

КОНЦЕПЦИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ: ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Аннотация. Настоящая статья посвящена применению концепции BIM-технологий в области капитального ремонта жилых зданий. В работе дается толкование BIM, описание возможностей, факторов внедрения и эффективности данных технологий.

Идеи модернизации управления жизненным циклом объектов строительных процессов и повышения качества строительства в целом последние годы активно рассматриваются в рамках технологий информационного моделирования. Использование BIM-технологий в строительной сфере предполагает, что вся работа должна вестись только на основе информационной модели, учитывающей данные по архитектурным, функциональным и техническим характеристикам. Это также подразумевает возможность расширения модели по мере необходимости. При реализации моделей помимо программных решений для визуализации объектов и отображения ряда атрибутов, привязанных к ней, необходимы специализированное оборудование и платформы для 3D-моделирования. Информационная модель напрямую связывается со сроками реализации строительных проектов (4D-модель) и необходимыми для этого ресурсами (5D-модель). Внедрение BIM-технологий обеспечивает контроль за реализацией проектов в установленные сроки, правильное распределение бюджета и связанность между информационными системами.

Ключевые слова: BIM, жизненный цикл строительного объекта, 3D-модель, базы данных, информационное моделирование, лазерное сканирование.

Введение

BIM (Building Information Modeling) – это трехмерный процесс моделирования, который дает специалистам в области архитектуры, инженерии и строительства данные и инструменты для эффективного управления всем жизненным циклом объекта и инфраструктурой.

Другими словами, BIM-система является совокупностью структурированных данных, представленных в виде модели и связанных баз данных, к которым имеется открытый доступ у специалистов.

Данная открытость системы обеспечивает постоянное обновление данных по конкретному объекту и координирование взаимодействия сторон, непосредственно участвующих в процессе управления жизненным циклом объекта, от проектной группы до подрядчиков и заказчиков.

Программные решения, предшествующие BIM

Представление строительного объекта можно условно разделить на два этапа: создание модели проектной группой и возведение данного объекта специализированными строительными-монтажными организациями. Между этими этапами существует необходимость в промежуточной визуализации, которая использовалась бы для передачи информации экономичным и однозначным образом.

Ранее это достигалось с помощью ортогональных чертежей, т.к. первоначальные системы автоматизированного проектирования были способны моделировать только 2D-ортографический процесс черчения. Однако это не единственное промежуточное представление, которое могло быть построено. Ряд систем реализовывали представление здания в виде 3D-модели. И именно 3D-модель является более удовлетворительным промежуточным представлением объекта для проектной группы.

Building Description System

Строительные чертежи имеют ряд присущих недостатков. Они избыточны, описывая одну и ту же часть здания в нескольких масштабах. Так как чертежи бывают двумерные и трехмерные, то, как минимум, два чертежа

должны характеризовать любую часть компоновки здания в одной размерности. Таким образом, информация на чертежах по своей сути избыточна, и изменение конструкции, само собой, приводит к изменениям в наборе чертежей. Также большое количество усилий уходит на поддержание актуальности и последовательности различных чертежей.

Для решения проблем, связанных с чертежами, появилась первая система, в которой здание можно было собирать из конкретных архитектурных элементов, – BDS (Building Description System, «система описания здания»).

Целью создания BDS было показать, что компьютерное описание здания может воспроизводить и улучшать все сильные стороны чертежей в качестве средства для проектирования строительных объектов, а также устранять большинство их недостатков [1].

Таким образом, была разработана компьютерная база данных, которая позволяла объединить геометрическое, пространственное и имущественное описание очень большого количества физических элементов, расположенных в пространстве. Эта система использовала графический интерфейс пользователя, ортогональные и перспективные виды и сортируемую базу данных, которая позволяла пользователю получать информацию исключительно по атрибутам, включая тип материала и поставщика.

