

Бочарова Н.В., Уласевич В.П.

Введение. В век бурного развития информационных технологий не стоят на месте и технологии проектирования. В настоящее время среди многочисленных новшеств в автоматизированном проектировании лидирует новое направление – технология BIM (Building Information Modeling), иначе – информационное моделирование зданий. Новизна технологии BIM в архитектурно-строительном проектировании, заключающемся в создании компьютерной модели проектируемого или реконструируемого, а также эксплуатируемого здания, несущей в себе все сведения о будущем объекте (рисунок 1 [1]).

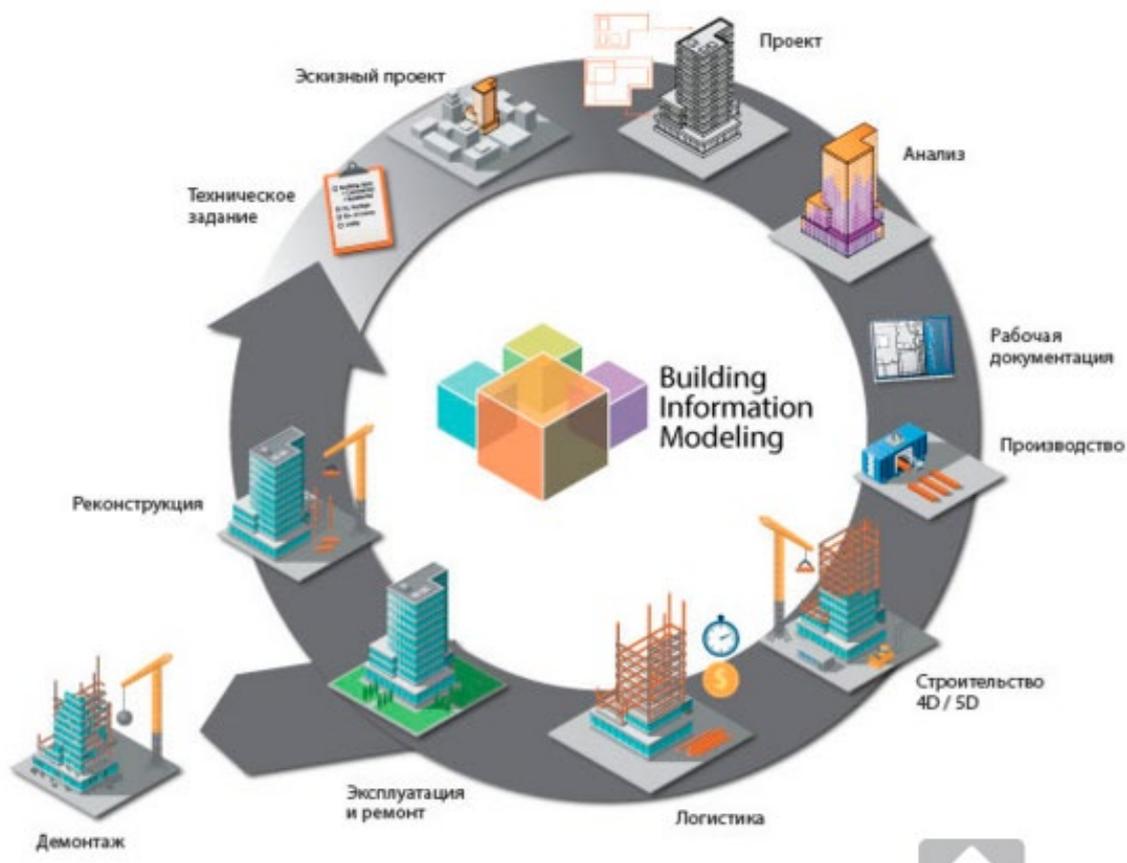


Рисунок 1 – процессы работы над объектом строительства в BIM-технологии

В настоящее время в практике проектирования в распоряжении архитектора и инженера-строителя имеются мощные интеллектуальные инструментальные средства в виде систем автоматизированного проектирования (САПР), базирующиеся на двух графических платформах фирмы Autodesk – AutoCAD и Revit. AutoCAD используется во многих проектных организациях для выполнения работ по созданию всех видов чертежей и другой проектной документации. Revit – относительно новый, и мало изученный инструмент [2].

