимум второго уровня стало обязательным требованием для всех государственных строительных контрактов, а также настоятельно рекомендуется для частных проектов.

Сравнительный анализ уровня внедрения BIM-технологий в строительной отрасли различных стран демонстрирует значительные различия в подходах и масштабах применения.

Хорватия сталкивается с наибольшими сложностями при внедрении BIM. Около четверти проектировщиков продолжают работать на нулевом уровне, используя исключительно двумерные CAD-чертежи. Проекты, реализуемые на первом уровне, встречаются крайне редко. Основное препятствие заключается в том, что заказчики пока не осознают экономическую выгоду от внедрения BIM.

Австрия с 2018 г. сделала BIM обязательным условием для проектирования общественных зданий, что позволило усилить контроль над бюджетом строительства. Такое условие является очень полезным, и его необходимо сделать обязательным и в нашем государстве. В стране разработаны передовые стандарты BIM, охватывающие все уровни технологии, однако на законодательном уровне их применение не закреплено. Внедрение BIM остается преимущественно прерогативой крупных объектов государственного значения, тогда как среди средних и малых строительных компаний его используют лишь 20 %.

Германия демонстрирует более высокий уровень адаптации BIM – около 70 % строительных компаний уже применяют эту технологию, причем 70–80 % из них ограничиваются этапом проектирования. В стране наиболее распространен второй уровень BIM, хотя и первый остается актуальным. Министерство транспорта и цифровой инфраструктуры (BMVI) запустило программу финансовой поддержки малых и средних предприятий для перехода на цифровое моделирование, а также инициировало пилотные проекты для поиска наиболее эффективных путей адаптации BIM [7].

Польша демонстрирует умеренный темп внедрения BIM. Примерно 20 % архитектурных и строительных компаний уже используют данную технологию в своих проектах. При этом 38 % специалистов хотя бы раз сталкивались с методологией BIM. В стране преобладает первый уровень BIM, но наблюдается переход к более продвинутому второму уровню.

Франция активно внедряет BIM в строительную отрасль. Около 35 % девелоперов, совмещающих функции инвесторов, проектировщиков и застройщиков, используют эту технологию. 50–60 % крупнейших строительных компаний уже интегрировали BIM в свою деятельность, а в 30 % конструкторских бюро работают BIM-менеджеры. Второй уровень BIM является наиболее распространенным. Однако отсутствие государственных стандартов и нормативных актов, а также разрозненность программных решений создают сложности в унификации процессов.

США ввели обязательное применение BIM в государственных проектах еще в 2008 г. Несмотря на отсутствие единого национального стандарта, разработка нормативной базы продолжается. Финансирование BIM-проектов осуществляется косвенно через правительственные программы с акцентом на объекты общественного назначения. Основными инициаторами развития технологии являются государственные учреждения.

Сингапур (город-государство) – один из лидеров использования BIM не только в Юго-Восточной Азии, но и в мире. Этому способствует то обстоятельство, что в Сингапуре раньше других поняли потенциал технологии информационного моделирования зданий, даже раньше появления самого термина BIM. А затем была смелая, хорошо продуманная и экономически поддержанная государственная политика по внедрению BIM. Управление строительной индустрией Сингапура осуществляет организация BCA (Building and Construction Authority). Это фактическое Министерство строительства не просто управляет, но и является инициативным генератором идей и подходов в освоении новых технологий, в том числе BIM. Одной из несомненных заслуг Сингапура, облегчающих переход на BIM и достойных повторения в других странах, является создание интернет-портала «BIM-справочник по Сингапуру» (Building Information Modeling in Singapore). Также существует специальный Фонд строительной продуктивности и способности (Construction Productivity and Capability Fund, CPCF), созданный в 2010 г. Любая организация, внедряющая у себя BIM, может в него обратиться и получить компенсацию в размере до 50 % расходов на закупку компьютеров и программ, обучение персонала и консультационные услуги, повысить уровень диспетчеризации на 20 % [8].

В Нидерландах нет правительственных указов, разработка стандарта BIM выставлена на тендер, финансирование производится косвенно через правительственные проекты. Первоначальный акцент – на частных зданиях, общественные проекты нацелены на инфраструктуру [9].