Building Design Advisor

Более поздним, но ярким примером инструмента моделирования, который дал обратную связь и предложил решения на основе модели является BDA (Building Design Advisor, «советник по проектированию зданий») [2].

Эта программа была создана, чтобы интегрировать графический анализ в моделирование для предоставления информации о том, как проект может быть реализован, информации об альтернативных условиях в отношении ориентации проектов, геометрии, свойств материалов и строительных

систем. Программа также включала в себя основных помощников оптимизации для принятия решений на основе ряда критериев.

Таким образом, именно появление этих двух систем определило вектор дальнейшего развития информационного моделирования.

Возможности BIM

Главным преимуществом BIM является возможность использования широкого спектра передовых инструментов проектирования и отображения строительных объектов. 3D-сканирование все чаще используется для создания подробных моделей объектов [3]. Представление объекта в виде 3D-модели обеспечивает процессы проектирования, строительства, проведение капитального ремонта гибкостью и более детальным планированием.

Ряд инструментов и функций позволяет обеспечить обратную связь между проектной моделью и документацией, которая просто не будет возможна с помощью бумаги или даже отдельных цифровых систем [3]. Это достигается за счет того, что специалисты имеют возможность перенести данные экспертизы в электронном виде на требуемую модель. В данном случае имеется в виду процесс сопоставления данных из реального времени с проектной моделью.

Файлы BIM содержат базы данных, которые хранят информацию об интеллектуальных атрибутах, связанных с определенной моделью, таких как стоимость, размер и т.д. [3]. В дальнейшем, эту информацию можно использовать для автоматизации процессов, где необходимо подвести итоги, чтобы сэкономить время и уменьшить количество ошибок.

BIM-системы обычно используют такие функции, как автоматическое сохранение и подключение к истории проекта, чтобы гарантировать, что дополнения и изменения никогда не будут потеряны и что удаленный или поврежденный файл не должен вывести из строя саму модель. Реализация рабочего процесса на основе цифровой модели может гарантировать, что вся

работа записана, и история проекта продолжает обновляться, в то же время обеспечивая легкий доступ к более ранним шагам и версиям

ВМ может использоваться не только для создания 2D-чертежей и 3D-моделей. Некоторые системы могут быть использованы для создания моделей, которые включают в себя дополнительные показатели: время и стоимость [3] (4D и 5D модели соответственно). Они необходимы для формирования целостного представления информации относительно функциональности, сроков реализации проекта и задействованных для этого ресурсов. В ВМ-системы подгружаются календарно-сетевые графики, систематизирующие поставленные задачи, которые в дальнейшем синхронизируются с 3D-моделью. Таким образом, формируется 4D-модель, когда положение элементов объекта определяется в пространстве и времени. При 5D-моделировании добавляется такая исчисляемая характеристика, как стоимость (рис. 1). Каждый элемент будущего объекта хранит полное описание о себе и своем взаимоотношении со всей моделью, что позволяет в 5D-модели не только понять, в какую денежную сумму обойдутся те или иные строительные работы, но и сделать прогнозный срез бюджета на любой стадии работ.