Конкуренция на рынке высококвалифицированных специалистов заставляет проектировщиков совершенствовать свои профессиональные навыки и повышать эффективность рабочего процесса. В процессе проектирования объектов строительства важную роль занимает процесс создания статической модели конструктивной схемы здания (задача строительной механики) и ее прочностной модели (строительные конструкции), позволяющих оценить несущую способность, надежность и долговечность проектируемого объекта при достаточной его экономичности. В практике использования САПР в проектировании для этой цели получили широкое применение такие расчетные программные комплексы, как ЛИРА-САПР, СКАД СОФТ, STARK ES, Tekla, NASTRAN и др. Однако, как показала практика их применения в проекти-

ровании, основная проблема низкой эффективности при внедрении САПР – недостаточное понимание многими структурами проектных организаций, что САПР – это такое же ключевое звено в основной их деятельности, как и автоматизированные системы управления строительной отраслью и ее экономикой. В этом случае часто наблюдается отношение к внедрению САПР в практику проектирования, как к чему-то вторичному. И в результате – сводящемуся к подчас непродуманной системе закупки оборудования и программного обеспечения. В итоге стихийно формируется не достаточно продуманная среда автоматизированного проектирования проекта как объекта строительства, порождающая нестыковки и задержки при взаимодействии смежников, а то и не достаточную согласованность отдельных частей выпускаемой документации. Усугубляет ситуацию и не всегда достаточная наглядность для руководителей проектных организаций баланса вложений в средства САПР и возврата на инвестиции, отсутствие оценки измеримой отдачи от САПР.

Основная причина в подготовке молодых специалистов к работе в проектных структурах, требующих эффективного применения современных средств автоматизированного проектирования, не достаточная их подготовка к применению инновационной САПР в виде информационного моделирования зданий.

Ситуация может быть существенно улучшена, если будет организована достаточная подготовка архитекторов и инженеров-проектировщиков, знающих и умеющих решать необходимые задачи в динамично развивающейся проектно-строительной отрасли на уровне требований информационного моделирования объектов строительства. Очевидно, что такая подготовка должна быть осуществлена в ВУЗе как одна из главных задач в процессе подготовки инженеров строительного профиля, среди которых в Республике Беларусь особое место занимает специальность 1-70 02 01– промышленное и гражданское строительство. Особенность такой подготовки – целевая направленная подготовка архитекторов и инженеров-проектировщиков на всех этапах изучения архитектурных, конструкторских и специальных инженерных дисциплин (электрооборудование, водоснабжение и водоотведение, теплогазоснабжение и вентиляция, технология строительного производства, организация и экономика строительства), а также дисциплин, связанных с технической эксплуатацией объектов строительства на весь срок их функционирования.

Об информационном моделировании зданий

Информационное моделирование зданий (BIM) – это инновационная технология проектирования и создания документации, основанной на создании и сборе взаимосвязанных системно-рассчитываемых данных о проекте здания. Постоянное обновление и доступность информации через встроенную цифровую среду дает инженерам, архитекторам ясное представление о проекте (планы, разрезы, 3D-вид, спецификации) в одном согласованном файле. Revit – это платформа Autodesk для информационного моделирования зданий [2]. Одновременно с физической моделью архитектор в RevitArchitecture формирует полностью ассоциированную аналитическую модель здания (рис. 1). Аналогичные функции в программном комплексе ЛИРА-САПР выполняет САПФИР.