Россия за последние годы продемонстрировала значительное продвижение в области BIM. Если в 2020-м только 7 % строительных компаний применяли BIM, то к марту 2021-го этот показатель увеличился до 12 %. В стране преобладает первый уровень BIM, однако все больше проектов переходят на второй. Для возведения крупных спортивных объектов и сложных коммерческих сооружений уже применяется третий уровень BIM, сопровождаемый государственной финансовой поддержкой. Среди исследованных стран Россия выделяется наиболее активной политикой по стандартизации и обязательному внедрению BIM, а также значительным количеством принятых законодательных актов, направленных на цифровизацию строительной отрасли. Также данная политика дает расширенную возможность во внедрении электронной паспортизации зданий на государственном уровне, чего не хватает Республике Беларусь.

Значимость BIM: ключ к инновациям в строительной индустрии

Цифровая модель является революционной технологией, которая меняет подход к проектированию, строительству и управлению объектами. Значимость этой технологии выражается в следующих аспектах:

1) улучшение проектного процесса. BIM объединяет все этапы проектирования в единую цифровую среду, что обеспечивает:

- точность проектирования за счет моделирования сложных конструкций и их анализа;
- минимизацию ошибок благодаря проверке совместимости различных элементов проекта на ранних стадиях;

2) эффективность в управлении ресурсами. BIM предоставляет точные данные о необходимом количестве материалов, сроках и стоимости, что:

- оптимизирует затраты на строительство;
- уменьшает отходы и перерасход ресурсов, что соответствует принципам устойчивого строительства;

3) повышение скорости и качества строительства. Использование BIM позволяет синхронизировать действия всех участников процесса: архитекторов, проектировщиков, подрядчиков. Пример: на основе данных BIM можно составить точный календарный график, который значительно снижает риск простоев;

4) прозрачность и контроль процессов. Включение аутентичной модели (регулярное обновление данных о ходе строительства) обеспечивает:

- мониторинг выполнения работ в реальном времени;
- оперативное внесение изменений при обнаружении отклонений от плана;

5) повышение конкурентоспособности. Компании, активно использующие BIM, получают стратегическое преимущество:

- привлечение крупных заказчиков, предпочитающих работать с современными технологиями;
- соответствие международным стандартам, что открывает доступ к зарубежным проектам;

6) поддержка государственных инициатив в ряде стран (например, в Великобритании, Германии, Сингапуре), где внедрение BIM обязательно для государственных объектов, что:

- стимулирует развитие технологий в строительной отрасли;
- обеспечивает долгосрочное планирование и контроль за расходованием бюджетных средств;

7) снижение экологической нагрузки. BIM позволяет заранее моделировать экологические аспекты проектов:

- выбор энергоэффективных материалов;
- планирование минимального воздействия на окружающую среду.

В телекоммуникациях BIM может использоваться для создания моделей сетей, которые помогают понять, как данные передаются между различными устройствами. Это может включать в себя моделирование маршрутизации, коммутации, IoT-технологии и других аспектов сети. Также может использоваться для создания моделей систем управления, которые помогают управлять телекоммуникационными сетями. Это может включать в себя моделирование управления трафиком, управления ресурсами и других аспектов системы управления. Кроме того, BIM может

применяться для создания моделей приложений, которые работают на телекоммуникационных сетях: голосовые вызовы, видеоконференции и др.

Уровни BIM-зрелости

Сроки обязательного использования BIM-технологии на объектах капитального строительства в России неоднократно изменялись и уточнялись. Однако постановление Правительства от 5 марта 2021 г. № 331 закрепило положение, что с 1 марта 2022-го применение BIM становится обязательным для объектов, чье строительство финансируется из бюджета любого уровня – муниципального, регионального или федерального [10]. Диаграмма уровней зрелости BIM, созданная Mark Bew и Mervyn Rechards [11], переведена на русский и представлена на рис. 1.