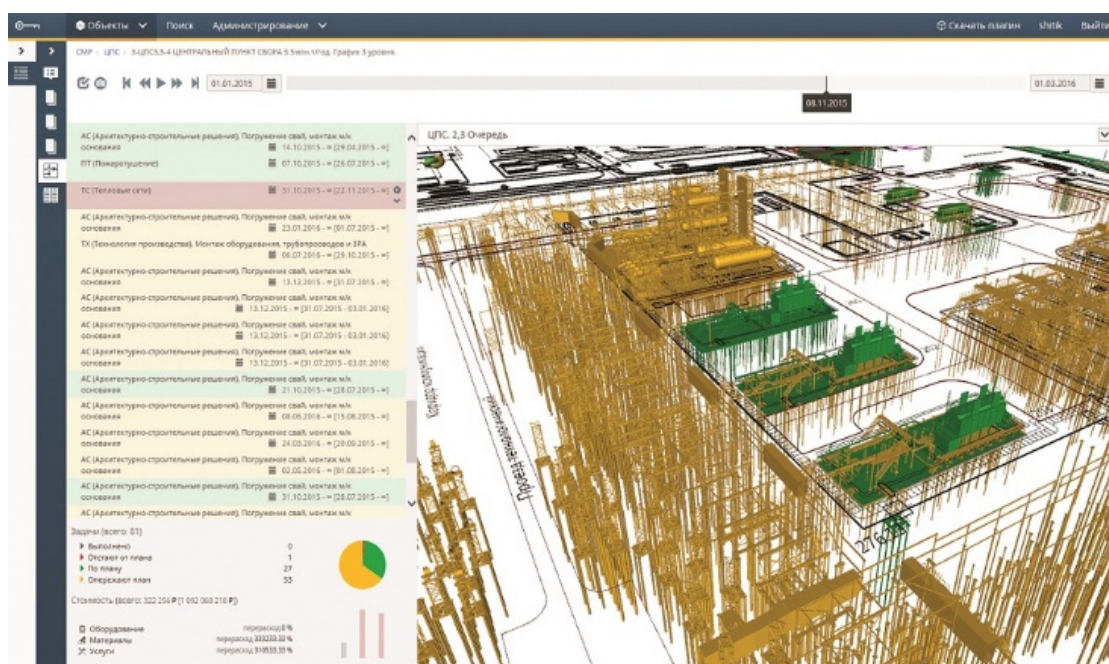


Рис. 1. 5D-модель

Современные инструменты моделирования могут быть использованы для прогнозирования потенциального влияния широкого спектра факторов, от тестирования логики графика строительства до анализа количества солнечного света на данной стороне здания в течение различных сезонов и прогнозируемой экономии затрат с течением времени на основе энергетической эффективности здания.

ВІМ-модели также могут быть использованы для создания расширенных визуализаций, которые воплощают проекты в жизнь через виртуальную реальность, позволяя любому увидеть, как будет выглядеть готовый проект на месте. Также реализована возможность синхронизации проектной модели и панорамы, снятой 360°. Благодаря этому обеспечивается контроль за соответствием строительных процессов информационной модели.

Реализация концепции ВІМ

Инструменты для формирования информационной модели включают в себя ряд систем (САПР) для создания 3D-объектов и их сшивания, оборудование для сканирования строительных объектов и облака данных ВІМ, обеспечивающие возможность обновления и обмена информацией в реальном времени.

САПР

Структура в контексте графической информации подразумевает организацию и группировку объектов с общими атрибутами [4]. Например, деталь проекта или элемент здания, такой как окно, могут повторяться в разных местах проекта. Именно система автоматизированного проектирования (САПР) способна записать всю геометрию данного элемента в каждой точке строительного объекта. Нет необходимости в том, чтобы вся подробная геометрия была записана в системе для каждого экземпляра элемента в отдельном порядке. Достаточно прописать атрибуты с расположением данного объекта.

Преимущество использования САПР заключается в том, что пользователь может визуализировать здание с точки зрения объектных особенностей или компонентов (рис. 2). Также возможно отслеживать, как один компонент способен наследовать атрибуты других. Таким образом, принятие структурированного подхода к проектированию дает концептуальные преимущества и практические выгоды.

Одним из важных вопросов в рамках моделирования зданий является определение полного и однозначного описания 3D-формы объекта с использованием методов геометрического моделирования.

Пользователь может генерировать подобъекты или компоненты, которые образуют здание либо в виде коллекции 3D геометрических примитивных объектов, таких как кубы, сферы, конусы и цилиндры или с использованием спецификаций границ компонентов.

