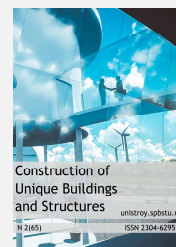




Construction of Unique Buildings and Structures



Взаимосвязь BIM-сценариев в рамках инвестиционно-девелоперского проекта

С.А. Кривой ^{1*}, А.И. Сёмин ², А.В. Попов ³, Б.О. Бебякин ⁴

^{1,4} Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

^{2,3} ООО «СибТехПроект», 634034, г. Томск, ул. Кулёва, д. 24

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	ИСТОРИЯ	КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
doi: 10.18720/CUBS.65.2	Подана в редакцию: 17.12.2017	Информационное моделирование зданий; BIM-сценарии; инвестиционно-девелоперский проект; управление проектами; жизненный цикл объекта;

АННОТАЦИЯ

Технология BIM как управление информацией о жизненном цикле объекта на основе его модели применяется в рамках тех или иных BIM-сценариев — процессов применения технологии BIM для конкретных целей инвестиционно-девелоперского проекта (ИДП). При отсутствии связей между BIM-сценариями в рамках одного ИДП нарушаются технологические процессы, теряется производительность, часть работ выполняется впустую. Отсутствие связей объясняется недостаточной изученностью многообразия BIM-сценариев и неопределённостью границ этого многообразия. В исследовании даётся классификация BIM-сценариев с системой их шифрования в ключе видов работы с информацией, а также этапов и дисциплин проекта. На примере жилого квартала описываются возможные BIM-сценарии, после чего они объединяются в карту сценариев данного проекта, на основе которой составляется общий BIM-сценарий проекта со всеми возможными связями. Делается вывод о применимости описанного алгоритма при планировании ИДП. Дальнейшие исследования направляются на обобщение и формализацию данного алгоритма.

Содержание

1.	Введение	21
2.	Методика	22
3.	Результаты и обсуждение	33
4.	Заключение	35

Контактная информация:

- 1* +7(911)9506478, sergeykrivoy@list.ru (Кривой Сергей Александрович, студент)
 2 +7(906)9479355, syomin.msk@gmail.com (Сёмин Алексей Игоревич, Директор по развитию)
 3 +7(926)6854385, alexandrp1902@gmail.com (Попов Александр Витальевич, BIM-директор)
 4 +7(921)5715860, Bebyakinb@gmail.com (Бебякин Борис Олегович, студент)

1. Введение

1.1. BIM-сценарии и актуальность их исследования

Информационное моделирование зданий (англ. BIM — *Building Information Modeling*) в широком смысле является технологией управления жизненным циклом объекта строительства (далее — ЖЦО) на основе его информационной модели [1], или технологией управления информацией об объекте. Управление подразумевает все виды работы с информацией: сбор, формирование, анализ, обмен и материальное воплощение. Каждый из этих видов работ может выполняться на любом этапе ЖЦО: планирование, проектирование, подготовка к строительству, строительство, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, реконструкция и снос. Также каждый из этих видов работ может выполняться над любой частью строительного объекта: генеральным планом и наружными инженерными системами; архитектурной частью, конструкциями и внутренними инженерными системами. Каждое сочетание вида работы с информацией, этапом ЖЦО и частью объекта в международной практике называется BIM-сценарием (англ. *BIM Use*) [2, 3]. BIM-сценарии, т. е. процессы применения информационного моделирования зданий для конкретных целей проекта, зависят один от другого: например, чтобы воплотить информацию (произвести элементы объекта на заводе, смонтировать на строительной площадке, заменить при эксплуатации и т. д.), нужно её сначала собрать или сформировать (отсканировать существующие условия или смоделировать новые элементы), затем проанализировать (провести координацию данных, рассмотреть симуляцию процессов, согласовать данные). При всех этих процессах также происходит постоянный обмен информацией (её визуализация, схематизация, документирование, преобразование из одних форматов в другие).

Важным фактором является не только последовательность BIM-сценариев, но и соблюдение требований к обрабатываемой в каждом из них информации: её структурированности, актуальности, объёму. Таким образом, применение BIM-сценариев и информационное моделирование в целом представляет собой комплексную, ещё мало изученную систему человеческой деятельности, интересную тем, что она приносит большой экономический, экологический и социальный положительный эффект [4]. Повышается качество, т. е. степень востребованности, документации, выполнения работ, обслуживания.

Малоизученной является в том числе взаимосвязь BIM-сценариев между собой, и из этого рождается одна из основных проблем внедрения и применения технологии BIM в организации: невозможно качественно внедрить какой-либо процесс, на котором остановила свой выбор организация, если не определить и не внедрить другие процессы, от которых он зависит. Наиболее распространённый пример: попытка внедрить BIM на этапе проектирования без понимания того, как информация будет использоваться на следующих этапах. Конечно, в любом случае качество выпускаемой документации становится выше за счёт большей детализации и меньшего количества коллизий (если говорить про реальное использование BIM, а не имитацию в маркетинговых целях). Однако если при этом результат проектирования не используется в полной мере, часть выгоды пропадает. Как правило, это приводит к тому, что BIM становится обузой для девелопера, а не средством повышения производительности, так как подразумевает гораздо больший объём информации и более сложные инструменты для её обработки, чем при классической реализации и передаче документации.

1.2. Анализ современного состояния применения BIM-сценариев

Изученность, проработка и применяемость отдельных BIM-сценариев во многом зависят от типа строительного объекта. Это связано с разной расстановкой приоритетов (уровень безопасности эксплуатации, уровень экологического влияния), разным финансированием (государственные, коммерческие объекты), разным назначением (промышленные, гражданские, транспортные, гидротехнические здания и сооружения), разными компьютерными программами, применяемыми при проектировании и эксплуатации, и т. д. Например, для общественных зданий и сооружений, таких, как детские сады, школы, бизнес-центры, стадионы, в связи с их высокой распространённостью и относительно малым периодом от планирования до начала эксплуатации технология BIM на этапе проектирования начала применяться гораздо раньше, чем в мостостроении, атомном или гидротехническом строительстве [5, 6]. С другой стороны, в связи с большой ответственностью объектов энергопромышленного комплекса появление BIM на этапе их эксплуатации началось гораздо раньше, чем, например, жилых зданий [7]. Тогда как BIM на этапе строительства проще всего применять и изучать как раз при возведении последних, что и происходит в настоящее время. Необходимо принять во внимание и различия инструментов BIM, связанные с историческим развитием той или иной строительной отрасли.

Общие проблемы использования BIM затрагиваются во многих исследованиях. В частности, результаты довольно обширного опроса по применению BIM на протяжении ЖЦО показали, что более

70% участников не передают модель для эксплуатации [7]. Причиной тому видится ранняя стадия развития BIM. В основном авторы говорят о малом понимании технологии, об отсутствии единых стандартов, методик и т. д. [8, 9]. О проблемах же того, как связать между собой все процессы для выявления максимального эффекта и тем самым обеспечить единство целей использования модели, говорится меньше. В основном пока это только западные и китайские исследования. В частности, проблема интеграции единой модели на всех этапах ЖЦО поднимается в работе [10]. Авторы вводят для каждого крупного этапа (проектирование, строительство и эксплуатация) отдельную категорию модели, анализируют эти категории и предлагают свою структуру для интеграции их друг с другом. Своя структура сценариев использования BIM, основанная на более ранних исследованиях, предлагается и в работе [11]. Важно отметить, что авторы указывают с помощью неё на перспективные возможности развития BIM. В исследовании [12], в котором также приводится схема управления информацией о проекте, обобщают эту мысль: любая схема никогда не будет завершена, но должна эволюционировать по мере развития технологии. Иные структуры приводятся и в других исследованиях, например, в исследовании [13], авторы которого отталкиваются от количеств измерений модели (т. е. этапов использования информации, аналогичных этапам ЖЦО).

В исследовании [14] говорится о более практической стороне вопроса и показывается, что одним из основных ключей к интеграции данных является облачный сервис. К таким же выводам приходят авторы в работе [15], указывая ещё и на особую роль партнёрских отношений при ведении инвестиционно-девелоперского проекта (далее ИДП).

В русскоязычной среде BIM-сценарии рассматриваются только в статьях публицистического типа, например, в блоге И.В. Емельянова [16]. В статье изложен и проанализирован подход, описанный в работе [3]. В статье А.В. Попова, одного из соавторов настоящего исследования, рассматривается несколько примеров BIM-сценариев и делается вывод о том, что столь редкое применение моделей на этапах, следующих за проектированием, обусловлено отсутствием удобных инструментов [17].

Что касается актуальности настоящей статьи, несмотря на предлагаемые структуры и схемы применения BIM, не выявлено исследований, которые бы классифицировали BIM-сценарии до той степени детализации, на которой полностью понятны используемые процессы и инструменты. Если же детализировать и связывать таким образом все применяемые в рамках ИДП сценарии, то можно прийти к максимальной интеграции его участников и моделей.

1.3. Цель и задачи исследования

Цель исследования — разработать систему взаимосвязи процессов применения технологии BIM (BIM-сценариев) в рамках инвестиционно-девелоперского проекта.

Задачи, решаемые в ходе исследования:

1. анализ существующих методик определения, классификации и взаимосвязи BIM-сценариев;
2. доработка классификации BIM-сценариев, представляющей возможность их взаимосвязи;
3. подбор BIM-сценариев на конкретный пример ИДП и формирование общего сценария, отражающего их зависимости;
4. формирование системы взаимосвязи на основе разработанного примера;
5. обозначение хода дальнейших исследований в данном направлении.

2. Методика

2.1. Классификация BIM-сценариев

За основу классификации разумно взять деление BIM-сценариев по видам работы с информацией, изложенное в документе [3], так как его авторы провели достаточно глубокое исследование на основе опыта 30 специалистов различных организаций и 550 примеров использования технологии BIM. В документе выделены 5 категорий BIM-сценариев, соответствующие сбору, формированию, анализу, обмену и воплощению информации, касающейся объекта строительства. В каждой из категорий выделены 3-4 подкатегории BIM-сценариев, соответствующих подвидам работы с информацией. Краткие пояснения по каждой категории и подкатегории приведены в Табл. 1 (в скобках приведены оригинальные термины).