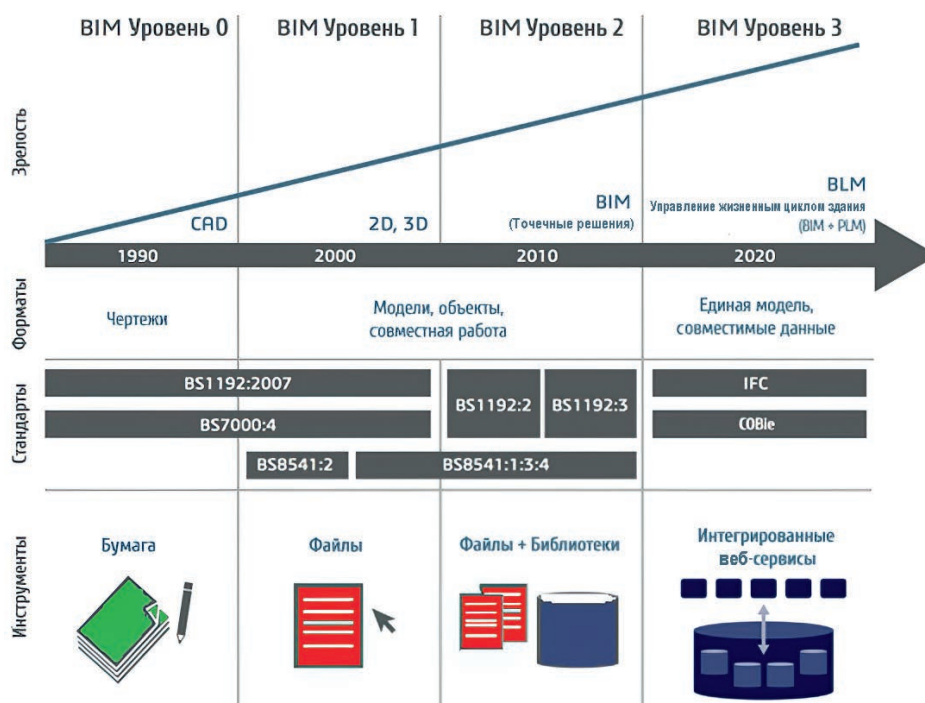


Рис. 1. Уровни зрелости BIM-моделирования
Fig. 1. Maturity levels of BIM modeling

В концепции BIM выделяют четыре уровня развития – от нулевого до третьего, которые отражают степень сложности используемой системы. Начальный уровень подразумевает работу с базовыми чертежами в CAD, тогда как наивысший уровень представляет собой комплексную интеграцию всех компонентов проекта в единую цифровую среду, обеспечивая полный контроль и взаимодействие на всех этапах жизненного цикла объекта.

Уровень 0: начальный (Ad Hoc)

- Описание: отсутствие формализованного подхода к моделированию. Использование 2D-чертежей и бумажных документов.

- Характеристики:

- нет взаимодействия между участниками проекта;
- обмен информацией в форме файлов CAD.

Уровень 1: частичный BIM (Managed)

- Описание: введение отдельных аспектов BIM, таких как 3D-моделирование или управление документацией.

- Характеристики:

- использование стандартных элементов, но без интеграции данных;
- ограниченное использование совместной работы через файлообменные сервисы.

Уровень 2: совместный BIM (Collaborative)

- Описание: полноценное внедрение BIM в процессы проектирования, строительства и эксплуатации.

- Характеристики:

- создание отдельных моделей для разных дисциплин, но с общими данными;
- использование общих файлов данных (COBie) для управления жизненным циклом здания;
- обязательное использование стандартов, таких как ISO 19650.

Уровень 3: интегрированный BIM (Integrated)

- Описание: полная интеграция данных и моделей в единую платформу, доступную для всех участников проекта в реальном времени.

- Характеристики:

- использование одной совместной модели, где все данные о проекте хранятся и обновляются централизованно;
- реальное время совместной работы и автоматизированное управление версиями;
- применение IoT и других технологий для мониторинга и управления объектом на протяжении всего жизненного цикла;
- стандартизация данных согласно глобальным стандартам, таким как IFC (Industry Foundation Classes), для обеспечения интероперабельности.

Уровень 4: интеллектуальный BIM (Intelligent)

- Описание: BIM становится не просто инструментом, но и интеллектуальной системой, которая самостоятельно анализирует, предсказывает и оптимизирует процессы.

- Характеристики:

- интеграция с искусственным интеллектом для автоматического анализа данных и предоставления рекомендаций по улучшению проекта, строительства и эксплуатации;
- использование машинного обучения для прогнозирования потенциальных проблем и оптимизации ресурсов;
- автономное управление энергопотреблением, безопасностью и техническим обслуживанием на основе данных, собранных в реальном времени;
- развитие цифровых двойников зданий, которые не только отражают текущее состояние, но и моделируют будущие сценарии.