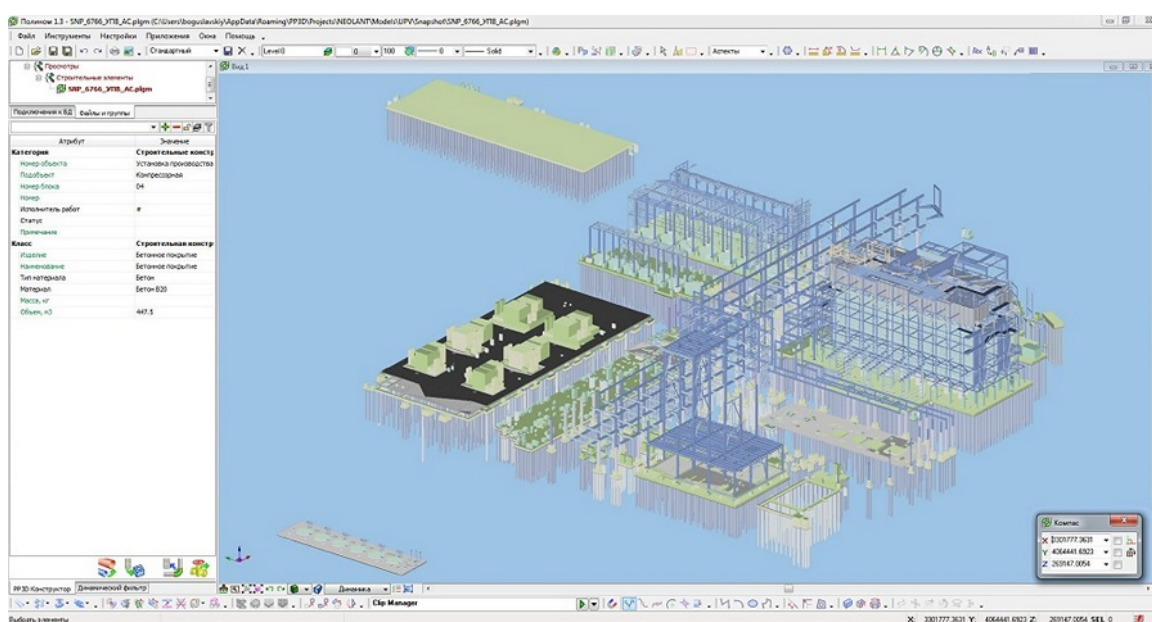


Рис. 2. Визуализация проекта в САПР

Геометрическое моделирование имеет ряд потенциальных преимуществ как составная часть САПР. Во-первых, оно обеспечивает соответствующую структуру для проектных данных. Во-вторых, пользователь может просматривать модель с альтернативных точек обзора и получать информацию о возможных конфликтах между компонентами.

Подводя итоги по системам автоматизированного проектирования, следует сказать, что основой информационного моделирования является именно визуализация строительного объекта в виде 3D-модели со всеми соответствующими атрибутами. И реализуется это исключительно в САПР.

Лазерное сканирование строительных объектов

Чаще всего к 3D-сканированию прибегают в тех случаях, когда есть необходимость в 3D-визуализации уже реализованных строительных объектов. Поэтому технология лазерного сканирования является весьма важной частью информационного моделирования, необходимой для завершения интеграционного цикла BIM и обеспечения рабочего процесса.

Чтобы понимать, как технология сканирования может быть применена к интегрированию BIM в рабочий процесс, прежде всего, необходимо определить, что такое лазерное сканирование, и какие основные функции оно выполняет.

Функционирование сканеров основано на обработке информации сканирующих лучей высокой плотности в момент позиционных измерений. Лазерные сигналы посылаются за пределы сканирующего оборудования и измеряются в течение времени достижения конечной точки или фазовых сдвигов по мере их возвращения к источнику. Оборудование анализирует время возвращения лазера, а затем записывает удаленность физического элемента. Данная технология сканирования имеет возможность отправлять тысячи лучей в секунду, формируя так называемое облако точек (Point cloud).

