



➤ BIM В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ – БЕЛЫЕ ПЯТНА

Введение

Конец XX и начало XXI века ознаменовались появлением нового подхода к архитектурно-строительному проектированию, который заключается в создании цифровой модели здания – Building Information Modeling (BIM), несущей в себе все сведения о будущем объекте и предназначенной выступать в качестве инструмента контроля над его жизненным циклом (рис. 1). BIM полагают преемником всех систем автоматизированного проектирования (САПР) и называют нашим будущим, рекламируя его многочисленные преимущества перед САПР [1-5]. И в сфере информатики, пожалуй, нет другой темы, где присутствовал бы такого рода рекламный пресинг. Среди множества этих публикаций очень редко встречались указывающие на те или иные "пятна на солнце" [6]. Ниже представлена некоторая антиреклама. Цель ее не в том, чтобы опорочить BIM, а чтобы описать реальное состояние дел и указать на имеющиеся проблемы. Возможно, это несколько поумерит славословие и послужит толчком к совершенствованию механизма BIM. BIM хорошо приспособлен для решения

задач создания геометрического образа сооружения, анализа пространственного размещения всех конструкций, инже-

нерных сетей и технологического оборудования. Он оснащается отличными инструментами визуализации обстанов-



Рис. 1. Визуализация основной концепции BIM

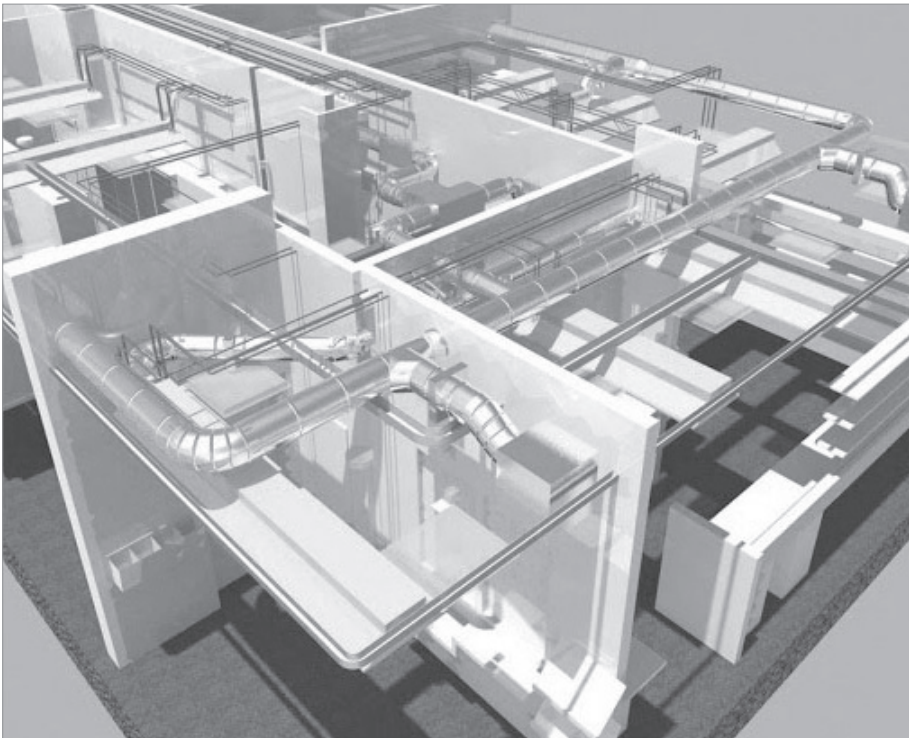


Рис. 2. Совмещение конструкций и инженерных сетей

ки и разрешения конфликтов взаимного расположения указанных структур (рис. 2). Именно в этой области выявляются возможные нестыковки технических решений, разрабатываемых специалистами различного профиля (архитекторы-планировщики, сантехники, электрики и т.д.), и ликвидируются ошибки, о чем обычно упоминают в рекламных текстах.