Уровень 5: экосистемный BIM (Ecosystemic)

- Описание: BIM выходит за рамки отдельных проектов, становится частью городских и региональных экосистем.

- Характеристики:

- интеграция с умными городами и системами управления территориями для оптимизации городского планирования и развития;
- обмен данными между различными проектами и системами для создания эффективной инфраструктуры;
- использование BIM-данных для глобального мониторинга экологического воздействия, управления ресурсами и устойчивого развития;
- поддержка циркулярной экономики через отслеживание жизненного цикла материалов и продуктов в строительной отрасли.

Эти уровни представляют эволюцию от простого использования BIM как инструмента до его интеграции в более широкий контекст управления и развития окружающей среды. Понятия «Уровень 4» и «Уровень 5» в контексте зрелости BIM-моделирования не являются широко признанными или официально установленными в международных стандартах или руководствах, таких как ISO 19650 или BIM Level of Maturity от UK Government. Традиционно, как упоминалось ранее, уровни BIM зрелости варьируются от 0 до 3, где:

Уровень 0 – отсутствие BIM, использование 2D CAD;

Уровень 1 – частичное использование BIM с отдельными 3D-моделями;

Уровень 2 – совместная работа с отдельными моделями, но с общим стандартом обмена данными. На данном уровне подключаются дополнительные параметры, такие как время и стоимость (4D и 5D), они и раскрывают эффективность информационной модели;

Уровень 3 – полная интеграция в одну модель, доступную для всех участников проекта.

Таким образом, если говорить об Уровнях 4 и 5 как о концепции (экосистемный BIM), они не существуют в официальных стандартах на момент 2024 г. [12]. Теоретически это обсуждается в последние несколько лет, особенно с развитием технологий в 2020-х годах, что указывает на возможное появление этой идеи в дискурсах около 5–10 лет назад, но без конкретной «даты рождения». Упоминания об уровнях, выше 3, как Уровни 4 или 5, часто относятся к теоретичес-

ким или будущим концепциям, где BIM интегрируется с элементами умного города, IoT, большими данными и т. д. Эти уровни обсуждаются в академических или исследовательских кругах, но не имеют официального статуса или широко принятых определений. Поэтому стоит расписать уровни зрелости по ISO 19650, который широко применяется по всему миру, а его наработки используются и на территории Республики Беларусь.

Уровень 0 по ISO 19650

- Описание: отсутствие формализованного подхода к BIM. Используются традиционные методы проектирования и строительства.

- Характеристики:

- 2D CAD: проекты создаются с использованием двумерного черчения;
- бумажные документы: обмен информацией происходит через бумажные чертежи и документы;
- отсутствие совместной работы: нет структурированного взаимодействия между участниками проекта через цифровые средства.

Уровень 1 по ISO 19650

- Описание: введение отдельных элементов BIM, но без полной интеграции.

- Характеристики:

- 3D-моделирование: включает использование 3D-моделей для отдельных дисциплин (архитектура, инженерия, строительство);
- управление документами: использование стандартизированных файлов для обмена информацией, но без интеграции данных;
- файлообменные сервисы: информация может обмениваться через файлообменные платформы, но нет единого центра управления данными;
- частичная координация: координация между различными дисциплинами остается на базовом уровне.

Уровень 2 по ISO 19650

- Описание: внедрение полноценного BIM на уровне отдельных проектов с акцентом на совместную работу.

- Характеристики:

- совместные модели: создание отдельных моделей для разных дисциплин, но с общими стандартами данных (например, COBie);
- управление информацией: использование общих данных для управления жизненным циклом здания, что требует стандартов, таких как ISO 19650;
- централизованное хранение данных: введение CDE для хранения и обмена данными, но модели все еще могут быть раздельными;
- совместная работа: улучшение координации между участниками проекта через совместное использование моделей и данных;
- мониторинг и контроль: более эффективное управление качеством, рисками и временными рамками проекта благодаря лучшей доступности информации.

Уровень 3 по ISO 19650

- Описание: полная интеграция данных и моделей в единую платформу для всех участников проекта в реальном времени.

