

УДК 624

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Веккер Артем Игоревич, студент, направление подготовки 08.03.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: vekkerartem7@gmail.com

Научный руководитель: **Руднев Игорь Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, Оренбургский государственный университет, Оренбург
e-mail: rui403@yandex.ru

***Аннотация.** Начиная с 2022 года, процесс проектирования зданий и сооружений в России вступает в новую эпоху – эпоху применения информационного моделирования зданий (BIM). Цель исследования – в полной мере раскрыть вопросы, связанные с основными векторами развития процесса проектирования зданий и сооружений с древних времен до наших дней. Освещены этапы развития информационного моделирования зданий в связи с развитием IT-технологий в последние десятилетия. Представлен обзор основных разработчиков технологий информационного моделирования и проанализированы концепция и методы формирования единой информационной среды. Приведен анализ эффективности применения BIM-технологий по сравнению с традиционным подходом к процессу проектирования на всех стадиях. Обозначены перспективы развития информационного моделирования. Дальнейшие исследования будут проведены с целью раскрытия перспектив создания информационной модели при помощи графического программирования.*

***Ключевые слова:** процесс проектирования, САПР, информационное моделирование, рабочая среда, формат файлов, эффективность, перспективы.*

***Для цитирования:** Веккер А. И. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства // Шаг в науку. – 2021. – № 4. – С. 40–45.*

INFORMATION MODELING OF INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION OBJECTS

Vekker Artem Igorevich, student, training program 08.03.01 Engineering, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: vekkerartem7@gmail.com

Research advisor: **Rudnev Igor Vladimirovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures, Orenburg State University, Orenburg
e-mail: rui403@yandex.ru

***Abstract.** Starting in 2022, the process of designing buildings and structures in Russia is entering a new era - the era of building information modeling (BIM). The purpose of the study is to fully reveal the issues related to the main vectors of development of the process of designing buildings and structures from ancient times to the present day. The stages of development of information modeling of buildings in connection with the development of IT-technologies in recent decades are highlighted. An overview of the main developers of information modeling technologies is presented and the concept and methods of forming a unified information environment are analyzed. The analysis of the effectiveness of the application in comparison with the traditional approach to the design process at all stages is given. The prospects for the development of information modeling are outlined. Further research will be carried out in order to reveal the possibility of creating an information model using graphical programming.*

***Key words:** Design process, CAD, information modeling, work environment, file format, efficiency, perspective.*

***Cite as:** Vekker, A. I. (2021) [Information modeling of industrial and civil construction objects]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 4, pp. 40–45.*

1. Введение

В начале марта 2021 года премьер-министр России Михаил Мишустин подписал Постановление Правительства РФ № 331¹, в котором, в частности, регламентируется необходимость создания информационной модели здания, а именно: «Установить, что формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства обеспечиваются застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, в случае если договор о подготовке проектной документации для строительства, реконструкции объекта капитального строительства, финансируемых с привлечением средств бюджетов бюджетной системы Российской Федерации, заключен после 1 января 2022 г., за исключением объектов капитального строительства, которые создаются в интересах обороны и безопасности государства».

Согласно Градостроительному кодексу РФ, «информационная модель» объекта капитального строительства представляет собой совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства»².

Таким образом, под информационным моделированием зданий подразумевается процесс, охватывающий весь жизненный цикл здания. Наиболее близки этому процессу технологии PLM, действующие уже более 20 лет в машиностроении. Новый виток интенсивного развития процесса строительного проектирования связан с развитием IT-технологий.

Несмотря на популярность направления, обзорные материалы, аргументировано подтверждающие эффективность применения BIM-технологий в строительстве, в научно-технической литературе, встречаются достаточно редко. Наиболее полно вопросы информационного моделирования зданий освещены в научно-техническом издании «Вестник МГСУ» в статье Гусаковой Е. А. и Овчинникова А. Н. «Перспективы моделирования жизненного цикла объекта капитального строительства информационными потоками»[4], а также в научном журнале «Инженерный вестник Дона» за 2020 год в статье Тальникова Д. М. и Шеина С. Г.

«Недостатки информационной модели здания на всех этапах его жизни и пути минимизации их влияния» [9]. Между тем для понимания векторов развития современного процесса проектирования в целом, в том числе в России, необходимо обратиться к истории проектного дела.