Таблица 1. Виды и подвиды работ с информацией об ИДП [3]

№ п/п	Категория / подкатегория BIM-сценарий	Описание и примеры
1	Сбор информации (Gather) — сбор, отбор и систематизация информации об объекте	Собирается, структурируется и систематизируется информация об объекте, происходит подсчёт конкретных величин и определение текущего статуса элемента при управлении его работой. Но не определяется значение и не делаются выводы о значении собранной информации. Часто этот сценарий является первым этапом комплексной серии процессов, связанных с BIM.
1.1	Ввод данных (Capture) — предоставление и сохранение текущего состояния объекта и его элементов	Используется для сбора геометрических и атрибутивных данных об объекте: об элементах участка до разработки нового объекта или об условиях существующего объекта до его реконструкции. Данные могут быть записаны с помощью лазерного сканера или путём ручного ввода. Главное, что данные фиксируются там, где ранее не было данных. Но они являются не новообразованной информацией, а записью существующих элементов объекта.
1.2	Подсчёт данных (Quantify) — измерение количественных характеристик об элементах объекта	Часто используется как часть процесса оценки и прогнозирования затрат. На этапе проектирования количество может быть определено в неоднозначно, представлено диапазоном и изменено. На этапе строительства величины становятся более определёнными. На этапе эксплуатации количество элементов можно вычислить: например, объём покрытия дороги, подлежащего замене, или площадь, доступная для аренды.
1.3	Контроль данных (Monitor) — сбор информации (наблюдение) о работе элементов и систем объекта	Применяется для понимания работоспособности отдельных элементов или процессов объекта. Например, на этапе эксплуатации BIM может использоваться для контроля температуры помещения — для этого данные системы автоматизации зданий должны быть интегрированы с данными модели. Во время строительства BIM может использоваться для мониторинга производительности процесса строительства — для этого нужно, чтобы динамические данные в режиме реального времени собирались для принятия решений.
1.4	Идентификация данных (Qualify) — описание, идентификация состояния элементов объекта	Отслеживается статус элемента объекта: например, существует ли этот элемент внутри объекта, как он работает. Отслеживание происходит с течением времени. Например, на этапе проектирования определяется уровень детализации элемента. На этапе строительства определяется, изготовлен ли элемент, установлен ли он или повреждён. На этапе эксплуатации собирается информация о гарантии на элемент, дотянет ли элемент до окончания срока эксплуатации.
2	Формирование информации (Generate) — разработка, создание информации об объекте	В течение ЖЦО почти каждая дисциплина, связанная с объектом, формирует информацию о нём. Данный BIM-сценарий определяет, где и кем BIM используется для создания информации об объекте. На этапе проектирования основным источником информации является проектная группа, на этапе строительства — субподрядчики. На этапе эксплуатации информация формируется теми, кто поддерживает объект (при его обновлении и изменении).
2.1	Назначение данных (Prescribe) — определение потребности и выбор конкретных элементов объекта, которые нужно разместить	Используется, когда определяется необходимость конкретного элемента объекта. Технолог или архитектор могут предписывать необходимость в определенных помещениях или зонах объекта. Инженер ОВ может предписывать необходимость в конкретной системе ОВК. Подрядчик может определить потребность во временных элементах площадки, таких как башенный кран. Управляющий объектом может предписать конкретную заменяющую деталь.
2.2	Размещение данных (Arrange) — определение координат и расположения элементов объекта	Включает задачи, в которых определяется местоположение или конфигурация элементов объекта. На этапе планирования это может быть взаимное расположение конкретных помещений в рамках предлагаемого объекта. На этапе проектирования это может быть общее расположение противопожарных трубопроводов. На этапе строительства — например, размещение креплений, которые поддерживают этот трубопровод. На этапе эксплуатации может применяться для определения размещения мебели.
2.3	Определение размеров (Size) — определение величины и масштаба элементов объекта	Используется, когда назначается величина элемента объекта. Во время проектирования речь может идти о размерах пространств, форме стальной балки или размерах воздуховода. Во время строительства — о размере крана или толщине изоляции трубопровода. Во время эксплуатации диспетчеры предприятий регистрируют размер запасных частей или модификаций объекта.

№ п/п	Категория / подкатегория BIM-сценарий	Описание и примеры
3	Анализ информации (Analyze) — изучение, оценка элементов объекта для лучшего понимания	Элементы объекта требуют дополнительного анализа для определения их целесообразности. Данный BIM-сценарий включает процессы, в которых проводится методическое исследование элементов объекта. В этих процессах данные часто берутся из того, что было собрано или сформировано, а затем переведено в формат, подходящий для принятия решений.
3.1	Координация данных (Coordinate) — обеспечение точности и соответствия взаимосвязанных элементов объекта	Часто называется координацией проектирования или проверкой, предотвращением, управлением коллизиями (все элементы объекта должны работать совместно). Включает координацию проектных решений различных систем во время проектирования, координацию производства и монтажа во время строительства или координацию операций во время ремонта. В целом этот BIM-сценарий гарантирует, что элементы объекта будут соответствовать друг другу, т. е. одновременно были проанализированы все различные системы.
3.2	Симуляция процессов (Forecast) — прогнозирование будущей работы объекта и его элементов	Проводится детальный анализ для прогнозирования будущей работы объекта и его элементов. Следует учитывать главным образом финансовые, энергетические, потоковые, сценарные и временные факторы. Финансовое прогнозирование включает в себя оценку себестоимости строительства, а также стоимость всего ЖЦО. Прогнозирование энергии показывает будущее потребление энергии. Прогнозирование расхода показывает, например, потоки воздуха (в частности с использованием CFD) или циркуляцию пассажиропотоков. Прогнозирование сценариев показывает производительность объекта во время чрезвычайных ситуаций, таких как пожар, наводнение, эвакуация и другие. Временное прогнозирование показывает эффективность объекта с течением времени для понимания ухудшения эксплуатационных характеристик здания и сроков замены элементов.
3.3	Согласование данных (Validate) — проверка, подтверждение точности информации об объекте	Проверяется целевая информация об объекте для обеспечения её логичности и обоснованности. BIM-сценарий делится на три основные области проверки: назначение правил, работоспособность и подтверждение соответствия. Проверка назначения гарантирует, что объект имеет элементы, которые были указаны и запланированы. Цель проверки работоспособности заключается в том, чтобы гарантировать, что объект является конструктивно пригодным, ремонтнопригодным и пригодным для использования. Также определяется, будет ли объект выполнять функцию, для которой он был разработан. Подтверждение соответствия показывает соответствие объекта стандартам, включая строительные нормы и другие. Вся информация об объекте, которая была разработана в других процессах, проверяется на точность.
4	Обмен информацией (Communicate) — предоставление информации об объекте в виде, позволяющем использовать её совместно	Часто является последним этапом многих других процессов — для передачи информации к её следующему пользователю. Этот BIM-сценарий является одним из самых ценных. Он улучшает общение и сокращает транзакционные издержки. Кроме того, передача данных часто является побочным продуктом процессов для выполнения других BIM-сценариев.
4.1	Визуализация данных (Visualize) — формирование реалистичного представления об объекте и его элементах	Включает формирование представления об объекте или его элементах. Визуализация может быть очень реалистичной и детализированной по своему характеру. Часто используется для принятия решений о проектировании или строительстве объекта, а также в целях маркетинга. Может включать в себя пошаговые руководства, визуализацию модели и визуализацию графика строительства. Тот факт, что визуализация является побочным продуктом других BIM-процессов, позволяет делиться информацией об объекте более эффективным образом с меньшим количеством дополнительных усилий.
4.2	Преобразование данных (Transform) — изменение информации и её передача для использования в других процессах	Часто информация об объекте должна быть переведена из одной формы представления в другую, чтобы её можно было получить и использовать в другом процессе. Этот перевод, или преобразование данных, позволяет осуществлять взаимодействие между различными системами. BIM-сценарий также позволяет текущим системам использовать унаследованные данные, буферизировать данные, участвовать в разработке стандартных отраслевых форматов. Часто эти преобразованные данные хранятся в виде, в котором они не взаимодействуют с человеком, а читаются компьютером.

№ п/п	Категория / подкатегория BIM-сценарий	Описание и примеры
4.3	Схематизация данных (Draw) — создание символического представления об объекте и его элементах	Улучшает разработку чертежей, включая детализацию и аннотирование. Чертежи разрабатываются в параметрическом режиме. При обновлении модели обновляются соответствующие чертежи и листы. Всегда, когда символическое представление разрабатывается из интеллектуальной модели, оно считается чертежом: сюда входят изометрические, однолинейные схемы, рисунки и все другие символические представления.
4.4	Документирование (Document) — запись информации, необходимой для точного определения объекта и его элементов	Создание записи данных об объекте в текстовом или табличном формате. Сюда входят процессы, которые необходимы для точного определения элементов объекта. Результат этого BIM-сценария часто включает спецификации, техническую документацию, графики разработки и другие виды отчётности об объекте.
5	Воплощение информации (Realize) — создание физического объекта и управление им на основе информации	BIM способствует автоматизированной разработке физических элементов объекта. Этот BIM-сценарий даёт возможность производить, монтировать, контролировать и регулировать элементы объекта. Именно эти возможности в конечном итоге могут привести к повышению производительности как строительства, так и эксплуатации объектов: автоматизированной строительной площадке и автоматизированному управлению объектами.
5.1	Производство деталей (Fabricate) — использование информации об объекте для изготовления его элементов	Процессы, в которых информация о объекте напрямую используется для изготовления его элементов. Например, информация об объекте может использоваться для непосредственного изготовления конструкционных стальных профилей с помощью ЧПУ или непосредственного изготовления воздуховодов и обрезанных трубопроводов. На этапе проектирования BIM может использоваться для быстрого создания прототипов будущих элементов объекта. На этапе эксплуатации — для быстрого изготовления запасных частей.
5.2	Монтаж деталей (Assemble) — использование информации об объекте для объединения его отдельных элементов	Возможность предварительно собирать системы, которые изначально были раздельными. Например, системы навесных стен, энергетические сердечники, туалетные кабины.
5.3	Управление техникой (Control) — использование информации об объекте для управления работой строительного оборудования	Процессы, в которых информация об объекте используется для физического управления работой строительного оборудования. Например, использование информации об объекте для планирования будущей работы на площадке, такой как размещение стен или размещение закладных деталей в сборных панелях. Или использование информации об объекте для управления исполнительным оборудованием: определение области разбивки с использованием систем GPS, привязанных к экскаватору. Способность контролировать строительное оборудование может привести к созданию автоматизированной строительной площадки.
5.4	Управление деталями (Regulate) — использование информации об объекте при эксплуатации его элементов	Позволяет управляющему объектом оптимизировать свои операции. Например, информация, полученная от датчика температуры, используется для изменения расхода системы ОВК. Ключевым фактором процесса является то, что данные из модели привязаны к интеллектуальным системам мониторинга. Это позволяет системам принимать обоснованные решения. Этот BIM-сценарий может в конечном итоге привести к полностью автоматизированной эксплуатации объекта.