- Характеристики:

- единая модель: все данные проектирования, строительства и эксплуатации интегрированы в одну общую модель, доступную для всех;
- реальное время совместной работы: изменения в модели отражаются немедленно для всех участников, что улучшает координацию и снижает ошибки;
- централизованное управление данными: использование CDE для централизованного хранения, доступа и управления всеми данными проекта;
- автоматизация и оптимизация: автоматизация процессов проверки, координации, расчетов стоимости, планирования и управления строительством;
- управление жизненным циклом: информация в модели используется на всех этапах жизненного цикла объекта: от проектирования до демонтажа;
- совместимость с другими системами: интеграция с ERP и другими системами управления для полного цикла управления ресурсами и операциями;

– управление рисками и качеством: улучшенная возможность анализа данных для выявления рисков, оптимизации качества и безопасности.

Работу с файлами IFC поддерживают такие программы, как Graphisoft Archi CAD, Autodesk Auto CAD, FreeCAD и др. [13]. Сегодня концепция BIM 4D стала модным трендом. Это соответствует использованию данных BIM для анализа сроков, что позволяет визуализировать последовательность строительных работ в онлайн-режиме. Далее появляется возможность работать в 5D, что дает возможность управлять затратами на основе BIM-модели, интегрируя в нее информацию о стоимости. И, наконец, 6D – когда BIM-модель становится основой для управления активами и обслуживания зданий, что обеспечивает оптимизированное использование и поддержание инфраструктуры на протяжении всего ее жизненного цикла. Данную концепцию можно увидеть на рис. 2.

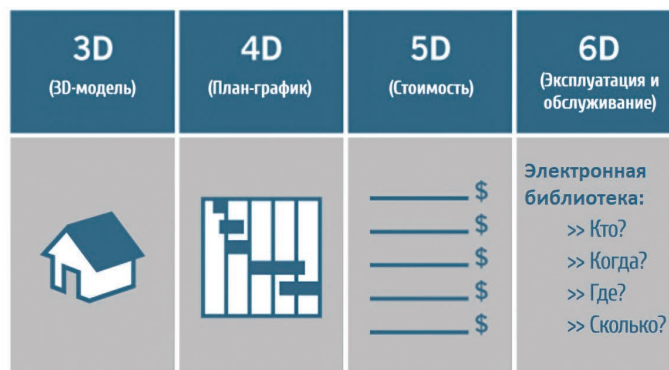


Рис. 2. Виды BIM-моделей

Fig. 2. Types of BIM models

Преимущества и сложности внедрения BIM-технологии

Для успешного внедрения BIM-технологий ключевым фактором является активная и стратегически выверенная государственная политика, которая не только поддерживает, но и инициирует инновационные подходы в освоении новых технологий. Государство должно принимать ключевую роль, стимулируя развитие BIM через комплекс мер, включающих технологические стандарты (такие, как высокоскоростной интернет и доступ к данным), нормативно-правовую базу, финансовые стимулы, образовательные программы, маркетинговые кампании, реализацию пилотных проектов и поощрение передовых практик.

Программные решения, используемые в BIM, охватывают все этапы жизненного цикла объекта – от проектирования и строительства до эксплуатации. Они обеспечивают взаимодействие всех участников процесса, включая заказчиков, проектировщиков, строителей и управляющие компании. Такой подход позволяет повысить эффективность работы, минимизировать ошибки и оптимизировать затраты на всех этапах реализации проекта. Успешное внедрение BIM требует не только технологической базы, но и системного подхода, включающего поддержку со стороны государства, развитие инфраструктуры и вовлечение всех заинтересованных сторон.

BIM представляет собой обзор дизайна и оптимизации строительства. Более того, совместное использование моделей обеспечивает полное понимание макета владельцем (конечным пользователем) и выполнение всех его запросов. В настоящее время BIM-технология продолжает внедряться в строительную сферу России и Беларуси, но в нашей республике пока что она более развита только в области архитектурной застройки. Технология является необходимым инструментом для интеграции трехмерных моделей и предотвращения пространственных конфликтов при строительстве зданий. Анализ показал, что немногие страны разработали план финансового стимулирования через выделенные фонды BIM. Необходимо подчеркнуть, что во всех государствах с развитым информационным моделированием BIM возглавляется правительственными инициативами.

