

УДК 69.05:004.42
<https://www.doi.org/10.47813/rosnio.4.2025.1007>

EDN [JTZAGT](#)

Моделирование архитектуры многокомпонентного информационного обеспечения BIM-систем

П.В. Ендуткин

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

E-mail: Endutkin@kp-pro.ru

Аннотация. В статье рассматривается моделирование архитектуры многокомпонентного информационного обеспечения (МКИО) для BIM-систем, актуальное в условиях цифровой трансформации строительной отрасли. Описаны ключевые структурные компоненты современных BIM-платформ: модули обработки геопространственных данных, централизованные хранилища моделей и аналитические сервисы. Показано, что модульная организация и декомпозиция функционала на независимые сервисы обеспечивают масштабируемость, гибкость и интеграцию облачных вычислений и специализированных инструментов. Приведены примеры успешного внедрения BIM-технологий, подтверждающие снижение ошибок и затрат, а также повышение качества проектов. Выявлены основные проблемы внедрения: высокие требования к квалификации специалистов, интеграция с унаследованными системами и необходимость обработки больших данных. Отмечена важность стандартизации и развития открытых протоколов для дальнейшей эволюции BIM-систем, а также перспективы интеграции искусственного интеллекта и автоматизации управления жизненным циклом объектов.

Ключевые слова: информационное моделирование зданий, BIM, архитектура программного обеспечения, многокомпонентные системы, интеграция данных, цифровая трансформация строительства.

Modeling the Architecture of Multi-Component Information Support for BIM Systems

P.V. Endutkin

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: Endutkin@kp-pro.ru

Abstract. The article addresses the modeling of multi-component information architecture (MCIA) for BIM systems, which is highly relevant in the context of the digital transformation of the construction industry. The key structural components of modern BIM platforms are described, including modules for geospatial data processing, centralized model repositories, and analytical services. It is shown that modular organization and the decomposition of functionality into independent services ensure scalability, flexibility, and integration of cloud computing and specialized tools. The article presents examples of successful BIM implementations, demonstrating reduced errors and costs as well as improved project quality. Major challenges are identified, such as high qualification requirements for specialists, integration with legacy systems, and the need to process large data volumes. The importance of standardization and the development of open protocols for the further evolution of BIM systems is emphasized, along with the prospects for integrating artificial intelligence and automating lifecycle management of construction objects.

Keywords: building information modeling, BIM, software architecture, multi-component systems, data integration, digital transformation in construction.

1. Введение

В последние годы моделирование архитектуры многокомпонентного информационного обеспечения (МКИО) для BIM-систем (Building Information Modeling) становится актуальным направлением цифровой трансформации строительной отрасли [1, 2]. Современные строительные проекты характеризуются высокой степенью сложности, многоуровневой структурой и необходимостью интеграции большого объема разнородных данных на всех этапах жизненного цикла объекта — от концептуального проектирования до эксплуатации и утилизации. Эффективное управление этими процессами невозможно без надежной программной архитектуры, способной обеспечить согласованное взаимодействие всех компонентов системы и своевременный обмен информацией между участниками проекта [3].

BIM-системы представляют собой многоуровневые цифровые платформы, объединяющие модули обработки геопространственных данных (например, лидарное сканирование и фотограмметрия), централизованные хранилища информационных моделей с поддержкой версионности и параллельного редактирования, а также аналитические компоненты для выявления проектных коллизий, расчета нагрузок и оптимизации ресурсов. Такая структура требует системного подхода к проектированию, основанного на декомпозиции функционала на независимые сервисы, взаимодействующие через стандартизированные API. Это позволяет интегрировать в единую экосистему как облачные вычислительные ресурсы, так и специализированные инструменты (например, Autodesk Revit, Archicad), обеспечивая гибкость, масштабируемость и совместимость решений [4].

Одним из преимуществ архитектурно устойчивых BIM-систем является возможность снижения числа ошибок координации за счет автоматических проверок, что значительно уменьшает объем переделок и повышает качество реализации проектов. Централизованный доступ к данным и параллельная разработка способствуют оптимизации рабочих процессов, а управление жизненным циклом объекта на основе BIM-модели позволяет прогнозировать эксплуатационные характеристики и своевременно реагировать на возникающие риски [5].