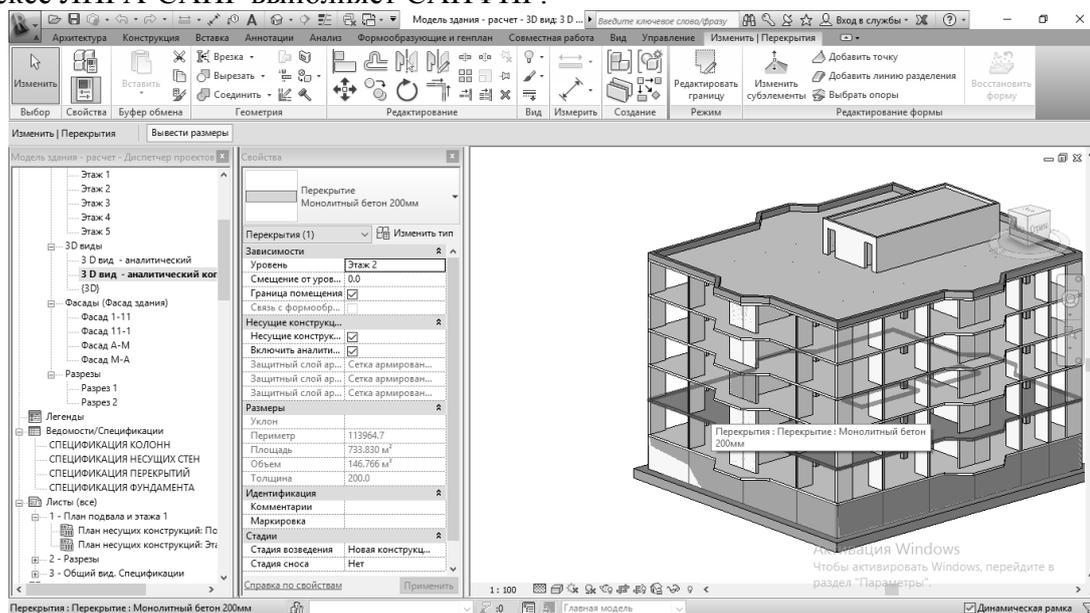


Рисунок 1 – Рабочее окно RevitArchitecture, аналитическая модель 3D-вид

Результатом проектирования по BIM-технологии является модель, а чертежи и документация – лишь одна из форм его представления [2]. Физическая модель является основой для формирования строительной документации, она необходима для создания чертежей конструкций и узлов. Аналитическая модель – статическая прочностная модель здания, которая содержит данные о нагрузках, размерах конструктивных элементов. Эти данные передаются в специализированные приложения для инженерных расчетов (ROBOT, LiraSapг и др.). Аналитическая модель создается на основании правил проектирования, обеспечивающих согласованность аналитического представления физической конструкции. Важно не просто представить геометрию объекта, но также и информация о его свойствах, которая может и должна содержаться в модели и при необходимости извлекаться из неё [2]. Архитектор и конструктор совместно создают единую модель строительного объекта, которая одновременно является и расчетной моделью. Стремление приблизить модель к реальному сооружению заставляет уделять огромное внимание деталям сооружения и как можно точнее учитывать все эффекты воздействий. Таким образом, и результат расчета должен быть тоже более полно приближенным к реальному результату, а в идеале, модель объекта должна представлять собой виртуальную копию реального здания.

Принято считать, что специфика строительной деятельности такова, что ее конечный продукт должен сочетать в себе три подчас противоречивых момента: функциональность, эстетичность и конструктивность [5]. С точки зрения инженера-проектировщика, наибольшее значение имеют конструктивные особенности объекта, с которыми связана оценка несущей способности, но, составляя расчетную модель, все учесть практически невозможно. Выделение из объекта несущей части является первым шагом идеализации. После этого начинается идеализация геометрического образа объекта, т.е. задаются параметры для несущих элементов (пластины, стержни). В процессе геометрического моделирования решается вопрос о возможности идеализации объекта в смысле придания ему свойств симметрии, что существенно сокращает объем анализа. Также происходит идеализация материала конструкции, вернее, набора его физико-механических параметров, материал наделяется свойствами идеальной упругости или пластичности. Значения параметров, характеризующие свойства материала принимаются по справочным значениям и предполагаются одинаковыми по всему сооружению. Достаточно серьезной процедурой является идеализация воздействий, действующих на конструкцию в различных режимах работы. Воздействия являются одной из наименее изученных компонентов системы, они имеют большую изменчивость во времени и пространстве, и те расчетные модели воздействий, которыми оперирует проектная практика, достаточно условны. Идеализация связей распространяется и на описание законов взаимодействия отдельных элементов системы друг с другом. Идеализация расчетной модели и невозможность сделать её абсолютно адекватной реальной конструкции создают ситуацию некоторой неопределенности, но инженеру-конструктору в таких условиях нужно принять проектное решение.

Принципы создания расчетной модели [5]:

- методы расчета должны исходить из форм разрушений и деформаций, подтвержденных опытом строительной практики;
- расчетная гипотеза модели, которая может быть достаточно условной, должна ставить конструкцию в менее благоприятные условия, чем те, в которых находится действительная конструкция;
- набор расчетных гипотез должен обеспечивать не только прочность и устойчивость, но и экономичность конструкции;
- целесообразно иметь не одну модель, а систему аппроксимирующих моделей работы сооружения, каждая из которых имеет свои границы применения;
- аппроксимирующая модель работы сооружения должна не только правильно и полно отражать работу реального объекта, но и быть настолько простой, чтобы расчет не становился чрезмерно громоздким.

Принято считать, что «хорошая программа» и проверенные на безошибочность исходные данные дают гарантию точного результата, но при этом упускается, для какого варианта рас-

четной модели получен этот результат, и какова степень его адекватности реальной конструкции. Многие расчетные комплексы основаны на использовании метода конечных элементов, и программная документация содержит описание библиотек конечных элементов, указания по подготовке входных документов и расшифровке полученных результатов. Однако, за пределами остается, как именно получен этот результат, алгоритм численного решения. В проектных организациях все расчеты принимаются по хорошо изученным конструкторским решениям, поэтому часто инженер-конструктор постепенно отвыкает самостоятельно обосновывать применение расчетной модели и полагается на чужое мнение, и таким образом может не учесть возможность совершить ошибку.