Анализ современных практик внедрения BIM-технологий выявил, что лишь ограниченное число стран реализовало программы финансового стимулирования, такие как создание специализированных фондов для поддержки BIM. При этом важно отметить, что в государствах с высоким уровнем развития информационного моделирования ключевую роль играют именно го-

сударственные инициативы. Правительства этих стран активно продвигают BIM, разрабатывая стратегии, нормативные акты и программы поддержки, что способствует ускоренному внедрению технологий в строительную отрасль. Таким образом, успешное развитие BIM невозможно без активного участия государства, которое выступает основным драйвером изменений, обеспечивая как финансовую, так и нормативную поддержку.

Сегодня психологический барьер пройден, мы переживаем третий этап эволюции. Так, ОАО «Институт Белгоспроект» ставит своей целью уже в 2025 г. перейти исключительно на проектирование с использованием BIM-технологий, а также активно способствовать развитию цифрового строительства в Беларуси [14]. Основные преимущества и сложности внедрения информационного моделирования таковы:

- преимущества:
 - ускорение проектирования и строительства;
 - снижение рисков за счет точного планирования;
 - возможность интеграции данных в реальном времени;
- сложности:
 - высокая стоимость внедрения;
 - недостаток квалифицированных специалистов;
 - проблемы стандартизации и форматов обмена данными.

Заключение

1. В целом информационное моделирование может быть очень полезным инструментом для понимания и управления телекоммуникационными системами. Оно позволяет создавать модели, которые помогают понять, как работает система и как ее можно улучшить. В процессе выполнения аналитического обзора мировых практик использования, внедрения BIM-технологий в ЖКХ-объектах выявлено, что мировыми лидерами в данной сфере являются Сингапур, Англия, США и Россия. Этому способствует тот факт, что BIM финансируется за счет государства, и в данных странах широко распространено обучение в этом направлении.

2. Плюсы эволюции BIM очевидны и объясняются способностью единой динамичной управляемой виртуальной модели охватывать все стадии проектирования, включая создание визуальных образов, выявление перекрытий в пространстве, автоматизированное цифровое производство, стратегическое планирование строительных фаз, проектирование телекоммуникационных систем в модели и мн. др. Эта модель доступна для совместного использования и модификации всеми участниками стройки: от создателей архитектурных концепций и технических консультантов до исполнителей работ и инвесторов. Наличие цифровых моделей на гаджетах ускоряет процесс осуществления экспертизы проектов и выдачи разрешений на строительство, модернизацию и реконструкцию строительных объектов, а также позволяет оперативно принимать решения в ходе авторского надзора.

3. Результаты исследования показывают, что в строительной отрасли России BIM-технологии внедряются пока не так широко, как могли бы, однако РФ демонстрирует одни из самых прогрессивных государственных инициатив по ускорению их принятия среди всех проанализированных стран. В Беларуси есть ряд проблем, которые являются преградой для развития и использования BIM-технологий в сфере строительства, – это отсутствие достаточного количества кадров, финансирования, необходимой техники и программного обеспечения.

Список литературы

1. Моделирование процессов эксплуатации, технического обслуживания, ремонта жилых зданий. Методологическое сопровождение эксплуатации жилищного фонда на принципах информационного моделирования зданий для снижения эксплуатационных затрат и повышения уровня диспетчеризации: отчет о НИР (промежуточный, этап 2, подэтап 2.2) / Ин-т жилищ.-коммун. хоз-ва НАН Беларуси. Минск, 2022. № ГР 20210656.
2. «ТЕХНОСТРОЙ–XXI век» до 20 % сократил расходы на материалы от стоимости объекта благодаря автоматизации учета материалов с БИТ.СТРОИТЕЛЬСТВО [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.lcbt.ru/blog/business-cases/tekhnostroy-xxi-vek-do-20-sokratil-raskhody-na-materialy-ot-stoimosti-obekta-blagodarya-avtomatizatsii-ucheta-materialov-s-bit-stroitelstvo/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F. Дата доступа: 15.05.2025.