2. История развития проектного дела

Исторически возникновение осознанного проектного дела связывают с именем древнеримского ученого Марка Витрувия Поллиона, написавшего «Десять книг об архитектуре», в которых описаны основные принципы архитектуры, строительные материалы, устройство различных сооружений и основы проекта, отображение их в трёх основных чертежах: *ichnografia* (план этажа), *ortografia* (чертёж) и *skenografia* (перспективный вид).

Большое развитие проектного дела произошло в эпоху возрождения. В это время художники-инженеры первыми разработали эскиз, рабочий чертёж. Как писал американский инженер Юджин Фергюсон в журнале «Инженерия и разум», эта «серия фундаментальных графических изобретений... значительно повысила точность, с которой видение в уме одного человека может быть передано с помощью материальных средств-рисунков через пространство и время в разум другого человека». Эта важная разработка отражает стремление прийти к более наглядной визуализации инженерной мысли.

До эпохи Возрождения дизайн и строительство были основаны почти исключительно на масштабных моделях, изготовленных руками ремесленников. Однако рисование быстрее, дешевле и мобильнее; это позволяет идеям передаваться на расстоянии. Интеллектуальные и концептуальные усилия, связанные с рисованием, становятся двигателем для дальнейшего развития. Это становится средством изобретения, инноваций [8].

Становление процесса проектирования в нашей стране с 17 по 21 века можно разделить на 3 этапа. Первым этапом можно считать становление процесса проектирования с начала эпохи Петра Первого до 30-х годов 20 века. В это время формировались нормы проектирования, разработка моделей отображения производственных и строительных процессов. На рисунке 1 показан проект зданий Академии наук на Стрелке Васильевского острова архитектора Шумахера, на котором отображены планы и фасады зданий, выполненные в едином масштабе.

На первом этапе проектное дело развивалось без революционных преобразований, накапливался опыт выполнения чертежных работ и инженерных

¹ Постановление Правительства РФ от 05.03.2021 № 331.

² Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 30.12.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 10.01.2021).

расчетов, составления спецификаций и смет. Происходило развитие профессионального сообщества проектировщиков: производилось обучение про-

ектному делу, стали появляться специализированные проектные организации.

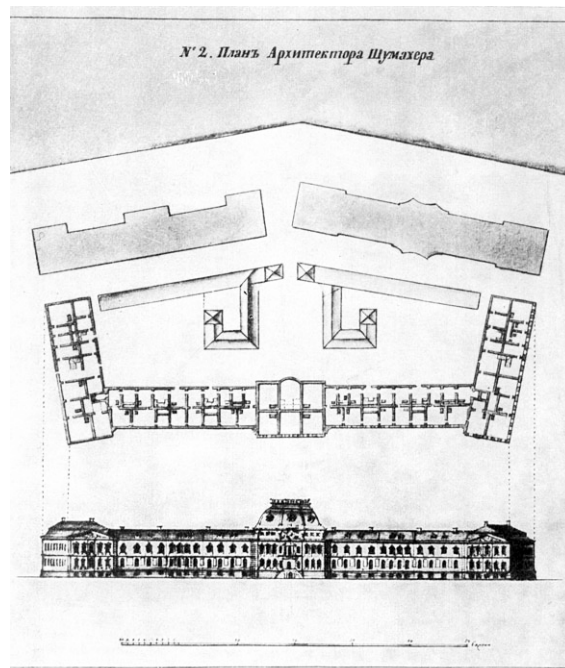


Рисунок 1. Проект зданий Академии наук на Стрелке Васильевского острова архитектора Шумахера
Источник: взято из Санкт-Петербургского архива академии наук[1]

Но в связи с масштабным строительством, а также развитием технологий и инструментария проектирования, внедрения системы централизованного планирования и прогрессивных структур управления проектами, с начала 30-х годов 20 века происходят глобальные изменения процесса проектирования. В это время эффективность проектных решений увеличилась, в том числе, благодаря разработке и применению типовой и серийной проектной документации.

С начала 80-х годов 20 века происходит активная автоматизация процесса проектирования, связанная с появлением систем автоматизированного проектирования, уходом от ручного труда, увеличением точности расчетов и скорости выполнения проектов. Вполне естественно, что, начиная с этого времени и до наших дней, непрерывно меняются принципы, методы и инструменты проектирования [2].

Исторически сложилось, что создание проектов зданий и сооружений в разных странах имеет различное число этапов и стадий. На данный момент в мире существует одностадийное, двухстадийное и многостадийное проектирование. В частности, в США при одностадийном проектировании выполнение проекта сразу сопровождается созданием рабочей документации. В странах Европы проектирование осуществляется в несколько этапов (от 5 до 12) по разделам и фактически является многостадийным.