Основными этапами компьютерного расчета является [5]:

- создание физической модели;
- выбор программного обеспечения для реализации расчета;
- тщательная проверка аналитической модели (каковы истинные условия опирания, какие узлы соединений элементов, истинные нагрузки системы, каково влияние эффектов второго порядка);
- выполнение статического и прочностного расчетов;
- верификация результатов (уместно выполнить: проверку общего равновесия, проверку локальных равновесий по подсистемам, оценку общей картины напряженно-деформированного состояния конструкций, сопоставление деформаций с распределением внутренних сил).

Основой BIM-технологий является механизм параметрических изменений (зависимость между всеми элементами модели), способный автоматически координировать любые изменения в проекте как объекте. При каждом изменении в проекте программа мгновенно определяет, какие элементы оно затронет, и производит соответствующую корректировку, что позволяет избежать ошибок на этапе согласования проекта и внесения изменений по принципу: «Коллективная работа над сложным проектом эффективно управляется из единого центра»[2].

Передача модели из CAD-программ в расчетный комплекс может быть реализована через формат IFC. Это нейтральный открытый и объектно-ориентированный формат файлов, который используется для передачи данных практически всеми ведущими BIM-программами и стал наиболее популярным в информационном моделировании зданий. Таким образом, есть возможность сохранить файл в этом формате, например в ArchiCAD, а при импорте модели в САПФИР сохраняются почти все данные о материалах и несущих элементах этой физической модели, и с минимальными корректировками получается уже необходимая расчетная модель. Архитектор, разрабатывая объемно-планировочное решение, предварительно составляет несущие элементы, задает им поперечное сечение и материал. Порядок преобразования модели из Revit: необходимо создать аналитическую модель (рис.2а), импортируем в САПФИР: в программе Revit настройка «Внешние инструменты», которая появляется, при установке ЛИРА-САПР (выборочная установка, ставим галочку импорт из Revit) [3] (рис.2а), отправляем на расчет в изученный комплекс ЛИРА-САПР, внедренный в учебный процесс у нас в БрГТУ.

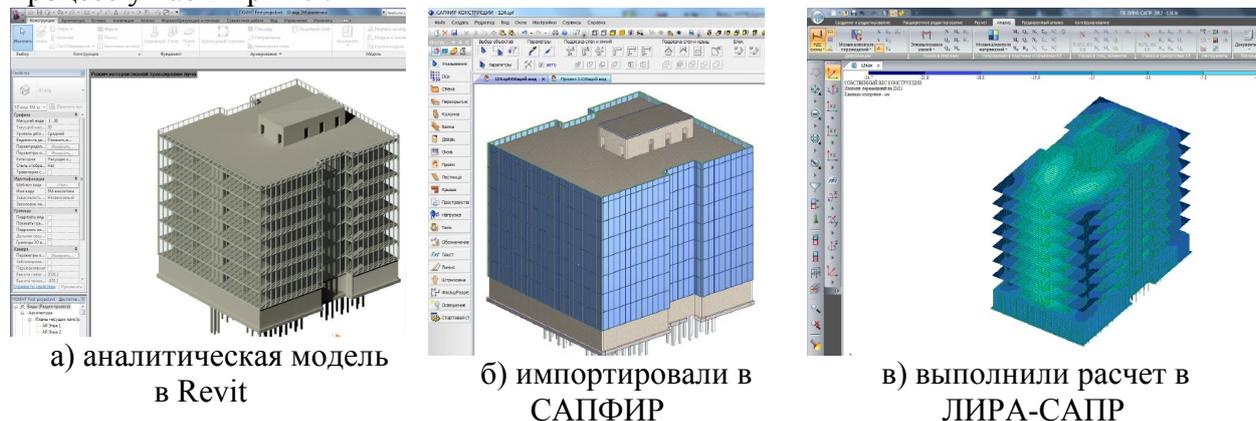


Рисунок 2 – схема совместной работы современных программных комплексов BIM

Проектирование зданий обычно осуществляется достаточно специализированными группами разработчиков – архитекторами, инженерами по сетям здания и инженерами по созданию и расчету несущих конструкций, традиционно использующих различные системы автоматизированного проектирования. Отсутствие между ними общей основы – единого формата и пространства проектирования – требует весьма трудоемких процессов взаимодействия между отдельными разделами проекта, обеспечивающими, с одной стороны, точную привязку инженерных компонентов к архитектурным компонентам, а с другой стороны, поддерживающих автоматическое отслеживание критических связей между компонентами из отдельных разделов [2]. Информационное моделирование объекта строительства устраняет возможные вышеуказанные невязки в автоматизированном режиме.