А если добавить сюда возможность одновременной работы над объектом различных групп специалистов (Team Work), а также управления логистикой, подготовки строительства, составления спецификации оборудования, планирования и управления строительством на основе единой модели, то надо отдать должное — это очень заметное достижение.

Но столь ли успешно обстоит дело с иными сторонами проектного процесса и с другими стадиями жизненного цикла строительного объекта? Попробуем ответить на этот вопрос.

Оценка отдаленных последствий

Технология управления жизненным циклом объекта, аналогичная рекламируемой в BIM, появилась значительно раньше в машиностроении и под названием PLM (Project Lifecycle Management) широко используется, например, в кора-

блестроении или в аэрокосмической отрасли. При этом хорошо известны достигнутые с ее помощью результаты, которые часто упоминаются в рекламных текстах. И здесь сразу же следует указать на два принципиальных отличия, присутствующие в отрасли строительства: несопоставимые сроки эксплуатации и абсолютно отличающаяся дисциплина эксплуатации.

Как можно говорить об указанной на рис. 1 стадии эксплуатации и ремонта, если это событие произойдет через 30-50 лет после проектирования и к тому времени, скорее всего, устареют все наши сегодняшние технологии и приемы работ? Да и возможность воспользоваться сегодняшней цифровой моделью через 50 лет достаточно сомнительна: вспомним, можем ли мы сегодня прочесть старые перфокарты и магнитные ленты, которые содержали информацию об объектах, проектировавшихся 40 лет назад? Вряд ли можно спрогнозировать так далеко параметры экономических расчетов, лежащие в основе принятия многих решений.

Кроме того, решения должны приниматься на основе информации о накопленных дефектах и повреждениях. Как и кем в процессе эксплуатации эта информация, часто имеющая огромный объем, будет добавлена в цифровую мо-

дель, созданную при проектировании? Каков ее формат, какова привязка к первоначальной информации?

Эти и ряд других вопросов остаются без ответа. Следовательно, заявка на использование BIM в стадии эксплуатации и ремонта остается пока нереализуемой. И вряд ли справедливо утверждение из работы [5]: "Если мост спроектирован с использованием технологии BIM, то в любой момент вы можете подключить к его модели расчетную программу и опять же оперативно моделировать гипотетическую (или реально возникшую) ситуацию, для которой будете быстро получать все необходимые прочностные характеристики и возможные варианты поведения конструкций". Говорить о "любом времени", скорее всего, не приходится, как и о сопровождении всего жизненного цикла [7].

Расчетный анализ

Одной из основных и ответственных процедур процесса проектирования является расчетный анализ поведения конструкции под нагрузкой, составляющий основу для принятия большинства конструкторских решений. Для выполнения такого анализа необходимо формировать специальные компьютерные модели (расчетные схемы, специально предназначенные для конкретных видов расчетных обоснований, реализуемых специальными программными комплексами СКАД [8], ЛИРА [9], MicroFe [10] и др.).

Если оценивать степень интеграции той или иной расчетной программы в технологическую цепочку BIM, то ключевым здесь является количество и качество информации, которое эта программа может взять из единой модели для создания расчетной схемы, а также возможность "обратной реакции" — внесения по результатам расчетов изменений в единую модель здания.

Простое выделение из информационной модели несущих конструкций и их прямое представление в виде расчетной схемы не представляется возможным по ряду причин. И в первую очередь потому, что BIM-модель непригодна для расчетного анализа в силу принципиальной разницы исполняемых ролей: в одном случае это точное воспроизведение формы, а в другом — абстракция, ориентированная на моделирование механической работы конструкции. Возникает необходимость перехода от трехмерных объектов единой модели к двумерным и одномерным объектам расчетной схемы,