В соответствии со статьей 48 Градостроительного кодекса РФ в России используется двухстадийное проектирование, а одностадийным методом пользуются при проектировании зданий с небольшими рисками, ошибки при проектировании которых не будут критичны.

Однако в связи с развитием компьютерных технологий на пороге 21 века в мире сформировалась принципиально новая система строительного проектирования, основанная на создании информационной модели здания BIM (Building Information Modeling).

3. История развития BIM

Первый CAD-продукт, способный создавать как 2D, так и 3D-геометрию на персональном компьютере, был разработан в 1987 году венгерской проектной фирмой «Graphisoft», сейчас воспринимается как первое внедрение BIM-технологий. Этот проект, получивший имя «ArchiCAD», в дальнейшем стал и первым коммерческим продуктом с использованием в модели здания информации о физической сущности строительных конструкций. В первое десятилетие 21 века появляются и другие системы, использующие этот принцип моделирования зданий.

Впервые термины «Информационная модель здания» и «Информационное моделирование здания» (включая аббревиатуру «BIM») стали широко использоваться в 2002 году, когда компания «Autodesk» (США) выпустила информаци-

ный нормативный документ под названием «Информационное моделирование зданий». Вскоре другие поставщики программного обеспечения «BentleySystems» (США), «Graphisoft» (Венгрия), «TeklaStructures» (США) также начали заявлять о своем участии в области нормирования информационного моделирования. В 2003 году американский проектировщик Джерри Лайзерин помог популяризировать и стандартизировать термин «Информационная модель» и аббревиатуру BIM как общее название для цифрового представления процесса строительства.

В России вопросы применения принципов информационного моделирования обсуждались, начиная с 1990 года. Изначально речь шла преимущественно

об использовании «ArchiCAD» и «Softdesk», однако к концу 90-х годов 20 века стали появляться собственные наработки в области ПО. Известные программы того времени – «Маэстро» и «АРКО», которые трансформировались в линейку продуктов «ProjectStudioCS», реализующих технологии BIM для промышленных зданий. В конце первого десятилетия 21 века конкурентом линейки продуктов «CS» выступила Российская группа компаний «АСКОН» с концепцией «Mind» (ModelinDrawing). Позже, эта же компания совместно с фирмой 1С занялась разработкой первой российской BIM – системой «Renga», которая уверенно заняла свою нишу в нашей стране [6]. Краткая характеристика актуальных продуктов указанных выше компаний представлена в таблице 1.

Таблица 1. Основные параметры и стоимость одной лицензии систем информационного моделирования зданий, наиболее распространенных в РФ

Раздел Программа	ТГВ	Электросети	А.Р	К.Р	Документация в соответствии с ГОСТ Р 21.101(СПДС)	Цена или бессрочная подписка
«AllPlan»	+	–	+	+	–	440 тыс. руб.
«Revit»	+	–	+	+	–	113 тыс. руб/г
«ArchiCAD»	–	–	+	+	–	140 тыс. руб/г
«Renga»	+	–	+	+	+	55 тыс. руб/г
«Bentley»	+	+	+	+	–	475 тыс. руб.

Источник: разработано автором на основе информации, взятой с официальных сайтов разработчиков программ

4. Формирование концепций информационного моделирования

Безусловно, такие программы как «Revit», «Tekla Structures» и т.п. имеют огромный спектр возможностей от простого создания эскиза до моделирования сооружений со сложной геометрией при помощи графического программирования. Но охватить все строительство одной программой пока что невозможно. Для этого проектные, экспертные и строительные организации формируют под свои цели набор программ. Каждая программа, как известно, может сохранять файлы в определенном формате (с расширением *dwg*, *step*, *cdw* и т.д.), отсюда возникает необходимость единого формата файлов для разных программ. Проблема отсутствия единой рабочей среды была решена концепцией «OpenBIM», которая представляет собой программное обеспечение, использующее открытую модель данных. Концепция «OpenBIM» была основана компаниями «Tekla» и «Graphisoft» и поддерживается различными разработчиками систем автоматизированного проектирования, в том числе компаниями, расположенными на постсоветском пространстве, «АСКОН», «АПМ»

(Россия), «ЛИРА», «СКАД СОФТ» (Украина).