Помимо категорий и подкатегорий BIM-сценариев авторы документа [3] выделяют 4 основных их характеристики: элемент (часть) объекта, дисциплина (раздел) проекта, стадия (этап) проекта, уровень детализации элемента. Однако можно заметить, что первые 2 характеристики отвечают за пространственное деление объекта, а последние 2 — за временное деление проекта. Таким образом, их можно попарно объединить, не потеряв сути. Кроме того, данные характеристики деления ИДП во времени и пространстве являются ни чем иным, как следующими уровнями иерархии BIM-сценариев, идущими за видами и подвидами работы с информацией.

Опираясь на отечественную [18] и зарубежную [19] документацию, выделим 12 этапов ИДП (Табл.2).

Таблица 2. Этапы инвестиционно-девелоперского проекта [18, 19]

№ п/п	Название этапа	Шифр	Описание
1	Установочный этап	01	Определение видения проекта и средств для удовлетворения потребностей пользователя. Включает выбор площадки, факторы планирования, установление сроков, способ управления проектом, бюджет и определение необходимых ресурсов (проектирование, юристы, финансирование, страхование и т. д.).
2	Концептуальная проработка	02	Определение основных проектных идей в контексте планируемых результатов проекта, характеристик объекта, параметров его функционирования, расположения функциональных зон и заложения основных элементов проекта.
3	Эскизирование	03	Создание и уточнение схематичных эскизов основных элементов проекта — опорных конструкций, каркаса, интерьеров, вентиляционного и технологического оборудования, мебели, специального строительства и демонтажа, а также построения рабочих мест — которые полностью определяют пространственные и элементные критерии проекта в качестве основы проектирования.
4	Проектирование	04	Заложение средств удовлетворения требований пользователя с помощью технических решений, оценка альтернативы посредством стоимостного анализа или аналогичных процессов. Заканчивается прохождением экспертизы проектной документации.
5	Рабочее проектирование	05	Объединение проектных усилий со строительными путём интеграции конструктивного и технико-экономического обоснований проекта. Дальнейшая детализация зон, элементов и материалов, необходимых для закупки и выполнения работы, независимо от способа управления проектом.
6	Проведение тендеров	06	Отбор предложений на поставку деталей объекта, работы по их производству и монтажу.
7	Производство	07	Предварительное изготовление деталей объекта в заводских условиях.
8	Строительство	08	Реализация согласованного проекта посредством планирования строительства, монтажа конструкций и площадочных работ, фиксируемая протоколами обеспечения качества и контроля.
9	Ввод в эксплуатацию	09	Оценка завершённой работы посредством тестирования, инспекции и ввода в эксплуатацию (в том числе всего оборудования) для обеспечения соответствия критериев проектирования, эффективности в соответствии с применяемыми нормами и стандартами. Передача исполнительной документации от команды проектировщиков и строителей группе управления пользователем объектом, а также демонстрации, обучение и инструкции.
10	Эксплуатация	10	На этом этапе пользователь или арендатор занимает полезную площадь, управляет системами объекта, использует и обслуживает его, в т. ч. проводит ремонтные работы.
11	Реконструкция	11	Изменение параметров объекта (высоты, количества этажей, площади, объема) и его элементов, в т. ч. надстройка, перестройка, расширение объекта, а также замена или восстановление несущих строительных конструкций.
12	Снос	12	Заккрытие объекта, полный или частичный снос, выкуп, продажа или подобное действие, инициированное решением о том, что объект больше не удовлетворяет потребностям пользователя и не может быть реконструирован для дальнейшего использования этим владельцем.

Опираясь на принятые практики, например, документы [20, 21], выделим 5 дисциплин ИДП (Табл. 3). Каждая из дисциплин принципиально отличается технологическими процессами и используемыми инструментами.

Таблица 3. Дисциплины инвестиционно-девелоперского проекта [20, 21]

№ п/п	Название дисциплины	Шифр	Описание
1	Генеральный план	ГП	Разработка площадочных элементов объекта: земли, дорог, озеленения, благоустройства и т. д.
2	Наружные инженерные сети	НС	Разработка внутриплощадочных, внеплощадочных, магистральных инженерных сетей: водоснабжения и водоотведения, электрики, связи, газоснабжения и т. д.
3	Архитектура	АР	Разработка объёмно-планировочных элементов строительного объекта, помещений, интерьеров, фасадов и т. д.
4	Конструкции	КР	Разработка элементов каркаса: железобетонных монолитных и сборных, металлических, деревянных и т. д.
5	Внутренние инженерные сети	ИС	Разработка элементов внутреннего электроснабжения, водоснабжения, канализации, вентиляции, отопления, сетей связи, автоматизации, газоснабжения, пожаротушения и т. д.

Таким образом, если предположить, что участники проекта по каждой дисциплине на каждом этапе могут так или иначе использовать любой из видов работы с информацией, получим общую таблицу, представляющую классификацию BIM-сценариев (Рис. 1).

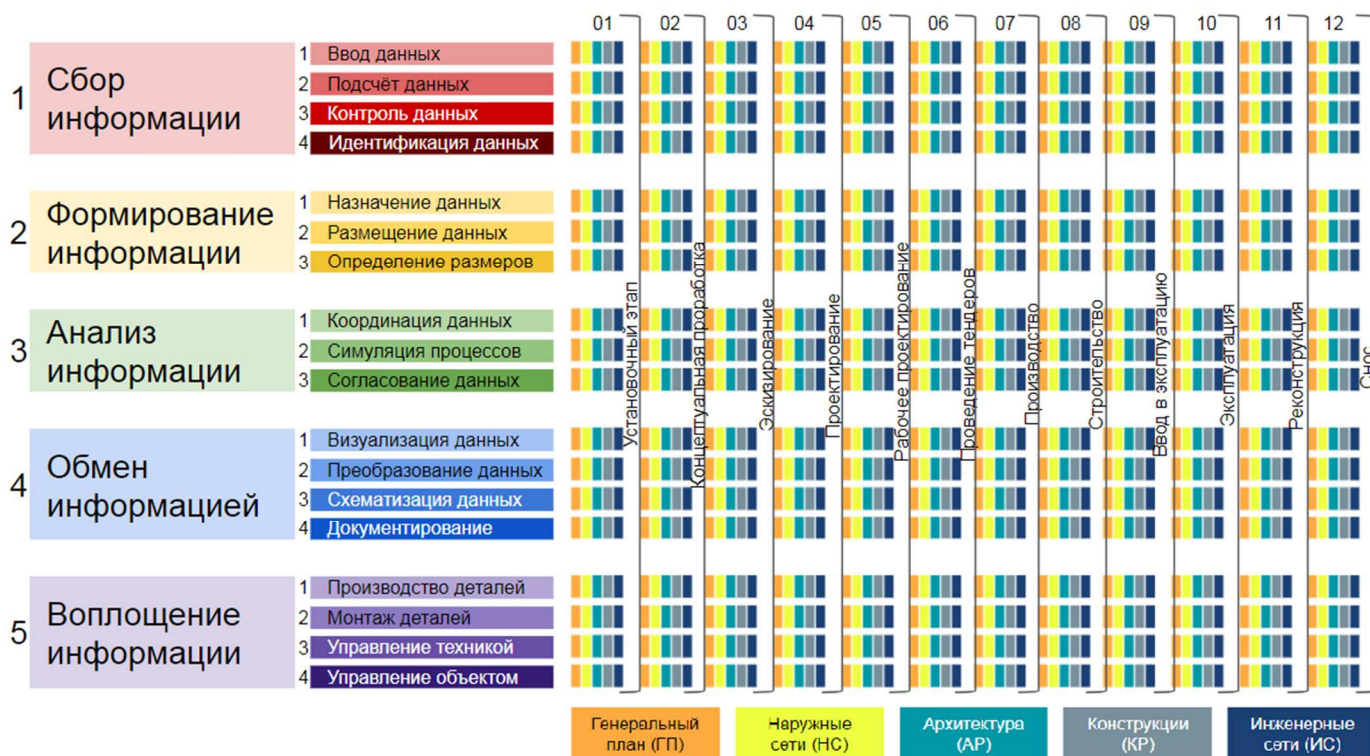


Рисунок 1. Общая классификация BIM-сценариев

Одна ячейка таблицы представляет собой один образцовый BIM-сценарий. Всего насчитывается около 1 тысячи ячеек.

На основе этой таблицы каждому BIM-сценарию (то есть каждой ячейке) может быть присвоен свой шифр, отражающий вид и подвид работ с информацией, этап и дисциплину. Например, шифр для сбора сведений о существующем рельефе на установочном этапе будет выглядеть так: 11-01-ГП.

Детализацию любого BIM-сценария нужно производить до тех пор, пока не станет полностью ясным процесс и инструмент его реализации. В связи с этим следует отметить 2 особенности предложенной классификации:

- с одной стороны, несколько BIM-сценариев могут быть объединены в один (если разработаны соответствующие процесс и инструмент их объединения), с другой стороны, какой-либо BIM-

сценарий может быть разделён на ещё более детальные BIM-сценарии (если для его реализации требуется несколько технологически не связанных процессов и инструментов). И тот, и другой случай отразится на шифре (объединение можно показывать символом "+", а номер при разделении прописывать через точку в конце);

2. некоторые из ячеек представляют в настоящий момент такие процессы и инструменты, о сути которых пока ничего неизвестно (например, размещение данных при производстве инженерных сетей), но которые могут открыться в будущем.

Вторая особенность важна тем, что позволяет оценить, сколько новых возможностей способна привнести технология BIM в реализацию ИДП (можно провести аналогию с периодической системой химических элементов Менделеева, разработанной ещё до открытия многих известных в настоящее время частиц, но изначально предусматривающей место для их классификации). Например, ещё несколько лет назад такие технологии, как 3D печать, не рассматривались в ключе BIM. Сейчас эти технологии интегрируются в строительную отрасль [22]. Классификация, на которой неисследованные возможности отсутствуют, приведена на Рис. 2 (видно, что их количество составляет около 20% от общего числа).



Рисунок 2. BIM-сценарии, о которых специалисты имеют представление в настоящее время

2.2. Система взаимосвязи BIM-сценариев на примере конкретного ИДП

В качестве примера рассмотрим ИДП в сфере жилого строительства: жилой квартал с разработкой генерального плана, благоустройства и некоторым количеством входящих в него зданий и сооружений. Выберем несколько BIM-сценариев, которые могла бы применять девелоперская организация при реализации данного ИДП. Каждому BIM-сценарию будем присваивать шифр в соответствии с предложенной классификацией, приводить графический пример процесса реализации и указывать основные применяемые инструменты (Табл. 4).