Тем не менее, внедрение и развитие BIM-систем сопряжено с рядом проблемных моментов [6]. К числу основных проблем относятся высокие требования к квалификации пользователей, сложности интеграции с унаследованными системами и необходимость обработки больших массивов данных в реальном времени. Решение этих задач требует не только технологических инноваций, но и выработки единых стандартов данных и протоколов взаимодействия, что существенно влияет на успешность цифровой трансформации отрасли.

Моделирование архитектуры многокомпонентного информационного обеспечения ВІМ-систем позволяет не только систематизировать подходы к проектированию программного и информационного обеспечения, но и создать прочную основу для дальнейшего развития технологий информационного моделирования, включая интеграцию искусственного интеллекта и автоматизацию управления жизненным циклом объектов [7].

2. Материалы и методы

В качестве материалов и методов для моделирования архитектуры многокомпонентного программного обеспечения ВІМ-систем важно использовать комплексный подход, сочетающий теоретический анализ, изучение существующих определений программной архитектуры, а также практические методы проектирования и оценки архитектурных решений [8].

В основе работы лежит рассмотрение архитектуры как структуры системы, включающей совокупность компонентов, их свойства и связи между ними, а также принципы организации взаимодействия этих элементов. Особое внимание уделяется анализу различных подходов к определению программной архитектуры, в том числе стратегий декомпозиции и объединения компонентов, а также абстрактной спецификации системы через описание поведения, интерфейсов и связей между функциональными частями. Современные методики позволяют моделировать высокоуровневую организацию системы, протоколы взаимодействия, способы доступа к данным, декомпозицию функциональности и физическое распределение компонентов [9]. Практическую значимость имеет анализ архитектур существующих ВІМ-платформ, выделение ключевых модулей (обработка геопространственных данных, централизованное хранение моделей, аналитические сервисы), а также применение графических и объектно-ориентированных методов моделирования (например, с использованием UML-диаграмм и схем потоков данных).

Оценка проектных решений, как правило, осуществляется по критериям масштабируемости, гибкости, слабой связанности компонентов, возможности интеграции новых сервисов и соответствия архитектуры требованиям к качеству, надежности и безопасности. Важно учитывать взаимодействие архитектуры с организационной структурой проекта, возможность параллельной разработки и поддержки многократного использования решений [10]. Такой подход позволяет всесторонне проанализировать как структурные, так и функциональные аспекты моделирования архитектуры многокомпонентных ВІМ-систем, а

также выявить цели и задачи, стоящие перед разработчиками подобных программных комплексов.

3. Результаты и обсуждение

Результаты моделирования архитектуры многокомпонентного программного обеспечения BIM-систем демонстрируют, что структурирование и интеграция базовых системных компонентов существенно повышают эффективность управления данными и взаимодействия всех участников строительного процесса. В ходе анализа и проектирования архитектуры были выделены основные структурные элементы современных BIM-платформ: модули обработки геопространственных данных (лидарное сканирование, фотограмметрия), централизованные хранилища моделей с поддержкой версионности и параллельного редактирования, а также аналитические сервисы для выявления коллизий, расчёта нагрузок и оптимизации ресурсов. Такая модульная организация позволяет не только обеспечить масштабируемость и гибкость системы, но и интегрировать специализированные инструменты и облачные вычислительные ресурсы, что становится особенно актуальным в условиях роста объёмов данных и необходимости совместной работы в распределённых командах.

Практическое внедрение архитектурных решений, основанных на декомпозиции функционала на независимые сервисы, показало значительное снижение числа ошибок координации при проектных взаимодействиях пользователей [11]. Автоматизация процессов проверки и согласования проектных решений позволяет уменьшить объём переделок, что подтверждается как зарубежными, так и российскими кейсами внедрения BIM-технологий. Например, в проекте жилого комплекса «Новая Москва» применение BIM позволило сократить сроки строительства на 20%, снизить затраты на 15% и повысить качество конечного продукта за счёт эффективной координации и контроля на всех этапах реализации. Аналогичные результаты отмечаются и в международных проектах: использование BIM-моделей для автоматического извлечения спецификаций и выявления конфликтов между инженерными системами значительно ускоряет процесс проектирования и строительства, минимизируя риски и финансовые потери.