3. Журнал «Энергоэффективность», октябрь 2021 [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.energoeffect.gov.by/downloads/publishing/archive_journal/2021/En_10_2021.pdf?utm_source=chatgpt.comhttps://www.energoeffect.gov.by/downloads/publishing/archive_journal/2021/En_10_2021.pdf?utm_source=chatgpt.com. Дата доступа: 15.05.2025.
4. Департамент по энергоэффективности. В Могилеве завершается строительство электродома [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://energoeffect.gov.by/news/news_2020/20200608_news1?utm_source=chatgpt.com. Дата доступа: 15.05.2025.
5. Мамаев, А. Е. Методика мониторинга календарного графика строительства на основе BIM технологии / А. Е. Мамаев // Фундаментальные исследования. 2017. № 8–2. С. 270–275.
6. BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры [Электронный ресурс] // Матер. VI Междунар. науч.-практ. конф. Режим доступа: https://www.spbgasu.ru/upload/iblock/345/hndzmlrvxjyuzvm75r16pbs2w06m3hwa/BIMAC_2023.pdf. Дата доступа: 26.10.2022.
7. Состояние внедрения BIM в 2021 году: сравнение 7 стран [Электронный ресурс] // Журнал ИКС. Режим доступа: <https://www.iksmedia.ru/news/5847181-Sostoyanie-vnedreniya-BIM-v-2021.html>. Дата доступа: 11.11.2022.
8. Внедрение BIM: впечатляющий опыт Сингапура [Электронный ресурс] // Портал для специалистов архитектурно-строительной отрасли. Режим доступа: <https://ardexpert.ru/article/5160>. Дата доступа: 25.08.2023.
9. BIM Adoption BENELUX [Электронный ресурс] // bimspot. Режим доступа: <https://www.bimspot.io/blogs/bim-adoption-benelux/>. Дата доступа: 24.08.2023.
10. Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства: постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2021 № 331 [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573842519>. Дата доступа: 02.11.2024.
11. Research Gate. Search for Publications, Researches, or Questions [Electronic Resource]. Mode of access: https://www.researchgate.net/figure/Illustration-of-Building-Information-Modeling-Maturity-Levels-The-image-is-re-diagramed_fig2_282650955. Date of access: 04.11.2024.
12. BIM Уровни [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://prorubim.com/ru/2015/07/bim-levels/>. Дата доступа: 07.11.2024.
13. Файл с расширением .ifc [Электронный ресурс] / Интернет портал openfile. Режим доступа: <https://open-file.ru/types/ifc>. Дата доступа: 05.11.2024.
14. Первое в Беларуси BIM-мероприятие состоялось в Минске [Электронный ресурс] // Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. Режим доступа: http://mas.gov.by/ru/news_ru/view/pervoe-v-belarusi-bim-meroprijatie-sostojalos-v-minske-1536/. Дата доступа: 16.11.2024.

Поступила 06.02.2025

Принята в печать 16.05.2025

Доступна на сайте 10.10.2025

References

1. Baranovsky I. V. (2022) Modeling of Processes for Operation, Maintenance, and Repair of Residential Buildings. Methodological Support for Housing Fund Operation Based on the Principles of Building Information Modeling to Reduce Operating Costs and Increase the Level of Dispatching. *Interim R&D Report (Stage 2, Substage 2.2), Institute of Housing and Public Utilities of the National Academy of Sciences of Belarus*. Minsk, GR No 20210656 (in Russian).
2. “TEKHNOSTROY–XXI Vek” Reduced Material Costs by Up to 20 % of the Project’s Total Cost Through Automated Material Accounting with BIT.STROITELSTVO. Available: https://www.1cbit.ru/blog/business-cases/tekhnostroy-xxi-vek-do-20-sokratil-raskhody-na-materialy-ot-stoimosti-obekta-blagodarya-avtomatizatsii-ucheta-materialov-s-bit-stroitelstvo/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F (Accessed 15 May 2025) (in Russian).
3. *Energy Efficiency Magazine, October 2021*. Available: https://www.energoeffect.gov.by/downloads/publishing/archive_journal/2021/En_10_2021.pdf (Accessed 15 May 2025) (in Russian).
4. *Department of Energy Efficiency. Construction of an Electric House is Nearing Completion in Mogilev*. Available: https://energoeffect.gov.by/news/news_2020/20200608_news1 (Accessed 15 May 2025) (in Russian).
5. Mamaev A. E. (2017) Methodology for Monitoring the Construction Schedule Based on BIM Technology. *Fundamental Research*. (8–2), 270–275 (in Russian).
6. BIM in Construction & Architecture. *Proceedings of VI International Conference*. Available: https://www.spbgasu.ru/upload/iblock/345/hndzmlrvxjyuzvm75r16pbs2w06m3hwa/BIMAC_2023.pdf. (Accessed 26 October 2022).