Международная организация, занимающаяся разработкой нормативов передачи и хранения данных для строительной отрасли, «BuildingSMART» создала стандарты: «IFC», «IFD», «IDM» и «MVD». В качестве универсального формата для обмена проектными данными между различными, в том числе инженерными САПР, был принят IFC-формат файлов, что революционно этот обмен упростило. Описанный выше процесс схематически отображен на рисунке 2. Этот формат на данный момент поддерживается многими архитектурными, инженерными и технологическими системами автоматизированного проектирования, в том числе Российскими САПР.

5. Эффективность процесса проектирования на основе BIM

Анализ применения информационного моделирования в ведущих проектных организациях, проведенный разработчиками, показал, что эффективность применения BIM технологий позволяет снизить затраты на процесс проектирования от 10% до 50% при значительном снижении ошибок при создании рабочей документации.

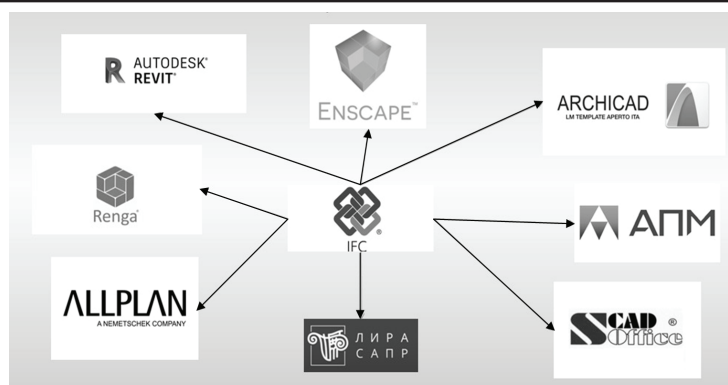


Рисунок 2. Пример программ, взаимодействующих между собой при помощи формата файлов IFC

Источник: разработано автором на основе логотипов программ, указанных на официальных сайтах разработчиков

На диаграмме (рисунок 3) показана зависимость временных и денежных затрат на этапах жизненного цикла объекта недвижимости от типа проектирования. По диаграммам видно, что возможность влиять на стоимость (кривая 1) исправления ошибок с течением времени падает, так как возрастает объем работ, который требует корректировки. Чем больший объем работ требуется для исправления ошибок, тем выше с течением времени стоимость таких исправлений (кривая 2).

Если обратить внимание на основной объем работ при традиционном методе проектирования (область 3), то следует заметить, наибольшие трудозатраты происходят на стадии разработки рабочей документации, стоимость исправления ошибок в которой существенна. При проектировании с по-

мощью BIM-технологий (область 4) основной объем работы выполняется на стадии проектной документации и технико-экономического обоснования, на которых составляется информационная модель. В дальнейшем чертежи и необходимая информация берутся во многом из данной модели, вследствие чего объем работ на следующих этапах сокращается, вместе с возможным количеством ошибок.

Таким образом, при проектировании с помощью BIM-технологий, риск завышенных затрат на этапах создания рабочей документации, при производстве закупок, строительстве и эксплуатации значительно понижается. Это происходит, потому что большинство решений прорабатывается уже на стадиях проектной документации и технико-экономического обоснования.

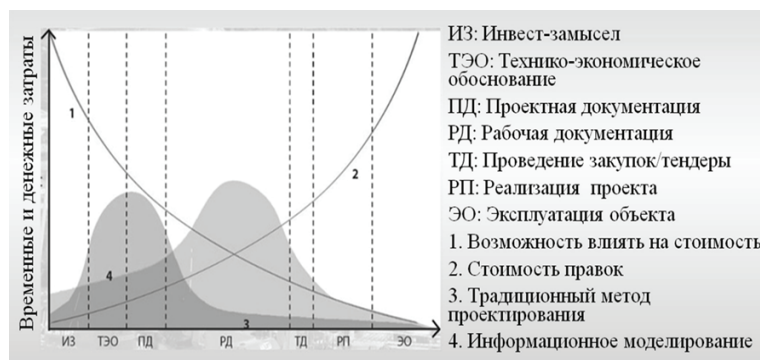


Рисунок 3. График зависимости затрат на различных этапах строительного процесса от типа проектирования

Источник: разработано автором на основе научной статьи [5]

Кроме эффективного использования информационного моделирования в процессе проектирования следует отметить возможность роботизации строительных процессов на базе BIM. В частности, у нового роботизированного производственного оборудования по изготовлению металлических конструкций появилась возможность загружать BIM модель изготавливаемых элементов в программное

обеспечение. В частности, автоматизированный лазерный раскрой металла выполняется после загрузки в систему предварительно разработанного технического чертежа. Числовое программное управление способно воспроизводить контуры любой конфигурации и сложности – от простых единичных деталей до пакетных комплектов из заготовок разных форм и размеров, расположенных на одном листе металла.