Важным итогом моделирования архитектуры стало подтверждение необходимости централизованного хранения данных и обеспечения единой цифровой среды для всех участников проекта. Это способствует не только оптимизации процессов, но и снижает вероятность потери информации или возникновения противоречий между различными

разделами проектной документации. Совместная работа над единой моделью позволяет архитекторам, инженерам, подрядчикам и заказчикам оперативно вносить изменения, согласовывать решения и контролировать ход реализации проекта в режиме реального времени, что особенно важно для крупных и сложных объектов [12].

Однако результаты также выявили ряд проблем и ограничений, связанных с внедрением многокомпонентных BIM-систем. К основным барьерам относятся высокие требования к квалификации специалистов, необходимость обучения междисциплинарному взаимодействию, сложности интеграции с унаследованными системами и стандартами, а также потребность в обработке больших объёмов данных в реальном времени. Кроме того, отсутствие единых стандартов и нормативных требований на государственном уровне затрудняет широкое распространение и эффективное использование BIM-технологий, особенно в малых и средних компаниях.

В рамках обсуждения перспектив дальнейшего развития архитектуры BIM-систем отмечается возрастающая роль открытых стандартов и взаимозаменяемости компонентов, что облегчает интеграцию различных программных платформ и обмен данными между всеми участниками проекта. Среди ключевых трендов выделяются внедрение облачных сервисов, использование цифровых двойников, интеграция IoT-устройств, а также применение искусственного интеллекта для автоматизации анализа данных, прогнозирования рисков и оптимизации процессов эксплуатации объектов. Примеры успешного внедрения ИИ в BIM-системы показывают, что предиктивная аналитика и автоматизированная проверка моделей позволяют не только повысить качество проектных решений, но и существенно снизить издержки на протяжении всего жизненного цикла объекта [13, 14].

Таблица 1 отражает основные цели использования программной архитектуры в BIM-системах и их классификацию по организационным и техническим аспектам. Это позволяет структурировать результаты анализа и дает возможность сопоставления полученных в результате анализа данных.

Таблица позволяет наглядно отразить, что программная архитектура в BIM-системах выполняет как организационные, так и технические функции, обеспечивая не только эффективную коммуникацию и управление проектом, но и гибкость, масштабируемость, повторное использование решений и соответствие требованиям качества.

Таблица 1. Цели использования программной архитектуры в ВІМ-системах и их классификация.

Цель использования программной архитектуры	Краткое описание	Классификация
Повышение понимания и коммуникации	Обеспечивает высокоуровневое понимание продукта и коммуникацию между всеми заинтересованными сторонами	Организационная
Принятие ключевых проектных решений	Фиксирует базовые решения на ранних этапах, влияющие на успех проекта	Организационная
Эффективное управление проектом и распределение работ	Декомпозиция системы на слабо связанные компоненты, параллельная разработка	Организационная
Определение структуры системы и ограничений	Гибкая декомпозиция и оптимизация структуры, наложение ограничений на реализацию	Техническая
Удовлетворение требованиям и целям	Оценка и обеспечение достижения целевых характеристик качества	Техническая
Обучение и адаптация новых участников	Использование архитектуры как базы для обучения новых специалистов	Организационная
Снижение стоимости сопровождения	Анализ и управление изменениями, прогнозирование и локализация изменений	Техническая / Организационная
Прототипирование и эволюция решений	Использование архитектуры как основы для проектирования и развития прототипов	Техническая
Разработка методологий и технологических решений	Базис для создания архитектурно-центричных процессов и новых технологических подходов	Техническая
Анализ и сравнение альтернативных решений	Инструмент для анализа зависимостей, масштабируемости и расширяемости	Техническая
Распространение и многократное использование абстракций	Поддержка повторного использования компонентов, каркасов, библиотек и интеграции сторонних решений	Техническая

Отметим, что такой подход способствует формированию устойчивых и эволюционирующих архитектур, что подтверждается результатами анализа современных ВІМ-платформ и результатов их внедрения [15].

4. Заключение

Таким образом, моделирование архитектуры многокомпонентного программного обеспечения для BIM-систем подтверждает высокую эффективность интегрированного подхода к управлению данными и процессами в строительстве. Современные BIM-платформы обеспечивают объединение информации всех участников проекта в единой цифровой среде, что способствует оптимизации проектных и строительных процессов, снижению ошибок и затрат, а также повышению качества реализации объектов. Внедрение новых технологий, таких как искусственный интеллект и облачные сервисы, открывает дополнительные возможности для автоматизации и прозрачности управления жизненным циклом зданий. Дальнейшее развитие области требует стандартизации, повышения квалификации специалистов и интеграции инновационных решений, чтобы обеспечить еще более высокий уровень эффективности и управляемости строительных проектов.