7. State of BIM Implementation in 2021: 7 Countries Compared. *IKS Media Journal*. Available: <https://www.iksmmedia.ru/news/5847181-Sostoyanie-vnedreniya-BIM-v-2021.html> (Accessed 11 November 2022) (in Russian).
8. BIM Implementation: Singapore's Impressive Experience. *Portal for Specialists in the Architectural and Construction Industry*. Available: <https://ardexpert.ru/article/5160> (Accessed 25 August 2023) (in Russian).
9. BIM Adoption in Benelux. *bimspot*. Available: <https://www.bimspot.io/blogs/bim-adoption-benelux/> (Accessed 24 August 2023).
10. On Establishing a Case in Which the Developer, Technical Customer, Person Providing or Preparing Investment Justification, and (or) Person Responsible for the Operation of a Capital Construction Project Ensure the Formation and Maintenance of an Information Model of a Capital Construction Project. *Resolution of the Government of the Russian Federation of 05.03.2021 No 331. Official Internet Portal of Legal Information*. Available: <https://docs.cntd.ru/document/573842519> (Accessed 2 November 2024) (in Russian).
11. *Research Gate. Search for Publications, Researches, or Questions*. Available: https://www.researchgate.net/figure/Illustration-of-Building-Information-Modeling-Maturity-Levels-The-image-is-re-diagramed_fig2_282650955 (Accessed 4 November 2024).
12. *BIM Levels*. Available: <http://prorubim.com/ru/2015/07/bim-levels/> (Accessed 7 November 2024) (in Russian).
13. File with extension .ifc. *Internet Portal Openfile*. Available: <https://open-file.ru/types/ifc> (Accessed 5 November 2024) (in Russian).
14. The First BIM Event in Belarus Took Place in Minsk. *Ministry of Architecture and Construction of the Republic of Belarus*. Available: http://mas.gov.by/ru/news_ru/view/pervoe-v-belarusi-bim-meroprijatie-sostojalos-v-minske-1536/ (Accessed 16 November 2024) (in Russian).

Received: 6 February 2025

Accepted: 16 May 2025

Available on the website: 10 October 2025

Вклад авторов

Барановский И. В. выполнил концептуализацию, написал текст введения и заключения.

Тимошкевич И. В. написал текст аннотации и основного раздела, проанализировал данные, оформил рукопись статьи.

Authors' contribution

Baranovsky I. V. carried out conceptualization, wrote the introduction and conclusion text.

Tsimashkevich I. V. wrote the text of the abstract and the main section, analyzed the data, and formatted the manuscript of the article.

Сведения об авторах

Барановский И. В., канд. техн. наук, зам. дир. по науч. работе, Институт жилищно-коммунального хозяйства Национальной академии наук Беларуси

Тимошкевич И. В., магистр экономики, асп. каф. инфокоммуникационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; науч. сотр. Института жилищно-коммунального хозяйства Национальной академии наук Беларуси

Адрес для корреспонденции

220084, Республика Беларусь,
Минск, ул. Академика Купревича, 10, корп. 3
Институт жилищно-коммунального хозяйства
Национальной академии наук Беларуси
Тел.: +375 25 929-93-03
E-mail: tim6iv@gmail.com
Тимошкевич Иван Валерьевич

Information about the authors

Baranovsky I. V., Cand. Sci. (Tech.), Deputy Director for Scientific Work, Institute of Housing and Public Utilities of the National Academy of Sciences of Belarus

Tsimashkevich I. V., Master of Economics, Post-graduate at the Department of Infocommunication Technologies, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics; Researcher at the Institute of Housing and Public Utilities of the National Academy of Sciences of Belarus

Address for correspondence

220084, Republic of Belarus,
Minsk, Academician Kuprevich St., 10, Body 3
Institute of Housing and Public Utilities
of the National Academy of Sciences of Belarus
Tel.: +375 25 929-93-03
E-mail: tim6iv@gmail.com
Tsimashkevich Ivan Valerievich