Необходимо, чтобы расчетные комплексы, которые используются для получения результатов, были гармонизированы с нормативными документами и национальными стандартами. Основные проблемы и их особенности в области гармонизации национальных и европейских нормативных технических документов очень точно выделил Фоликман В.Р. [6]:

–трудности с профессиональным переводом (низкое качество переводов);

–невозможность прямого введения европейских стандартов на территории СНГ по причинам:

а) применение к объекту регулирования в странах ЕС не одного отдельно взятого нормативного документа, а комплекса взаимоувязанных стандартов и правил путем ссылок;

б) различия в терминах, определениях и обозначениях;

в) различия в методологических подходах к расчетам и испытаниям;

г) различия в методологической базе;

д) различия в системе построения стандартов: национальные документы носят процедурный характер и нацелены на пользователя; европейские содержат много умозаключений и разъяснений, в том числе библиографических ссылок.

Главная цель строительного нормирования изложена в международном строительном кодексе ИСС, согласно которому необходимо – «... установить минимальные требования для обеспечения здоровья, безопасности и благополучия людей ...».

Вывод. Проектную документацию, необходимую на стадии проектирования и строительства здания, используя BIM-технологии можно выполнить малым количеством высококвалифицированных специалистов и в сжатые сроки. Заказчикам и подрядчикам проектные организации должны представлять проектную документацию так, чтобы они имели возможность работать с интуитивно понятными 3D-моделями, что ускоряет процесс согласования и утверждения, а также позволяет выбрать в конкурсном отборе лучший проект. Трехмерное моделирование на сегодняшний день во многих организациях стало обязательной частью представления проекта.

Внедрение в практику проектирования информационного моделирования позволяет внедрять новые возможности исследования и экспериментирования в области разработки и построения зданий, когда становится принципиально легче прогнозировать эксплуатационные характеристики будущего строительного объекта, не выходя за рамки виртуального пространства [4].

Новые возможности компьютерных технологий явно обогнали методологию проектирования, а поэтому пришло время понять, что существенно выросли и продолжают расти требования к профессиональной подготовке выпускаемых ВУЗами специалистов строительной отрасли. По-видимому, настало время определенной корректировки учебных планов строительных специальностей с четким направлением на достаточную подготовку молодых специалистов для строительной отрасли в области информационного моделирования. А в связи с этим, четко указать перечень дисциплин инженерной подготовки, требующих корректировки излагаемого материала дисциплин, затрагивающих информационное моделирование объектов строительства.

Возможно, для этого потребуется и разработка спецкурса, читаемого на последнем семестре обучения студентов специальности 1-70 01 02-промышленное и гражданское строи-

тельство, специализации «Конструкции зданий и сооружений» с курсовым проектом. Цель курса – выработать у студента комплексное понимание взаимосвязи всех элементов проектируемого объекта, владение широким спектром компьютерных программ информационного моделирования зданий, понимание основы тех методов, которые эти программы реализуют. Здесь уместно указать на группу компаний ИНФАРС, осуществляющих на территории СНГ разработку, внедрение и обучение применению методов информационного моделирования зданий.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Группа компаний ИНФАРС / [https // infers.ru/bim/](https://infers.ru/bim/), [https // infers.ru/cad/](https://infers.ru/cad/).
2. Ланцов, А.Л. Компьютерное проектирование зданий: REVIT 2015. – М.: Consistent Software Distribution; РИОР, 2014. – 664 с.
3. Талапов, В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с.
4. Водопьянов, Р.Ю., Титок, В.П., Артамонова, А.Е. Программный комплекс ЛИРА-САПР 2015 Руководство пользователя. Обучающие примеры. / Под ред. А.С. Городецкого – М.: Электронное издание, 2015г.,– 460 с.
5. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – 4-е изд., перераб. – М.: Издательство СКАД СОФТ, 2011. – 736 с.
6. Фаликман, В.Р. О европейских и российских строительных нормах проектирования и проблемах их гармонизации [Электронный ресурс] / Вячеслав Фаликман. – Алматы: Snip Information Systems, 2010. – Электрон. текстовые дан. (1 файл DOC : 101 кб) ; 7 с. – Режим доступа: <http://info.snip.kz/standards/downloads/publications.php>.