Таблица 4. Выбранные BIM-сценарии для ИДП жилого квартала

№ п/п	Шифр BIM-сценария	Описание BIM-сценария	Примеры инструментов
1	11-01-ГП+АР+НС	Сбор сведений о площадке с помощью GIS.	Autodesk Infraworks 360 (Рис. 3)
2	11-01+02-КР	Сбор сведений о грунтах, ветрах и сейсмике с помощью GIS.	ГИС Панорама [23]
3	11-01+02-ИС	Сбор сведений о климатических показателях с помощью GIS.	Gismeteo Web API [24]
4	11-02-ГП+АР	Сбор сведений о площадке с помощью лазерного сканирования и/или фотограмметрии [25, 26].	Лазерный сканер, беспилотный летательный аппарат и соответствующее программное обеспечение (Рис. 4)
5	12-01-ГП+АР	Перебор вариантов застройки площадки и подсчёт технико-экономических показателей.	Робот R1 (Рис. 5)
6	12-02-АР	Перебор вариантов объёмно-планировочных решений здания.	Autodesk Project Discover (Рис. 6)
7	22-03+04+05-АР+КР+ИС	Моделирование здания на едином сервере с непрерывной координацией [27].	Autodesk Revit [28]
8	31-03+04+05-АР+КР+ИС.1	Контроль изменений модели здания.	Autodesk BIM 360 Team (Рис. 7)
9	31-03+04+05-АР+КР+ИС.2	Поиск геометрических коллизий элементов модели здания.	Autodesk BIM 360 Glue [29]
10	33-04-АР+КР+ИС	Экспертная проверка модели здания.	Autodesk BIM 360 Docs (Рис. 8)
11	12-02+03+04+05+06+07-АР+КР+ИС	Расчёт стоимости здания [30].	BIM-COST (Рис. 9)
12	21-08-ГП+НС+АР+ КР+ИС	Планирование строительства.	Autodesk BIM 360 Plan [29]
13	13-08-ГП+НС+АР+ КР+ИС	Контроль выполнения строительных работ.	BIM-TIME (Рис. 10)
14	21-06-АР+ КР+ИС	Назначение поставщиков и подрядчиков [31].	BIM-TENDER (Рис. 11)
15	14-08-АР+ КР+ИС	Фиксация ошибок и проблем при строительстве.	Autodesk BIM 360 Field [29]
16	52-08-КР	Монтаж сборных элементов конструкций здания.	BIM-PCM (Рис. 12)
17	13-10-ИС	Мониторинг значений с датчиков оборудования.	Dasher 360 (Рис. 13)
18	41-01-ГП	Визуализация существующих условий площадки.	Lumion [32]
19	41-02+03-АР+КР+ИС	Визуализация концептуальных решений здания.	Autodesk 3Ds Max [33]
20	41-04+05-ГП+НС+АР+КР+ИС	Визуализация разрабатываемой модели площадки и здания.	V-ray for Autodesk Revit [34]
21	43-03+04+05-ГП+НС+АР+КР+ИС	Выпуск чертежей.	Autodesk Revit Dynamo [35]

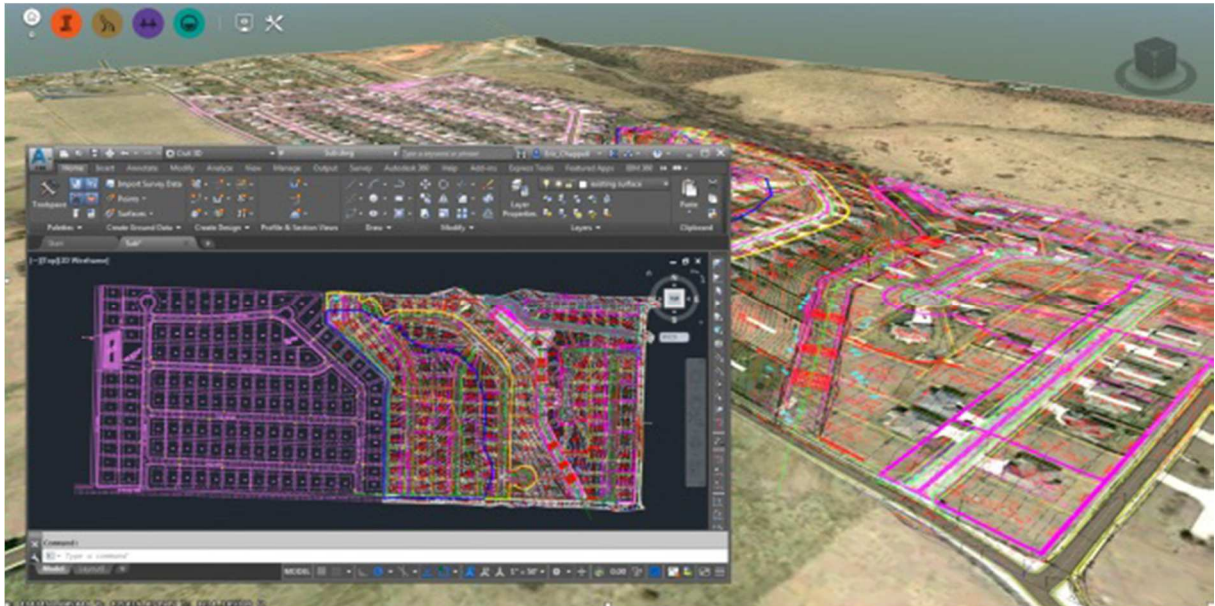


Рисунок 3. Модель рельефа в Autodesk InRoads 360 [36]



Рисунок 4. Принцип наземного лазерного сканирования [37]



Рисунок 5. Генерация вариантов застройки участка и подсчёт ТЭП с помощью Робота R1 (разработка ООО «ПИК-Проект») [38]

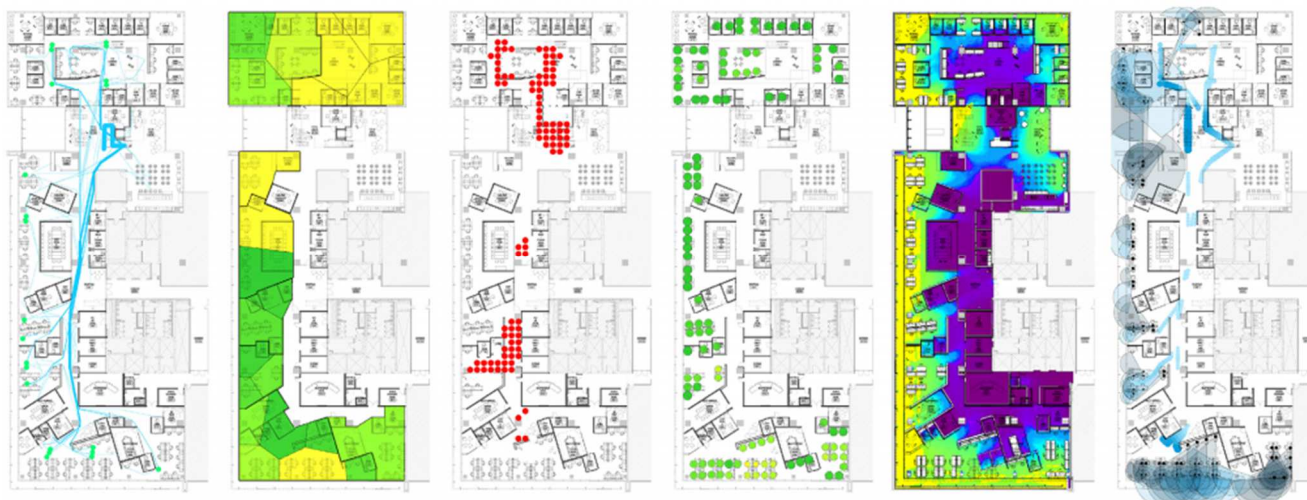


Рисунок 6. Перебор и анализ вариантов объёмно-планировочных решений здания в программе Autodesk Project Discover [39]

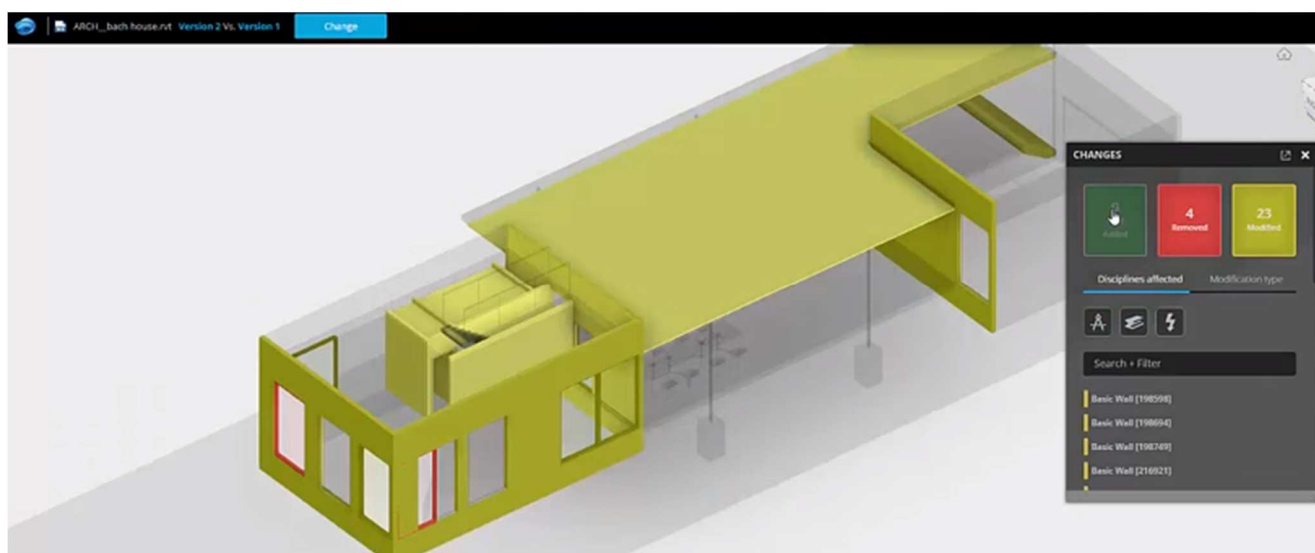


Рисунок 7. Проверка изменений модели в Autodesk BIM 360 Team [29]