Облако точек – это совокупность точек, определенных заданной системой координат. Сканеры собирают точечные измерения в декартовой системе координат реальных объектов для формирования облака точек, которое затем можно преобразовать в 3D-сетку или модель.

Преобразование данных сканирования в объектно-ориентированную 3D-модель производится в три этапа [5]:

- сканирование объекта с различных позиций несколькими сканерами;

- объединение данных с нескольких станций сканирования на этапе постобработки;
- создание модели объекта с помощью САПР с привязкой облака точек.

Следует уточнить, что на этапе сканирования, помимо информации о том, какие элементы следует захватить, также необходимо обозначить уровень детализации, на котором должна собираться информация. Во время данного процесса ряд целей будут использоваться для оказания помощи в постобработке [5]. Эти цели нужны, чтобы обеспечить как минимум три общие точки отсчета сканеров (рис. 3). За счет этого достигается соединение текущей точки с ее предыдущим образом сканирования. В дальнейшем, данные образы обрабатываются в САПР и сшиваются друг с другом, формируя единое представление сканируемого объекта.

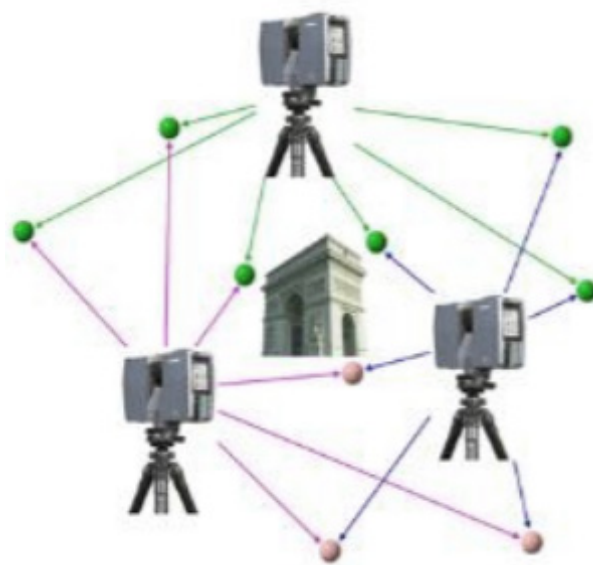


Рис. 3. Связь трех точек

Облака BIM

Концепция облачного ПО в рамках BIM-системы сводится к созданию единого информационного центра, обеспечивающего процесс управления строительным объектом на протяжении всего жизненного цикла. Данный процесс реализуется за счет ряда возможностей.

Одной из них является контроль документов и моделей. Для каждого пользователя создается отдельный сервер, на котором хранятся данные и BIM-модели по каждому строительному объекту. Данные организуют таким образом, чтобы была возможность поддерживать актуальность информации в любой момент времени. Также стоит отметить, что ряд облачных ПО, кроме хранения данных, обеспечивают проверку и согласование документов.

Через информационный центр реализуется координация действий большого числа специалистов. Это достигается за счет построения связей между участниками таким образом, что каждая проектная группа работает в рамках предписанных процессов, своевременно предоставляя отчеты по проделанной работе. Исходя из отчетов, руководители вносят корректировки, если необходимо, в календарно-сетевые графики, которые позже обновляются на облачном сервере.

Облачные ПО, как правило, предусматривают возможность просмотра, сортировки и фильтрации атрибутивных характеристик строительных объектов. По итогам поиска создается отчет, который позволяет незамедлительно принять меры, направленные на устранение потенциальных рисков при их выявлении.

В облаке так же предусмотрена платформа просмотра 3D-модели с возможностью добавления примечаний и накладывания дополнительных слоев. Все внесенные изменения или заметки передаются проектным группам через внутрисетевые сообщения.

Ряд компаний, предлагающих свое облачное ПО, дополнительно реализует доступ к проектам через мобильные устройства с теми же возможностями, что имеются и в компьютерной версии. Это позволяет специалистам обмениваться проектной информацией, находясь прямо на строительном объекте.