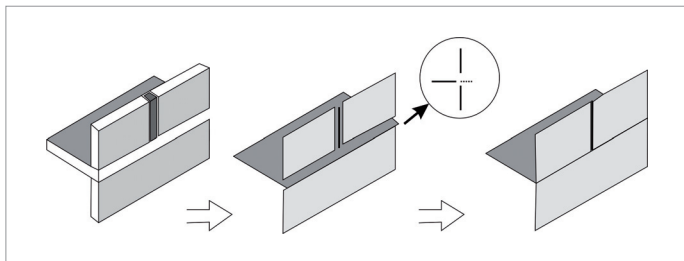


Рис. 3. Преобразование трехмерных объектов

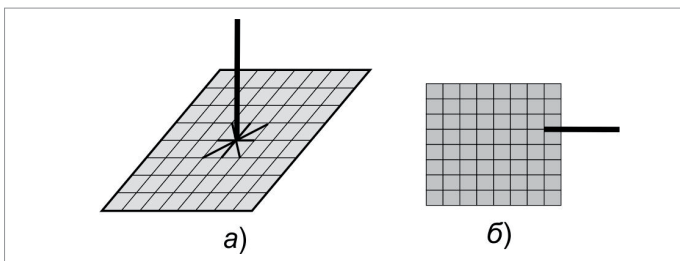


Рис. 4. Искусственные изменения геометрии

и здесь зачастую появляются новые проблемы.

Например, при замене трехмерного представления стен и перекрытий (рис. 3) плоскостными элементами, представленными их срединными поверхностями, в местах примыкания элементов стен к плите образуются зазоры, равные половине толщины плиты. Аналогичный зазор наблюдается при примыкании колонны к плите и стены к колонне. Возникает необходимость в ликвидации зазоров, а также корректировке периметра перекрытий путем удаления участка, выступающего за линию контакта со стеной на половину толщины стены. Лишь после таких преобразований можно получить требуемое решение [11].

Однако это лишь одна из частей проблемы геометрических преобразований. Дело в том, что в расчетной схеме очень часто моделируется не геометрия конструктивного элемента, а его функция в создании картины напряженно-деформированного состояния. Типичным примером здесь может служить замена сваи на упругую пружину с эквивалентной жесткостью.

Мы не останавливаемся на целом ряде других "нарушающих геометрию" расчетных приемов, таких как создание бесконечно жестких переходов от колонны к плите перекрытия (рис. 4а) или искус-

ственное продолжение стержня в занимаемую пластиной область (рис. 4б), необходимость в которых обоснована в работе [12].

Вообще использование некоторых упрощений (в том числе геометрических), вводимых для удобства расчета и получения обзримых результатов, является классическим методом прочностного анализа, однако получение их из BIM-модели не представляется возможным. При этом следует учитывать, что расчетных моделей может быть несколько (для сложных объектов многовариантное проектирование стало нормой).

Обратная связь

Расчет не является самоцелью. В результате мы убеждаемся в надежности конструкции или же получаем информацию о необходимости корректировок. Информация о корректировке конструктивного решения должна попасть в информационную модель, при этом может возникнуть необходимость в изменении не только тех элементов, которые не прошли проверку прочности, но и других элементов, примыкающих к изменившемуся. Автоматизировать данный процесс удается редко, например, из-за сложности создания параметрических моделей узловых соединений, которые автоматически отслеживали бы изменения сечений примыкающих элементов.

А если полагаться на "ручное" решение этой задачи, то следует помнить о случаях, когда геометрические нестыковки оказываются небольшими и распознать их на компьютерном изображении не удастся, что может породить ошибки в рабочей документации.

Специальные средства обмена данными

Для использования расчетных программных комплексов в составе BIM-технологии сегодня применяются специальные программные модули (конвертеры), с помощью которых удается реализовать прямой интерфейс между моделирующей и расчетной программой (рис. 5). Их существование обусловлено разными знаниями, положенными в основу BIM-модели и расчетной схемы метода конечных элементов. Кроме того, в информационной модели, как правило, отсутствует часть информации (физико-механические свойства материала, условия примыкания, дополнительные связи и др.). Конвертеры разрабатываются для каждой пары программ – моделирующей и расчетной – и позволяют организовать двусторонний обмен информацией между ними.

Для разработки конвертеров используются специальные пакеты программ API – Application Program Interface (прикладной программный интерфейс), входящие в состав моделирующих и расчетных систем.