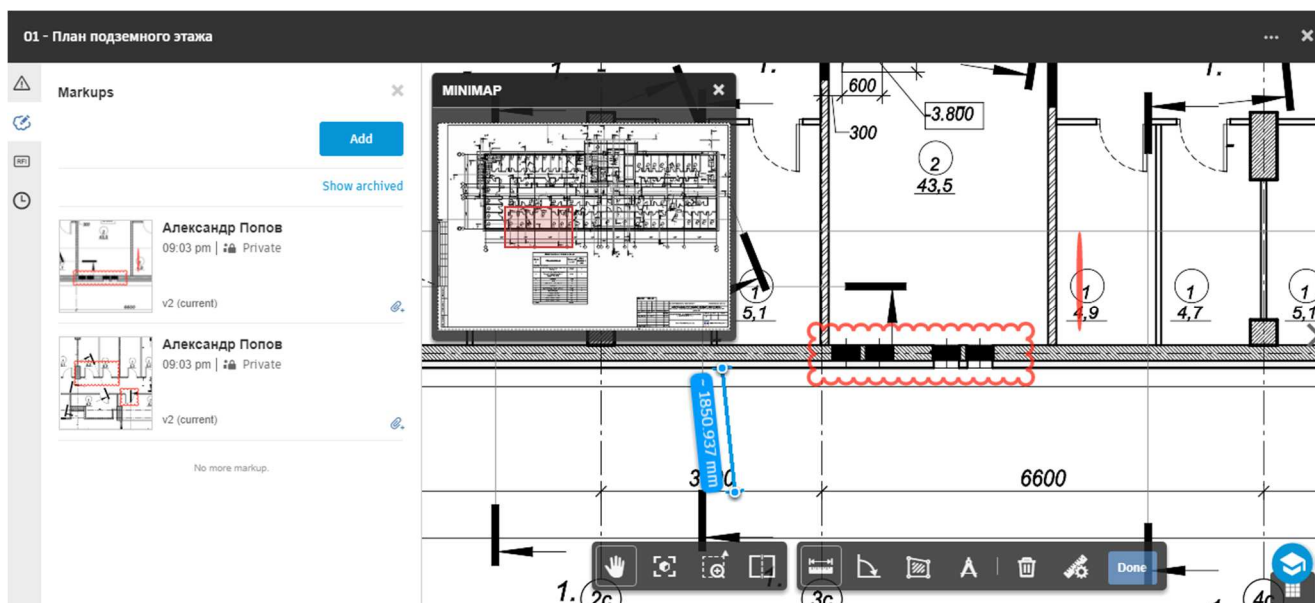


Рисунок 8. Согласование листов документации в Autodesk BIM 360 Docs [29]

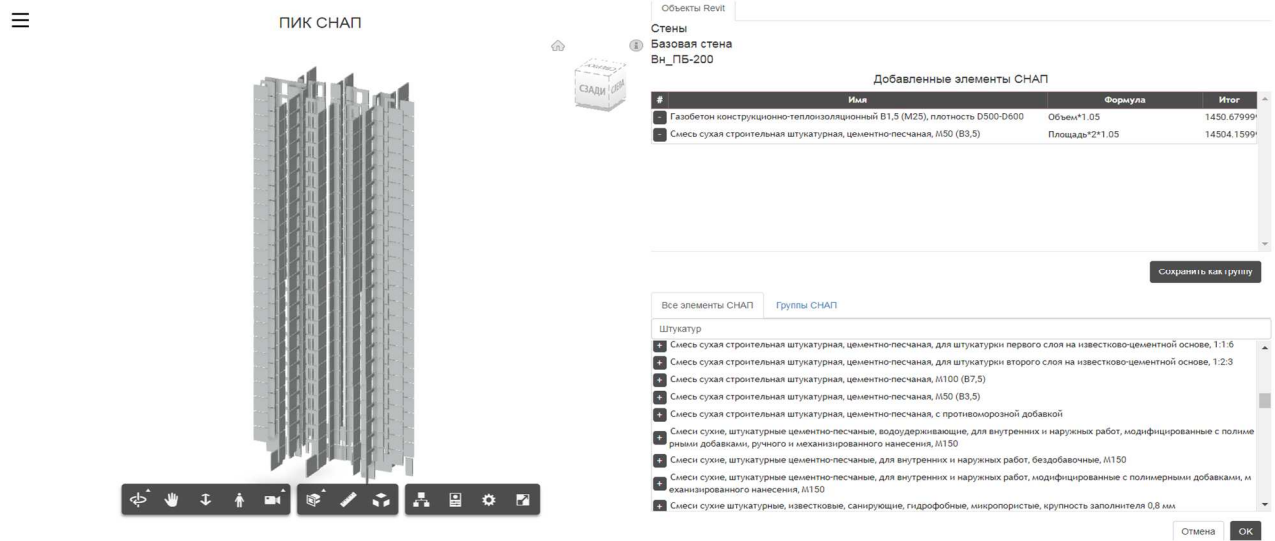


Рисунок 9. Расчёт стоимости (осмечивание) здания в BIM-COST (разработка ООО «ПИК-Проект») [17]

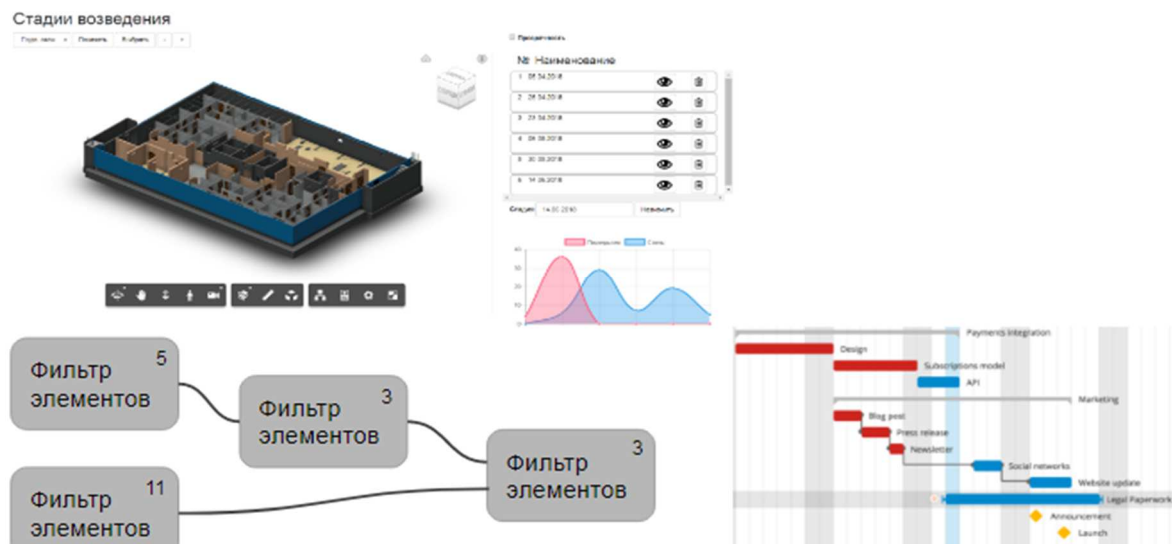


Рисунок 10. Контроль выполнения строительных работ в BIM-PLAN (разработка ООО «ПИК-Проект»)

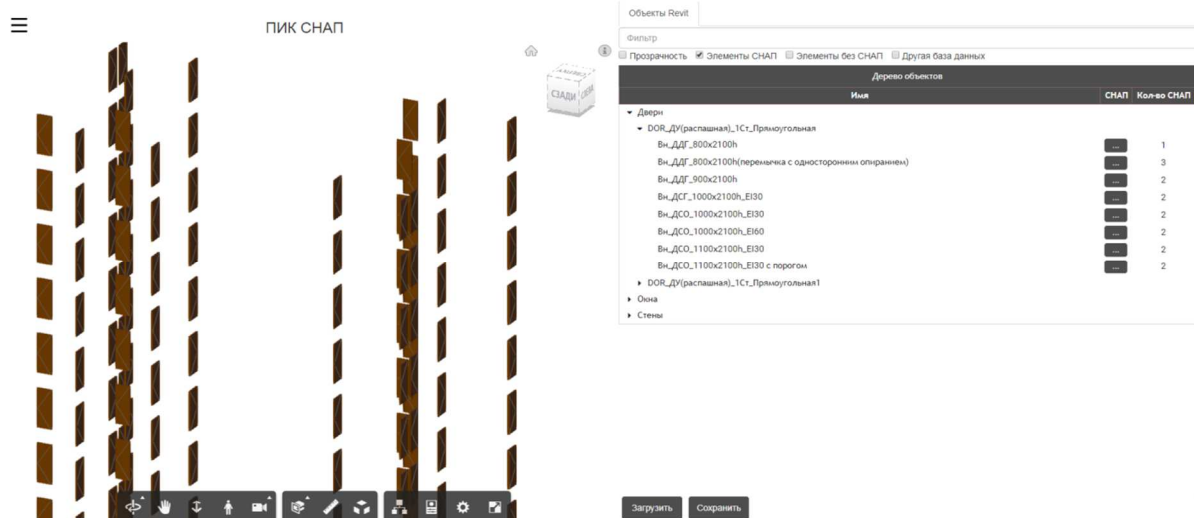


Рисунок 11. Назначение поставщиков и подрядчиков в BIM-TENDER (разработка ООО «ПИК-Проект»)

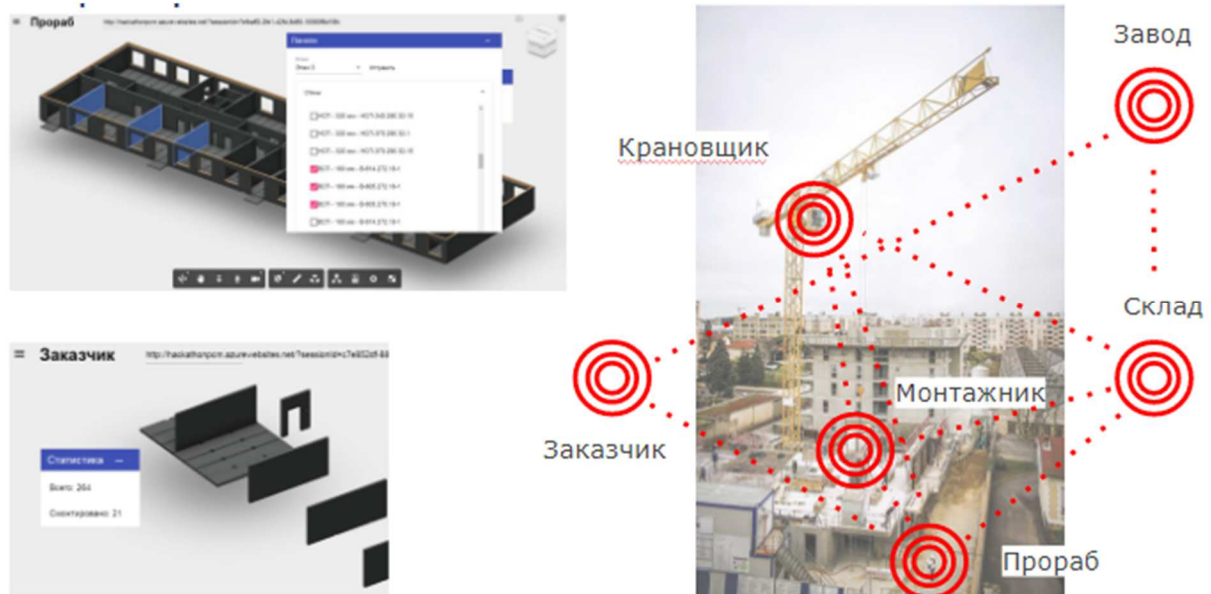


Рисунок 12. Схема монтажа сборных элементов конструкций здания с помощью BIM-PCM (разработка ООО «ПИК-Проект»)