Таким образом, облака BIM позволяют управлять информацией и процессами одной простой в использовании платформой. При этом, каждая организация, участвующая в проекте, контролирует доступ к своим данным,

сохраняя право собственности и устанавливая правила их использования другими участниками.

Внедрение BIM

«В наиболее развитых городах или промышленных центрах, где уже довольно много чего построено, на первое место выходят задачи не создания новых, а реконструкции и реставрации имеющихся зданий и сооружений, а также их эксплуатации» [6].

Для Тюмени, как для динамично развивающегося города, данные слова являются актуальными. На момент написания статьи принята к рассмотрению новая концепция в организации работ при капитальном ремонте, на основе BIM технологий, которая кардинально меняет принципы работы исполнителей.

Рассмотрим возможности BIM-технологий при осуществлении капитального ремонта жилых зданий.

Жизненный цикл объекта капитального ремонта можно условно разделить на следующие этапы:

- обследование объекта ремонта;
- проектирование;
- строительные-монтажные работы;
- эксплуатация;
- вывод из эксплуатации.

BIM-технологии способны охватить каждый этап из приведенного списка.

Обследование объекта в рамках информационного моделирования подразумевает проведение лазерного сканирования с последующим формированием 3D-модели. Далее модель передается проектной группе, которая насыщает её дополнительной информацией: сроками выполнения ряда задач по строительным-монтажным работам и выделенными для этого ресурсами

На этапе строительного-монтажных работ одним из приоритетов является выполнение работ в соответствии с проектным планом. Под этим подразумевается обеспечение контроля за реализацией работ по отдельным объектам в установленные сроки, за правильным распределением ресурсов, за организацией взаимодействия ряда документов и доступа к ним. Поэтому прикладное преимущество BIM лучше всего рассмотреть на примере решения данных вопросов.

Контроль сроков проведения работ

В рамках BIM-технологий этот вопрос решается за счет формирования 4D-модели. Данная модель способна обеспечить отображение дополнительных показателей в виде информации о сроках проведения работ поэтапно. Эти данные добавляются в облаке BIM в виде атрибутивных характеристик поставленных задач, на основании которых будут осуществляться строительные-монтажные работы.

Говоря об информации, связанной со сроками проведения работ, необходимо конкретизировать, какие именно временные показатели имеются в виду:

- планируемое начало/окончание работ;
- фактическое начало/окончание работ.

Исходя из данных характеристик, система будет контролировать соблюдение сроков проведения работ по всему жилому зданию в целом, включая возможность строительного контроля за отдельными частями объекта.

При капитальном ремонте работа с 4D-моделью также предполагает корректировку 3D-модели по мере решения поставленных задач. В данном случае речь идет об обновлении/добавлении ряда атрибутивных характеристик у объектов, с которыми были проведены строительные-монтажные работы по ремонту. Это необходимо для поддержания актуальности информации и облегчения будущих работ с данным жилым зданием на основе трехмерной модели.

Контроль распределения ресурсов

При проведении капитального ремонта каждый вид расходов должен быть обоснован. Другими словами, должны быть обеспечены грамотное распределение и контроль расходов финансовых ресурсов. Отслеживание приведенных показателей производится с помощью 5D-модели. За счет данного подхода реализуется возможность отслеживать затраты на каждом этапе работ и автоматически подсчитывать перерасход ресурсов при необходимости.

Система будет анализировать освоение выделенных ресурсов на основании плановой (EV — *Earned Value*) и фактической стоимости выполненных работ (AC — *Actual Cost*). Далее по формуле рассчитывается отклонение по стоимости (CV — *Cost Variance*) [7]:

$$CV = AC - EV$$

При $CV < 0$, наблюдается перерасход средств. В обратном случае – экономия бюджета. Данный показатель учитывает только денежные ресурсы, потраченные на выполнение работ.