Многие специализированные пакеты сегодня позволяют осуществлять обмен информацией через универсальный формат IFC, реализуя тем самым технологию OpenBIM. Читать и формировать IFC-файлы может большинство расчетных программ, например, STAAD Pro, Tekla Structure, ЛИРА, SCAD и др. Преимуществом такой работы является отсутствие "промежуточного звена" – конвертеров. Основная проблема – это однозначная идентификация модели в IFC-файлах, созданных разными программами.

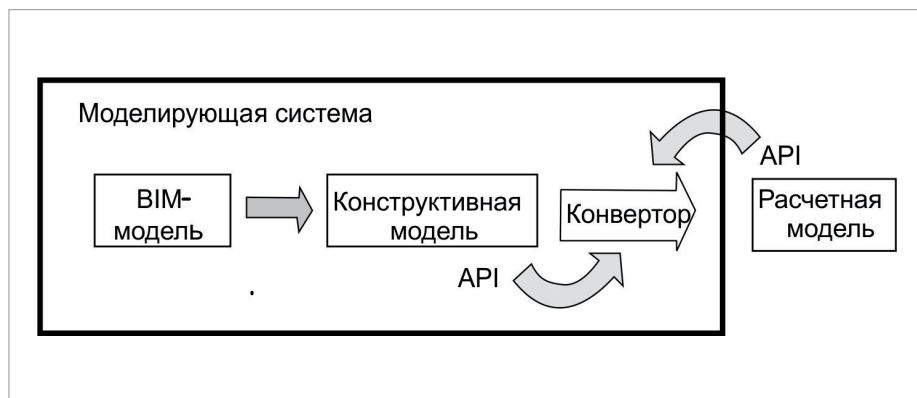


Рис. 5. Организация прямого интерфейса

Одна из организационных проблем

Используемые в BIM моделирующие системы предоставляют пользователю различные средства для описания одних и тех же объектов. Колонны, балки, элементы ферм, связи и т.п. могут не идентифицироваться конкретными типами в архитектурной модели, а задаваться как некоторый абстрактный стержневой объект или даже как элемент плиты или стены соответствующих размеров.

Но иногда элемент "стена" используется для моделирования дверных полотен и декоративных перегородок, а элементами "перекрытие" моделируют ступени лестницы. "Похожесть геометрии" подменяет собой функциональное назначение, и не существует способов автоматического контроля такого рода ошибок.

В результате фильтрация конструктивных элементов приводит к появлению "конструктивной модели", не имеющей ничего общего с моделью несущих конструкций здания. В качестве примера приведен объект, спроектированный в системе Revit (рис. 6а). При его формировании для подавляющего числа элементов были использованы классы "wall" и "ргоху", что привело к невозможности использования этого объекта для формирования конструктивной модели и, как следствие, к переходу к расчетной схеме (рис. 6б).

Ошибки такого рода свидетельствуют о том, что создание цифровой модели нельзя поручать узкому специалисту, будь то архитектор, инженер-конструктор или кто-либо другой. Возникает проблема подготовки кадров соответ-

ствующей квалификации, не только IT-специалистов, умеющих работать в режиме BIM-моделирования, но и специалистов по информатике, обладающих достаточно широким инженерным кругозором. Неграмотный пользователь способен загубить любой программный продукт.

Краткие выводы

Сказанное выше дает основания утверждать, что, в отличие от заявленного, область расчетного анализа прочности и устойчивости проектируемой конструкции практически не охвачена BIM-технологией и фактически исключается из интегрированного процесса проектирования. Кроме того, по сути не разработаны методы далекого прогнозирования, что выводит из-под контроля BIM стадии ремонта, реконструкции и демонтажа.

Вместе с тем несомненны преимущества BIM на стадиях создания объемно-планировочных решений и их согласования специалистами различных профилей.

Литература

1. Вирцев М.Ю., Власова А.Ю. BIM-технологии – принципиально новый подход в проектировании зданий и сооружений // Российское предпринимательство, 2017, Том 18, № 23, С. 3827-3836. doi: 10.18334/gr.18.23.38610.
2. Дронов Д.С., Киметова Н.Р., Ткаченко В.П. Проблемы внедрения BIM-технологий в России // Синергия Наук, 2017, № 10.