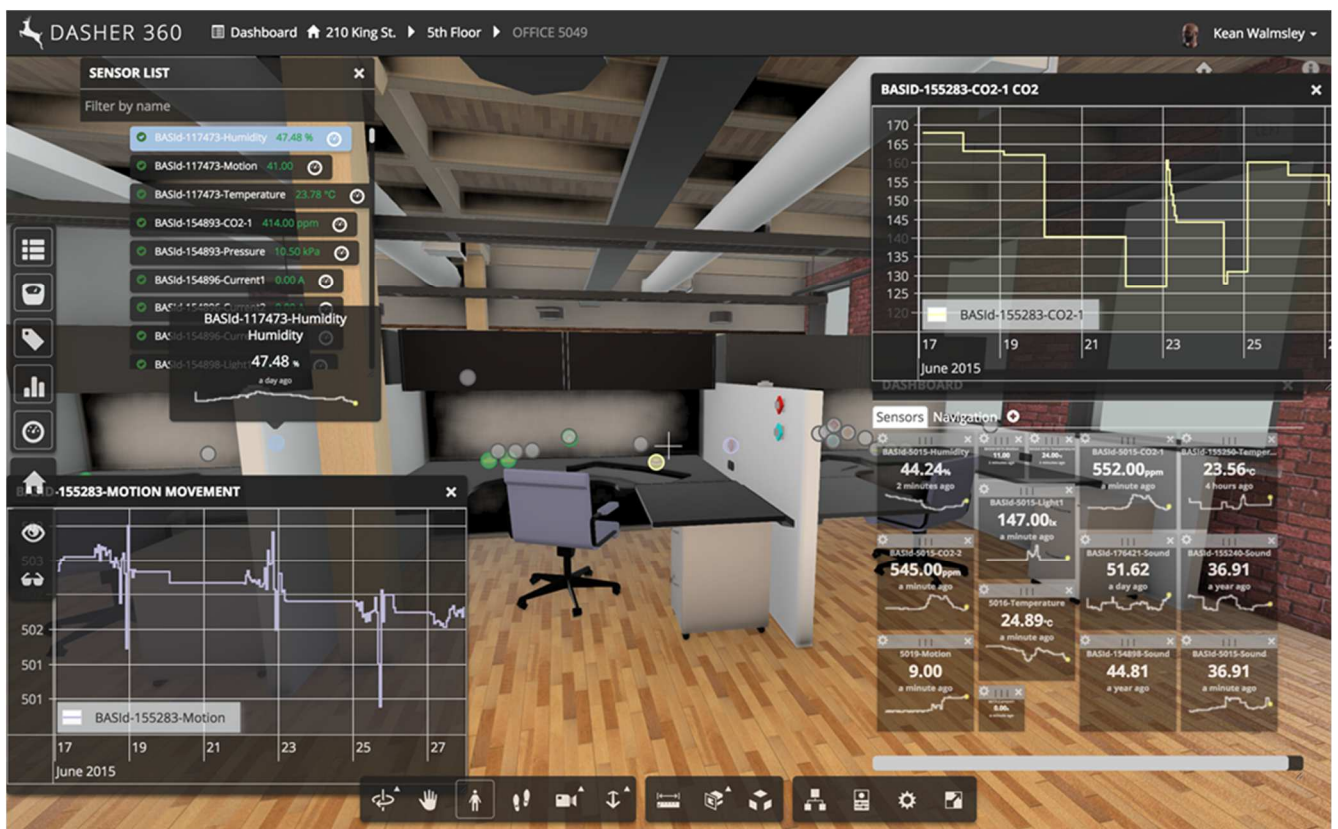


Рисунок 13. Мониторинг значений датчиков оборудования в Dasher 360 [40]

3. Результаты и обсуждение

Из выбранных сценариев сформируем карту BIM-сценариев ИДП (Рис. 14). Стрелками показано общее направление развития информации об элементах объекта, а значит и зависимость первых BIM-сценариев от последующих.

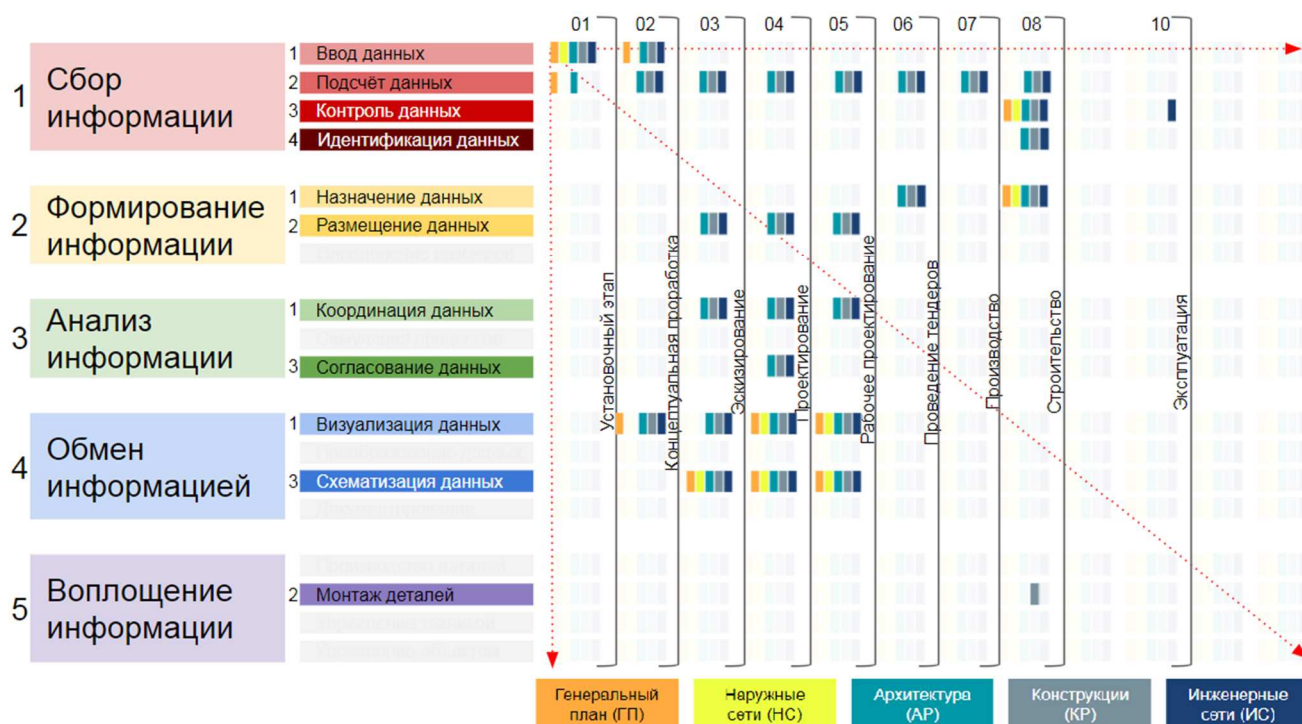


Рисунок 14. Карта BIM-сценариев для выбранного инвестиционно-девелоперского проекта

На основании карты, проанализировав требуемую и получаемую в процессе каждого BIM-сценария информацию, можно сформировать схему общего BIM-сценария ИДП (Рис. 15). Последний задаёт требования к используемым инструментам (программному обеспечению и техническим средствам) и информации об элементах модели. Данные требования рекомендуется прописывать в техническом задании на проект в ключе BIM (BIM-TЗ), международным аналогом которого является EIR (от англ. *Employer's Information Requirements* — информационные требования технического заказчика) [2, 41].

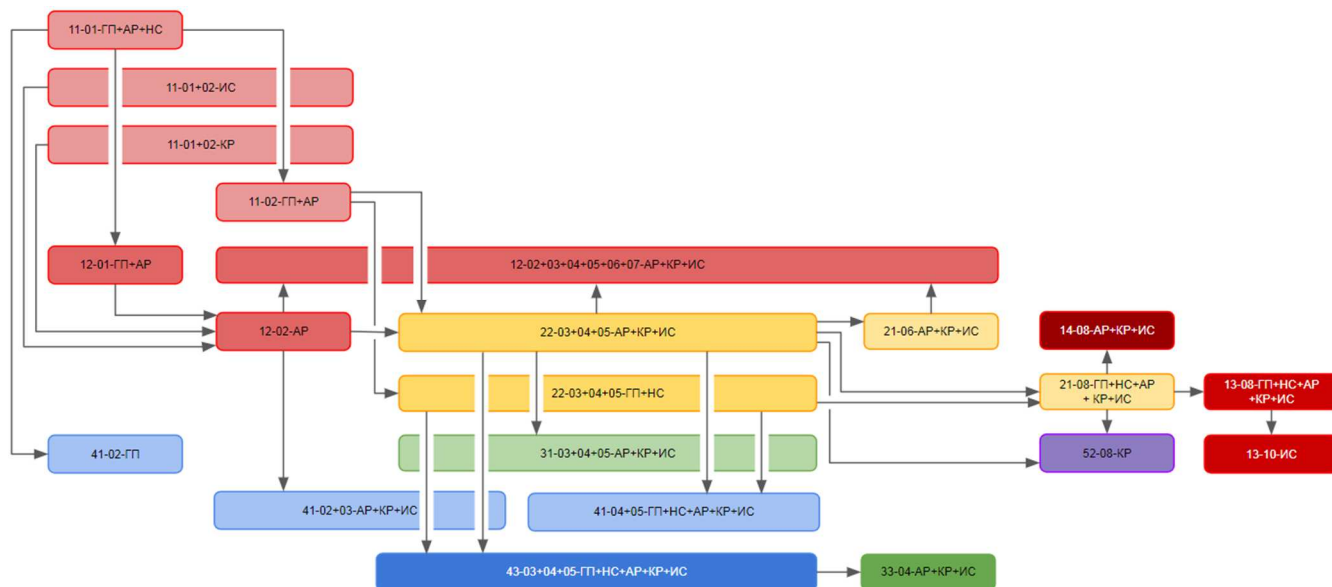


Рисунок 15. Схема общего BIM-сценария выбранного инвестиционно-девелоперского проекта (цвета блоков соответствуют цветам подвидов работ в таблице BIM-сценариев)

Следует отметить, что многих правил для составления карт и общих BIM-сценариев ИДП пока не разработано. Этот вопрос требует изучения.