Реализация 5D-модели невозможна без четырехмерной модели, т.к. любой учет денежных ресурсов проводится в рамках конкретной задачи. Таким образом, при работе с 4D- и 5D-моделями формируется целостное представление о ходе ремонтных работ и производится анализ, на основании которого принимаются решения о дальнейших задачах.

Контроль за организацией взаимодействия ряда документов

Данный вопрос решается за счет внедрения в использование облака BIM, которое, кроме моделей, описанных выше, содержит всю документарную информацию.

Все документы организуются в виде иерархических (древовидных) группировок объектов, с возможностью отображения переходов пользователя (рис. 4).

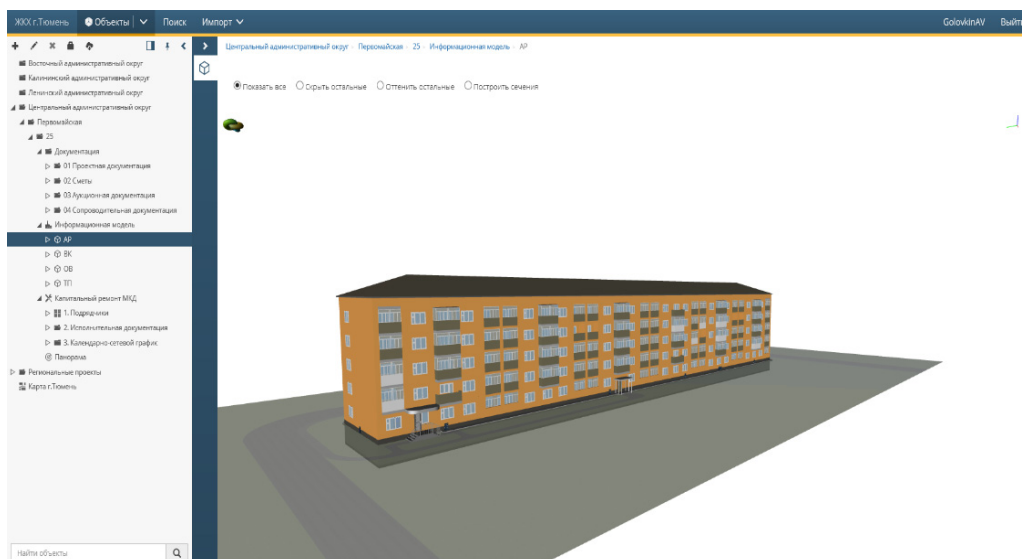


Рис. 4. Вариант реализации дерева объектов

Данная концепция предполагает формирование базы данных, в которой элементами являются документы. Таким образом, появляется возможность беспрепятственно переходить из одного файла в другой. А за счет того, что данная БД содержится на облачном ресурсе, обеспечивается удобный доступ абсолютно к любой информации в реальном времени

На этапе последующей эксплуатации объекта и вывода из эксплуатации работа ведется на основе 6D-модели. Данная модель дополняется информацией о функционировании оборудования на объекте, финансовых затратах на обеспечение комплексного управления и др. Подобный подход позволяет в значительной степени приблизиться к реализации концепции «Умный город».

Эффективность применения BIM

Переход к работе с BIM требует от подрядных организаций коренного переосмысления рабочей практики. Однако опыт зарубежных фирм показывает, что все первоначальные инвестиции в программное обеспечение и технологии, в обучение и развитии персонала оправдывают себя. Это наглядно отображено в *Таблицах 1, 2*. В них приведена информация по ряду факторов с процентным показателем. Данные получены из опроса подрядных организаций зарубежных стран [8].