3. Рахматуллина Е.С. BIM-моделирование как элемент современного строительства // Российское предпринимательство, 2017, № 19. – doi: 10.18334/gr.18.19.38345.
4. Талапов В.В. Введение в информационное моделирование зданий, Саратов: Профобразование, 2017.
5. Петров К.С., Кузьмина В.А., Федорова К.В. Проблемы внедрения программных комплексов на основе технологий информационного моделирования (BIM-технологии) // Инженерный вестник Дона, 2017, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4057.
6. Травуш В.И. Цифровые технологии в строительстве // Academia. Архитектура и строительство, 2018, №3, С. 100-117. doi: https://doi.org/10.22337/2077-9038-2018-3-100-117.
7. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства, Киев: Сталь, 2014. – 301 с.
8. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А., Фиалко С.Ю. SCAD Office. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD++, М.: Издательство "СКАД СОФТ", 2020. – 1006 с.
9. Городецкий Д.А., Барабаш М.С., Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. ЛИРА-САПР 2013. Учебное пособие, Киев: 2013. – 376 с.
10. Семенов В.А. Программный комплекс прочностных расчетов конструкций MicroFe: опыт разработки, внедрения в практику проектирования и переподготовки специалистов // Открытое образование, 2012, № 6, С. 88-96.
11. Sibenik G., Kovacic I., Petrinas V. From Physical to Analytical Models: // Automated Geometry Interpretations, EG-ICE, 2020.
12. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа, М.: Изд-во СКАД СОФТ, Изд-во ДМК Пресс, Изд-во АСВ, 2020. – 736 с.

*Анатолий Перельмутер,
д.т.н., иностранный член РААСН,
главный научный сотрудник
НПО "СКАД Софт"*

*Эдуард Криксунов,
к.т.н., директор НПО "СКАД Софт"
E-mail: AnatolyPerelmutter@gmail.com,
edk@scadsoft.com*

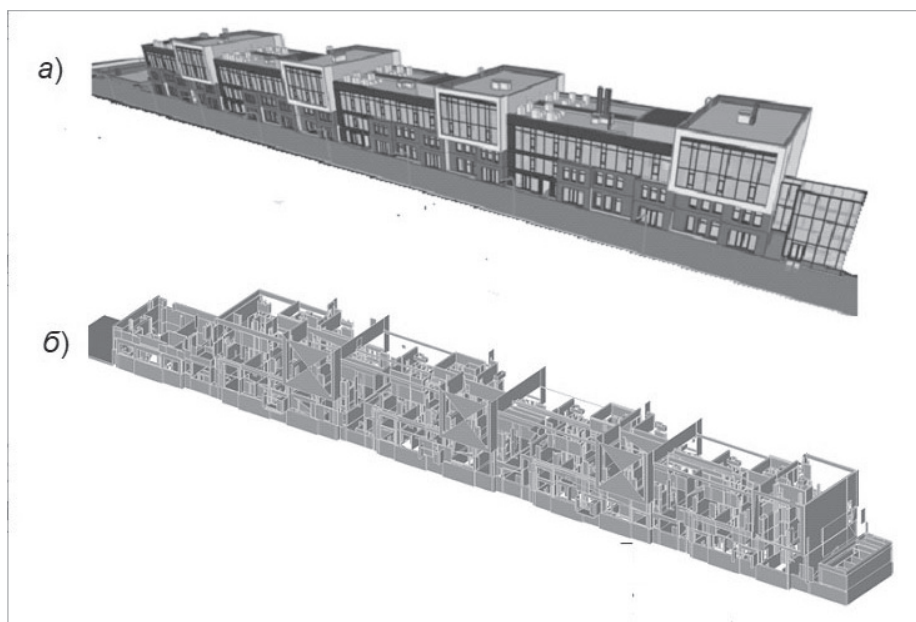


Рис. 6. Модель в Revit и "конструктивная модель"