На строительной площадке BIM также находит свое применение. Контроль поставок, объемно-планировочных решений и выполненных строительно-монтажных работ выполняется на основе информационной модели посредством визуального планирования (4D модель). В частности, программное обеспечение визуального планирования «NavisworksManage» от компании «Autodesk» позволяет удаленно контролировать нестыковки в поставках и последовательности монтажа строительных конструкций и оперативно определять производственные коллизии [7].

Проанализировать сложные инженерные системы в проекте или же просто объективно и наглядно продемонстрировать объект будущему владельцу недвижимости сегодня возможно с помощью технологии виртуальной реальности (VR) [3].

Выводы:

1. Развитие проектирования, наряду с появлением компьютерных технологий, обеспечило возможность информационного моделирования изделий и производственных процессов.
2. С появлением BIM-технологий процесс

проектирования из двухстадийного и многостадийного переходит в одностадийный, что ускоряет процесс и на порядок снижает количество ошибок в проекте.

3. Эффективность проектирования с применением BIM-технологий увеличивается на 10-50 % при значительном снижении затрат на этапах создания рабочей документации, при производстве снабженческих операций, строительстве, эксплуатации и ремонте зданий.

4. Применение BIM-технологий позволяет полностью автоматизировать жизненный цикл здания от эскиза до утилизации.

Перспектива развития информационного моделирования заключается в создании баз данных стандартных графических элементов и визуально-графических блоков строительных конструкций, зданий и сооружений. Дальнейшие исследования будут проведены с целью определения алгоритмов создания информационной модели при помощи графовизуального программирования, позволяющего значительно ускорить процесс проектирования.

Литература

1. Басаргина Е. Ю. Проекты академического городка на Стрелке Васильевского острова в XVIII в. // СПФ АРАН, 2014. – URL: <http://ranar.spb.ru/rus/books6/id/588/> (дата обращения: 08.03.2021).
2. Войку И. П. Дореволюционный этап истории развития проектного дела в России // Beneficium. – 2020. – № 1 (34). – С. 30–38. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42899999> (дата обращения: 04.03.2021).
3. Гогин А. Г. BIM технологии и их будущее в России // Молодежный научный форум: Технические и математические науки: электр. сб. ст. по материалам XXXVII студ. междунар. заочной науч.-практ. конф. М.: «МЦНО». – 2016. – № 8(37). – URL: https://nauchforum.ru/archive/MNF_tech/8%2837%29.pdf (дата обращения: 03.03.2021).
4. Гусакова Е. А., Овчинников А. Н. Перспективы моделирования жизненного цикла объекта капитального строительства информационными потоками // Вестник МГСУ – 2020. – № 8. – С. 1191–1200. – URL: <http://vestnikmgsu.ru/en/component/sjarchive/issue/article.download/2020/8/1191-1200> (дата обращения: 04.03.2021).
5. Кондратьева М. Е. Планирование затрат на стадиях жизненного цикла строительной продукции // Вестник Поволжского института управления. – 2013. – № 6 (39). – С. 87–91. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21205613> (дата обращения: 04.03.2021).
6. Коломыченко М. «1С» и «Аскон» построят конкурента Autodesk. Газета Коммерсантъ, – 2016, – № 177 (5927). – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3099560> (дата обращения: 03.03.2021).
7. 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: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29911755> (дата обращения: 05.03.2021).
8. Сысоева Е. В. Истоки зарождения строительной науки с древних времен // Строительство: наука и образование, – 2020, – № 1. – С. 1. – URL: <http://www.nso-journal.ru/public/journals/1/issues/2020/01/2305-5502.2020.1.1.pdf> (дата обращения: 04.03.2021).
9. Тальников Д. М., Шеин С. Г. Недостатки информационной модели здания на всех этапах его жизни и пути минимизации их влияния // Инженерный вестник Дона, – 2020, – № 11. – С. 290–299. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44665421> (дата обращения: 05.03.2021).

Статья поступила в редакцию: 18.05.2021; принята в печать: 08.11.2021.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.