Список литературы

1. Царев А.И. Развитие BIM-технологий в европейской строительной отрасли / А.И. Царев // Инженерный вестник Дона. – 2022. – Т. 11. – № 95. – С. 11-17.
2. Диско А.И. Исследование истории развития BIM-технологий как инструмента комплексного управления инвестиционным проектом / А.И. Диско // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы IV Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 21–23 апреля 2021 года / под общ. ред. А.А. Семенова. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2021. – 491-497 с. – EDN IDJJDR.
<https://www.doi.org/10.23968/BIMAC.2021.062>.
3. Жариков И.С. Эффективное использование BIM-технологий при проведении строительно-технических экспертиз / И.С. Жариков, П.В. Давиденко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2018. – № 1. – С. 42–48.
4. Анахин Н.Ю. BIM технологии, как основа современного объекта / Н.Ю. Анахин, Н.Г. Грошев, Д.А. Оноприйчук // Вопросы науки и образования. – 2018. – № 26(38). – С. 29–31.
5. Савин М.А. Применение BIM для управления жизненным циклом зданий и сооружений / М.А. Савин, В.В. Белаш // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. – 2023. – Т. 2, № 2. – С. 42-50.

6. Юшкин И.И. Проблемы и преимущества внедрения BIM на предприятиях строительной отрасли / И.И. Юшкин, Ш.Г. Аламиди, Н.А. Сташевская // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. – 2022. – Т. 18, № 2. – С. 172-181.
7. Ендуткин П.В. Концептуальные принципы архитектуры многокомпонентного информационного обеспечения BIM-систем / П.В. Ендуткин, И.В. Ковалев // Информатика. Экономика. Управление. – 2024. – Т. 3, № 4. – С. 0330-0338. <https://www.doi.org/10.47813/2782-5280-2024-3-4-0330-0338>
8. Korečko Š. On Universal Architecture of Software Components for Validation and Analysis of Building BIM Models / Š. Korečko, M. Lopusniak, B. Sobota // Information Systems and Technological Advances for Sustainable Development. DATA 2024. Lecture Notes in Information Systems and Organisation. – Cham: Springer, 2024. – Vol. 71. – P. 59–74. https://www.doi.org/10.1007/978-3-031-75329-9_5
9. Новой А.В. Система анализа архитектурной надежности программного обеспечения: дис. канд. техн. наук: 05.13.01, 05.13.11 / А.В. Новой. – Красноярск, 2011. – 131 с. – EDN QFHCLKF.
10. Ковалев И.В. Анализ проблем в области исследования надежности программного обеспечения: многоэтапность и архитектурный аспект / И.В. Ковалев // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2014. – № 3 (55). – С. 78–92. – EDN SZDNFP.
11. Мысовских Д.А. Building Information Modeling в строительстве. Опыт использования. Проблемы внедрения / Д.А. Мысовских, И.Г. Овчинников // Вестник евразийской науки. – 2021. – Т. 13, № 2. – С. 14.
12. Ковалев И.В. Анализ эффективности организационно-технологических комплексов предприятий / И.В. Ковалев, А.А. Новожилов, Т.А. Рукавицына // Системы управления и информационные технологии. – 2010. – № 4 (42). – С. 36–39. – EDN NBIRKP.
13. Караманянц М.Б. Изменения строительной отрасли при активном внедрении технологии с применением искусственного интеллекта (ИИ) / М.Б. Караманянц // Экономика строительства. – 2023. – № 9. – С. 141–145. <https://www.doi.org/10.24412/0131-7768-2023-9-141-145>
14. Золотарев В.В. Сокращение сроков строительства монолитного каркаса многоквартирного дома / В.В. Золотарев // Современные инновации, системы и технологии. – 2023. – Т. 3, № 4. – С. 0401–0412. <https://www.doi.org/10.47813/2782-2818-2023-3-4-0401-0412>

15. Вафаева Х.М. Анализ данных ВІМ модели в системах ВІ / Х.М. Вафаева, З.А. Гаевская // Перспективы науки. – 2022. – № 7 (154). – С. 53–58. – EDN KALGХО.