Таблица 1. Показатели проектных преимуществ BIM

	Страны с наибольшим показателем		Общий показатель	Страны с наименьшей показателем	
Снижение ошибок и упущений	Южная Корея	Канада	41%	Германия	Франция
	63%	51%		19%	13%
Снижение доработок	США	Британия	31%	Канада	Германия
	40%	35%		15%	3%
Снижение стоимости строительства	Бразилия	Канада	23%	Южная Корея	Япония
	46%	33%		16%	13%
Сокращение сроков выполнения работ	Германия	Франция	19%	Канада	Южная Корея
	38%	35%		13%	10%
Повышение безопасности	Германия	Австралия	7%	Бразилия	США
	22%	16%		3%	2%

Таблица 2. Показатели производственных преимуществ BIM

	Страны с наибольшим показателем		Общий показатель	Страны с наименьшей показателем	
Взаимодействие с заказчиками/ проектными группами	Южная Корея	Канада	41%	Германия	Франция
	63%	51%		19%	13%
Контроль ресурсов	США	Британия	31%	Германия	Канада
	40%	35%		3%	15%
Сокращение времени рабочих процессов	Бразилия	Канада	23%	Южная Корея	Япония
	46%	33%		16%	13%
Сокращение времени согласования изменений с заказчиком	Германия	Франция	19%	Канада	Южная Корея
	38%	35%		13%	10%

Заключение

На сегодняшний день информационное моделирование является одним из самых передовых способов организации информации по строительным объектам. Данные технологии оптимизируют решения таких вопросов, как контроль за реализацией проектов в установленные сроки, правильное распределение бюджета и осуществление связи между различными системами.

Внедрение BIM-технологий в сферу капитального ремонта зданий обеспечивает автоматизацию ряда задач, а также переход к организации информации в цифровом формате.

Концепция BIM-технологий поднимает практику строительства на новый уровень, давая специалистам возможность для внедрения инновационных подходов при реализации проектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Eastman, Charles; and Others, An Outline of the Building Description System. – URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED113833.pdf> (дата обращения: 05.05.2019).
2. Vanessa Quirk, A Brief History of BIM, 2012. – URL: <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim> (дата обращения: 05.05.2019).
3. David Burczyk, Reasons to Implement BIM, 2018. – URL: <https://constructible.trimble.com/construction-industry/top-10-reasons-to-implement-bim> (дата обращения: 05.05.2019).
4. Robert Aish, Building modeling the key to integrated construction CAD, 1986. URL:https://www.researchgate.net/publication/320347623_Building_modeling_the_key_to_integrated_construction_CAD (дата обращения: 05.05.2019).
5. Duane Gleason, Laser Scanning for an Integrated BIM, 2013. – URL: <https://www.tekla.com/de/trimble-5d/laser-scanning-for-bim.pdf> (дата обращения: 05.05.2019).

6. Талапов В.В., BIM и ЖКХ: союз неизбежен, 2018. – URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=20067 (дата обращения: 05.05.2019).
7. Полковников А.В., Дубовик М.Ф., Управление стоимостью проекта: действия менеджера и команды. – URL: <https://www.cfin.ru/management/finance/capital/valman.shtml> (дата обращения: 05.05.2019).
8. McGraw Hill Construction, SmartMarketReport The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets, 2014. – URL: https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf (дата обращения: 05.05.2019).
9. Dr. Peter Smith, BIM implementation – global strategies, University of Technology Sydney, Creative Construction Conference 2014. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814019419> (дата обращения: 05.05.2019).
10. NBS, National BIM Report 2017. – URL: <https://www.thenbs.com/knowledge/nbs-national-bim-report-2017> (дата обращения: 05.05.2019).
11. Erin Green, What is Building Information Modeling. – URL: <https://www.engineering.com/BIM/ArticleID/11436/BIM-101-What-is-Building-Information-Modeling.aspx> (дата обращения: 05.05.2019).
12. Король М.Г., Внедрение BIM в РФ на уровне отрасли: технологические, психологические, социальные, и даже политические аспекты появления новых сводов правил, 2017 – URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19037 (дата обращения: 05.05.2019).
13. Group of companies NEOLANT. – URL: <http://www.neolant.com> (дата обращения: 05.05.2019).