4. Заключение

Если сравнивать принципы BIM в качестве технологии управления ЖЦО и PLM (от англ. *Product Lifecycle Management*) — технологии, применяемой для управления жизненным циклом изделия в машиностроении, то можно заметить большую разницу: как правило, весь процесс моделирования, изготовления, сборки и использования изделия детально описан и чётко выстроен [42]. Всегда ясно, какую информацию заложить в модель изделия или его деталей, как её использовать и воплощать. В то время как в парадигме BIM, несмотря на заимствование принципов PLM, существует множество идей для самых разных процессов, не связанных в один единый сценарий. Возникает ощущение безграничного количества типов этих процессов. В исследовании показано, что это количество имеет чёткие границы.

В ходе исследования получены следующие результаты.

1. Анализ современного состояния применения BIM-сценариев показал наличие теоретической базы по данному вопросу, но в то же время отсутствие рабочей методики применения данной базы.
2. Предложена расширенная классификация BIM-сценариев с системой шифрования, которая могла бы быть основой для будущей общепринятой системы. В том числе показаны потенциальные возможности дальнейшего развития и применения технологии BIM.
3. Приведены конкретные BIM-сценарии на примере ИДП жилого квартала. Показаны примеры карты BIM-сценариев и общего BIM-сценария данного ИДП.
4. Описанный алгоритм, предположительно, подходит для любого типа ИДП.
5. Дальнейшие исследования должны быть направлены на обобщение и формализацию данного алгоритма, т. е. на разработку системы и правил формирования отдельных BIM-сценариев ИДП в общий сценарий, показывающий их взаимосвязь и задающий требования к информации об элементах и используемым инструментам.

Литература

- [1]. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. 2011. 640 p.
- [2]. Building Information Modeling Project Execution Planning Guide. The Computer Integrated Construction Research Group. The Pennsylvania State University. 2010. 134 p. URL: <http://bim.psu.edu/Project/resources/contactinfo.aspx> (дата обращения: 17.12.2017).
- [3]. Kreider R.G., Messner J.I. The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses. The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. 2013. 23 p. URL: http://bim.psu.edu/uses/the_uses_of_BIM.pdf (дата обращения: 17.12.2017).
- [4]. Matthews A. (2016). Working towards a unified approach to BIM in Europe. NBS. National BIM Report. 2016. Pp. 8-13.
- [5]. Морина Е.А., Макаров А.И. BIM-технологии в мостовом проектировании // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 6 (57). С. 30-46.
- [6]. Shirole A.M., Riordan T.J., Chen S.S., Gao Q., Hu H., Puckett J.A. (2009). BrIM for project delivery and the life-cycle: state of the art. Bridge Structures. 2009. Vol. 5. Pp. 173-187.
- [7]. Eadie R., Browne M., Odeyinka H., McKeown C., McNiff S. (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. Automation in Construction. 2013. No. 36. Pp. 145-151.
- [8]. Астафьева Н.С., Кибирева Ю.А., Васильева И.Л. Преимущества использования и трудности внедрения информационного моделирования зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 8 (59). С. 41-62.
- [9]. Шарманов В.В., Мамаев А.Е., Болейко А.Е., Золотова Ю.С. Трудности поэтапного внедрения BIM // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 10 (37). С. 108-120.
- [10]. Xu X., Ma L., Ding L. (2014). A Framework for BIM-enabled Life-cycle Information Management of Construction Project. International Journal of Advanced Robotic Systems. 2014. Vol. 11. 13 p.
- [11]. Jung Y., Joo M. (2011). Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. Automation in Construction. 2011. No. 20. Pp. 126-133.
- [12]. Cerovsek T. (2011). A review and outlook for a 'Building Information Model' (BIM): A multi-standpoint framework for technological development. Automation in Construction. 2011. No. 25. Pp. 224-244.
- [13]. Ding L., Zhou Y., Akinci B. (2014). Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD. Automation in Construction. 2014. No. 46. Pp. 82-93.
- [14]. Ding L., Xu X. (2014). Application of Cloud Storage on BIM Life-cycle Management. International Journal of Advanced Robotic Systems. 2014. Vol. 11. 10 p.
- [15]. Porwala A., Hewage K.N. (2013). Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. Automation in Construction. 2013. Vol. 31. Pp. 204-214.

- [16]. Емельянов И.В. BIM Сценарии [Электронный ресурс]. URL: <http://bimcm.blogspot.ru/2016/09/bim.html> (дата обращения: 17.12.2017).
- [17]. Попов А.В. BIM как фундамент цифрового строительства // Отраслевой журнал «Строительство». 2018. №12. С. 28-30.
- [18]. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» // Собрание законодательства РФ. 04.01.2010. № 1. Ст. 5.
- [19]. Omniclass. Table 31 — Phases [Электронный ресурс]. URL: http://www.omniclass.org/tables/OmniClass_31_2012_10_30.zip (дата обращения: 17.12.2017).
- [20]. ГОСТ Р 21.1101-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации (с Поправкой). — М.: Стандартинформ, 2013. — 59 с.
- [21]. Omniclass. Table 31 — Phases [Электронный ресурс]. URL: http://www.omniclass.org/tables/OmniClass_33_2012-10-30.zip (дата обращения: 17.12.2017).
- [22]. Шаторная А.М., Числова М.М., Дроздецкая М.А., Птухина И.С. Эффективность 3D принтеров в строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 6 (57). С. 22-30.
- [23]. Профессиональная ГИС "Панорама" [Электронный ресурс]. URL: https://gisinfo.ru/products/map12_prof.htm (дата обращения: 17.12.2017).
- [24]. Gismeteo API. Документация для разработчиков [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gismeteo.ru/api> (дата обращения: 17.12.2017).
- [25]. Kemp A. (2016). BIM - the wider landscape of infrastructure, and the convergence with geospatial. NBS. National BIM Report. 2016. Pp. 4-7.
- [26]. Баденко В., Зотов К., Зотов Д., Гарг Р. Д., Жан Л., Болсуновская М., Федотов А. Обзор технологии лазерного сканирования для исторического информационного моделирования зданий и сооружений в Санкт-Петербурге, Россия // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 1 (52). С. 93-101.
- [27]. Гилемханов Р.А. Опыт применения Autodesk Revit и Robot Structural Analysis Professional // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 11 (38). С. 72-88.
- [28]. Autodesk Revit [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autodesk.ru/products/revit-family/overview> (дата обращения: 17.12.2017).
- [29]. Autodesk BIM 360. Construction management software for improved decision-making [Электронный ресурс]. URL: <https://bim360.autodesk.com> (дата обращения: 17.12.2017).
- [30]. Шик Алшабаб М., Высоцкий А.Е., Халил Т., Петроченко М.В. Предварительный расчёт объемов работ на основе информационного моделирования зданий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2017. № 4 (55). С. 124-134.
- [31]. Grilo A., Jardim-Goncalves R. (2011). Challenging electronic procurement in the AEC sector: A BIM-based integrated perspective. Automation in Construction. 2011. No. 20. Pp. 107-114.
- [32]. Романов Н.П., Аверьянова О.В., Мхитарян А.Г. Архитектурная визуализация в Lumion // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 7 (22). С. 239-252.
- [33]. Autodesk 3ds Max [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autodesk.ru/products/3ds-max/overview> (дата обращения: 17.12.2017).
- [34]. V-Ray for Revit. Professional Rendering for Architects & Designers [Электронный ресурс]. URL: <https://www.chaosgroup.com/vray/revit> (дата обращения: 17.12.2017).
- [35]. Dynamo. Open source graphical programming for design [Электронный ресурс]. URL: <http://dynamobim.org> (дата обращения: 17.12.2017).
- [36]. САПР для Архитектуры и Строительства. Изыскания, генплан, линейные сооружения. Autodesk InfraWorks 360 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://cad.ru/ru/software/detail.php?ID=33907> (дата обращения: 17.12.2017).
- [37]. Наземное лазерное сканирование [Электронный ресурс]. URL: <http://www.panorama59.ru/laser-scanning> (дата обращения: 17.12.2017).
- [38]. Сёмин А.И., Попов А.В. От работы к роботу [Электронный ресурс]. URL: https://youtu.be/cB_J7yy72K4 (дата обращения: 17.12.2017).
- [39]. Nagy D., Lau D., Locke J., Stoddart J., Villaggi L., Wang R., Zhao D., Benjamin D. (2017). Project Discover: An application of generative design for architectural space planning. SimAUD 2017 Conference proceedings: Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design. 2017. 8 p.
- [40]. Project Dasher 360 [Электронный ресурс]. URL: <https://dasher360.com> (дата обращения: 15.12.2017).
- [41]. PAS 1192-2:2013. Incorporating Corrigendum No. 1 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. The British Standards Institution 2013. Published by BSI Standards Limited 2013. 68 p.
- [42]. Краюшкин В.А., Лешехина И.Е., Пирогова М.А. Система PLM — корпоративная информационная среда предприятия по автоматизации совокупности процессов проектирования, изготовления, сопровождения и утилизации изделия // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2010. № 1. С. 3-23.

Connection of BIM Uses within the investment project

S.A. Krivoy ^{1*}, A.I. Syomin ², A.V. Popov ³, B.O. Bebyakin ⁴

^{1,4} Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

^{2,3} LLC SibTehProekt, 24, Kuleva St., Tomsk, Russia, 634034

Article info	Article history	Keywords
scientific article	Received 17.12.2017	Building Information Modeling;
doi: 10.18720/CUBS.65.2		uses of BIM;
		investment project;
		project management;
		building life-cycle;

ABSTRACT

The BIM technology as management of information on life-cycle of an object based on his model have applied within BIM Uses (processes of use of BIM technology to specific goals of the investment and developer project). If BIM Uses are disconnected to each other within investment and developer project, technological processes will be broken and productivity will be lost. The lack of communications is a result of insufficient study of BIM Uses. The existing publications don't do not measure of specification of BIM Uses to the necessary level at which concrete processes and tools for their realization are clear. The article considers classification of BIM Uses with codification system. One of the main features of classification that it allows to see completeness and border of application of BIM, including blind spots. Possible BIM Uses described on the example of the residential block and then they unite in the map of scenarios of this project on the basis of which the general BIM Uses of the project with all possible communications is formed. In writing the EIR, developer must focus on the general BIM Uses. By way of conclusion, the last part gives an overview of applicability of the algorithm for investment and developer project. Further investigation aimed at generalization and formalization of this algorithm.

Contact information:

- 1* +7(911)9506478, sergeykrivoy@list.ru (Sergey Krivoy, Student)
- 2 +7(906)9479355, syomin.msk@gmail.com (Aleksey Syomin, Director of Development)
- 3 +7(926)6854385, alexandrp1902@gmail.com (Alexandr Popov, BIM-director)
- 4 +7(921)5715860, Bebyakinb@gmail.com (Boris Bebyakin, Student)

References

- [1]. Eastman S., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. 2011. 640 p.
- [2]. Building Information Modeling Project Execution Planning Guide. The Computer Integrated Construction Research Group. The Pennsylvania State University. 2010. 134 p. URL: <http://bim.psu.edu/Project/resources/contactinfo.aspx> (reference date: 17.12.2016).
- [3]. Kreider R.G., Messner J.I. The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses. The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA. 2013. 23 p. URL: http://bim.psu.edu/uses/the_uses_of_BIM.pdf (reference date: 17.12.2016).
- [4]. Matthews A. (2016). Working towards a unified approach to BIM in Europe. NBS. National BIM Report. 2016. Pp. 8-13.
- [5]. Morina E.A., Makarov A.I. BIM-tehnologii v mostovom proektirovanii [BIM-technology in bridge design]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2017. No. 6 (57). Pp. 30-46. (rus)
- [6]. Shirole A.M., Riordan T.J., Chen S.S., Gao Q., Hu H., Puckett J.A. (2009). BrIM for project delivery and the life-cycle: state of the art. Bridge Structures. 2009. Vol. 5. Pp. 173-187.
- [7]. Eadie R., Browne M., Odeyinka H., McKeown C., McNiff S. (2013). BIM implementation throughout the UK construction project lifecycle: An analysis. Automation in Construction. 2013. No. 36. Pp. 145-151.
- [8]. Astafieva A.N., Kibireva J.A., Vasileva I.L. Preimushhestva ispol'zovaniya i trudnosti vnedreniya informacionnogo modelirovaniya zdaniy [Advantages of using and difficulties in implementing of building information modeling]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2017. No. 8 (59). Pp. 41-62. (rus)
- [9]. Sharmanov V.V., Mamaev A.E., Boleiko A.S., Zolotova J.S. Trudnosti pojetapnogo vnedreniya BIM [Difficulties of incremental BIM implementation]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2015. No. 10 (37). Pp. 108-120. (rus)
- [10]. Xu X., Ma L., Ding L. (2014). A Framework for BIM-enabled Life-cycle Information Management of Construction Project. International Journal of Advanced Robotic Systems. 2014. Vol. 11. 13 p.
- [11]. Jung Y., Joo M. (2011). Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. Automation in Construction. 2011. No. 20. Pp. 126-133.
- [12]. Cerovsek T. (2011). A review and outlook for a 'Building Information Model' (BIM): A multi-standpoint framework for technological development. Automation in Construction. 2011. No. 25. Pp. 224-244.
- [13]. Ding L., Zhou Y., Akinci B. (2014). Building Information Modeling (BIM) application framework: The process of expanding from 3D to computable nD. Automation in Construction. 2014. No. 46. Pp. 82-93.
- [14]. Ding L., Xu X. (2014). Application of Cloud Storage on BIM Life-cycle Management. International Journal of Advanced Robotic Systems. 2014. Vol. 11. 10 p.
- [15]. Porwala A., Hewage K.N. (2013). Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. Automation in Construction. 2013. Vol. 31. Pp. 204-214.
- [16]. Emelianov I.V. BIM Scenarii [The Uses of BIM] [Online]. URL: <http://bimcm.blogspot.ru/2016/09/bim.html> (reference date: 17.12.2017). (rus)
- [17]. Popov A.V. (2018). BIM kak fundament cifrovogo stroitel'stva [BIM as the foundation of digital construction]. World Wide Trade Magazine Construction. 2018. No. 1-2. Pp. 28-30. (rus)
- [18]. Federal'nyj zakon ot 30.12.2009 № 384-FZ "Tehnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij [Federal Law No. 384-FZ of December 30, 2009 'Technical regulations on the safety of buildings and structures']. Collection of legislation of the Russian Federation. 04.01.2010. No. 1. Article 5. (rus)
- [19]. Omniclass. Table 31 — Phases [Online]. URL: http://www.omniclass.org/tables/OmniClass_31_2012-10-30.zip (reference date: 17.12.2017).
- [20]. Russian State Standard GOST R 21.1101-2013. Sistema proektnoj dokumentacii dlja stroitel'stva (SPDS). Osnovnye trebovaniya k proektnoj i rabochej dokumentacii (s Popravkoj) [National State Standard 21.1101-2013. System of design documentation for construction (SPDS). The main requirements for the project and working documentation (with the Amendment)]. Moscow: Standartinform, 2013. 59 p. (rus)
- [21]. Omniclass. Table 31 — Phases [Online]. URL: http://www.omniclass.org/tables/OmniClass_33_2012-10-30.zip (reference date: 17.12.2017).
- [22]. Shatornaya A.M., Chislova M.M., Drozdetskaya M.A., Ptuhina I.S. Jefferektivnost' 3D printerov v stroitel'stve [Efficiency of 3D printers in Civil Engineering]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2017. No. 6 (57). Pp. 22-30. (rus)
- [23]. Professional'naja GIS "Panorama" [Professional GIS "Panorama"] [Online]. URL: https://gisinfo.ru/products/map12_prof.htm (reference date: 17.12.2017). (rus)

- [24]. Gismeteo API. Dokumentacija dlja razrabotchikov [Gismeteo API. Documentation for developers] [Online]. URL: <https://www.gismeteo.ru/api> (reference date: 17.12.2017).
- [25]. Kemp A. (2016). BIM - the wider landscape of infrastructure, and the convergence with geospatial. NBS. National BIM Report. 2016. Pp. 4-7.
- [26]. Badenko V., Zotov K., Zotov D., Garg R.D., Zhang L., Bolsunovskaya M., Fedotov A. Obzor tehnologii lazernogo skanirvanija dlja istoricheskogo informacionnogo modelirovanija zdaniy i sooruzhenij v Sankt-Peterburge, Rossiya [Laser Scanner Survey Technologies for Historic Building Information Modeling of Heritage Resources in Saint-Petersburg, Russia]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2017. No. 1 (52). Pp. 93-101. (rus)
- [27]. Gilemkhanov R.A. Opyt primenenija Autodesk Revit i Robot Structural Analysis Professional [The experience of using Autodesk Revit and Robot Structural Analysis Professional]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2015. No. 11 (38). Pp. 72-88. (rus)
- [28]. Autodesk Revit [Online]. URL: <https://www.autodesk.ru/products/revit-family/overview> (reference date: 17.12.2017).
- [29]. Autodesk BIM 360. Construction management software for improved decision-making [Online]. URL: <https://bim360.autodesk.com> (reference date: 17.12.2017).
- [30]. Shick Alshabab M., Vysotskiy A.E., Khalil T., Petrochenko M.V. Predvaritel'nyj raschjot obemov rabot na osnove informacionnogo modelirovanija zdaniy [BIM-Based Quantity Takeoff]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2017. No. 4 (55). Pp. 124-134. (rus)
- [31]. Grilo A., Jardim-Goncalves R. (2011). Challenging electronic procurement in the AEC sector: A BIM-based integrated perspective. Automation in Construction. 2011. No. 20. Pp. 107-114.
- [32]. Romanov N.P., Averyanova O.V., Mkhitarian A.G. Arhitekturnaja vizualizacija v Lumion [Architectural visualization in Lumion]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2014. No. 7 (22). Pp. 239-252. (rus)
- [33]. Autodesk 3ds Max [Online]. URL: <https://www.autodesk.ru/products/3ds-max/overview> (reference date: 17.12.2017). (rus)
- [34]. V-Ray for Revit. Professional Rendering for Architects & Designers [Online]. URL: <https://www.chaosgroup.com/vray/revit> (reference date: 17.12.2017).
- [35]. Dynamo. Open source graphical programming for design [Online]. URL: <http://dynamobim.org> (reference date: 17.12.2017).
- [36]. SAPR dlja Arhitektury i Stroitel'stva. Izyskanija, genplan, linejnye sooruzhenija. Autodesk InfraWorks 360 2017 [CAD for Architecture and Construction. Research, general layout, linear structures. Autodesk InfraWorks 360 2017] [Online]. URL: <https://cad.ru/ru/software/detail.php?ID=33907> (reference date: 17.12.2017). (rus)
- [37]. Nazemnoe lazernoje skanirovanie [Ground-based laser scanning] [Online]. URL: <http://www.panorama59.ru/laser-scanning> (reference date: 17.12.2017). (rus)
- [38]. Syomin A.I., Popov A.V. Ot raboty k robotu [From work to the robot] [Online]. URL: https://youtu.be/cB_J7yy72K4 (reference date: 17.12.2017). (rus)
- [39]. Nagy D., Lau D., Locke J., Stoddart J., Villaggi L., Wang R., Zhao D., Benjamin D. (2017). Project Discover: An application of generative design for architectural space planning. SimAUD 2017 Conference proceedings: Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design. 2017. 8 p.
- [40]. Project Dasher 360 [Online]. URL: <https://dasher360.com> (reference date: 15.12.2017).
- [41]. PAS 1192-2:2013. Incorporating Corrigendum No. 1 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. The British Standards Institution 2013. Published by BSI Standards Limited 2013. 68 p.
- [42]. Krayushkin V.A., Leshikhina I.E., Pirogova M.A. Sistema PLM — korporativnaja informacionnaja sreda predprijatija po avtomatizacii sovokupnosti processov proektirovanija, izgotovlenija, soprovozhdenija i utilizacii izdelija [PLM — enterprise corporate environment for total process automation in product design, manufacturing, support and utilization]. Information technologies in design and production. 2010. No. 1. Pp. 3-23. (rus)

Кривой С.А., Сёмин А.И., Попов А.В., Бебякин Б.О., Взаимосвязь BIM-сценариев в рамках инвестиционно-девелоперского проекта, Строительство уникальных зданий и сооружений, 2018, №2(65). С.20-39.

Krivoy S.A., Syomin A.I., Popov A.V., Bebyakin B.O., Connection of BIM Uses within the investment project, Construction of Unique Buildings and Structures. 2018. 2 (65). Pp. 20-39. (rus)