

Технологии информационного моделирования при формировании технологических процессов создания монолитных конструкций объектов капитального строительства

М.А. Фахратов, Хуссейн А.М.С. Аль-Джубури, К.В. Полосина

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: К объектам капитального строительства относятся здания, сооружения, строительство которых не завершено. В настоящее время на строительном рынке разработчики программного обеспечения предлагают более 160 вариантов строительных информационных моделей (далее BIM-модель) для комплексного цикла построения строительных систем. BIM в проектировании – это не просто инструмент, поддерживающий современные технологии для инвестирования и реализации строительных проектов. Используя BIM-технологии, анализирующую график выдачи денежных средств и сроки просрочки на текущие даты, удобнее контролировать инвестиционные проекты. Появляется возможность осуществлять электронный документооборот на всех этапах проектного цикла, запускать цифровой контроль строительства, добавлять и корректировать атрибуты модели.

Ключевые слова: информационная модель, техническое задание, объект капитального строительства, организационно-технологическое решение, BIM-модель, элемент модели, монолитная конструкция, реализация строительный проекта.

К объектам капитального строительства (далее-ОКС) относятся здания, сооружения, строения, а также объекты незавершенного строительства, за исключением некапитальных строений.

ОКС- здание и сооружение, надежно связанное с земельным участком, которое невозможно перенести с места без демонтажа конструкций, и без изменения прочностных характеристик. Например, к таким зданиям можно отнести многоквартирные дома, частные дома, стадионы, школы, университеты, здания для промышленных и производственных целей. В отличие от ОКС, некапитальные здания, такие, как навесы, беседки или торговые павильоны, не являются недвижимостью [1].

Из сообщений международного конгресса по теме технологического информационного моделирования [2,3], с целью реализации инвестиционного проекта, были выделены комплексные задачи цифровых

моделей и установлены общие основные требования к программному обеспечению [4,5]. В настоящее время, на строительном рынке разработчики программного обеспечения предлагают более 160 вариантов строительных информационных моделей (далее BIM-модель) на комплексный цикл по ОКС [6].

Технологии информационного моделирования предоставляют возможность применить современные подходы к проектированию, строительству и эксплуатации. Они позволяют объединить различные информационные обеспечения, что значительно упрощает и удешевляет процесс планирования и визуализации объекта. Благодаря высокой конкуренции между компаниями по разработке приложений, перейти на BIM-модели промышленного и гражданского строительства становится менее проблематично [7].

Процесс BIM-моделирования является открытым для всех участников реализации проекта ОКС (Таблица №1).

Точную оценку эффективности применения BIM, тем не менее, необходимо рассматривать на каждом проекте отдельно. В зависимости от выделяемого бюджета и источника финансирования, процент внедрения информационного моделирования может быть разным. Использование сведений и данных об ОКС организует надежную среду и является основой для любых технологических решений на всех стадиях жизненного цикла объекта [8,9].

На сегодняшний день применение инновационных технологий на этапе проектирования наиболее популярно и активно реализуется в проектных компаниях. После согласования исходно-разрешительной документации, с целью заключения договора на выполнение проектных работ, необходимо разработать техническое задание (далее ТЗ) [10].

Таблица №1.

Увеличение популярности BIM на различных этапах при строительстве ОКС

№ п/п	Участники реализации строительного проекта	Увеличение популярности применения BIM на различных этапах реализации строительного проекта, в %			
		Подготови тельный период	Проектиро вание (разработк а ПД, РД)	Период строительств а (в том числе, подготовка технической отчетной документаци и)	Период эксплуатации
1	2	3	4	5	6
1	Застройщик или заказчик	51%	20%	19%	10%
2	Проектировщ ик, авторский надзор	15%	65%	15%	5%
3	Генподрядчик	15%	25%	50%	10%
4	Эксплуатация	25%	5%	15%	55%

В ТЗ необходимо включать исходные данные планируемых работ, инженерные (такие, как геологические, гидротехнические, геодезические) изыскания, требования к объекту, технико-экономические показатели и предполагаемая проектная стоимость строительства.

Качественные и количественные показатели, которые входят в основной состав проектной документации, должны быть привязаны к

стоимостным характеристикам и соответствовать требованиям нормативных документов [11].

При формировании технического задания на выполнение монолитных конструкций ОКС, используется BIM-моделирование (Таблица №2).

Таблица № 2.

Технические требования к представлению результатов BIM-моделирования

№ п/п	Общие требования к BIM-модели	Требования к качеству BIM-модели:
1	2	3
1	Моделирование всех объектов должно проводиться в соответствии с их истинными размерами в масштабе 1:1, в метрической системе измерений (мм, м ² , м ³).	Наличие проверки на проектные ошибки (например, недостаточная высота между коммуникациями и полом).
2	Все элементы BIM-модели должны быть строго классифицированы по типам и категориям объектов на основе библиотечных элементов. 3D визуальное отображение BIM-модели не должно содержать неклассифицированные элементы.	Наличие проверки на коллизии (конфликты, пересечения).
3	Все основные элементы и объекты BIM-моделей должны иметь габаритные размеры, соответствующие фактическим строительным элементам.	Соответствие нормам проектирования.
4	Элементы модели должны содержать атрибутивную информацию по материалам (отделка, класс бетона, марки стали и пр.), техническим и технологическим характеристикам, производителям, маркировкам и артикулам в объеме, достаточном для выпуска проектной/рабочей документации.	Проверка элементов на самопересечение и дубли.

№ п/п	Общие требования к BIM-модели	Требования к качеству BIM-модели:
1	2	3
5	Структура BIM-модели должна иметь разбиение (группировку) на функциональные части: разделы проекта, этажи, секции, функциональные зоны, уровни и пр.	«Неразрывные» элементы BIM-модели не должны состоять из нескольких частей, а также в BIM-модели не должно быть дублированных и перекрывающихся объектов.
6	В структуре BIM-модели наименования разделов проекта и инженерных систем должны соответствовать наименованиям и обозначениям в Проектной документации.	Все файлы BIM-модели должны быть проверены на «жесткие» (столкновения) и «мягкие» (проверка допустимых расстояний/зазоров) коллизии (должны быть обнаружены коллизии с превышением технологического допуска на 15 мм).
7	Все разделы проекта (архитектура, элементы конструктивного каркаса, и др.) должны иметь различные цветовые решения.	В BIM-модели не допускается использовать классифицированные элементы не по назначению (например, запрещено использовать объект «стена» для моделирования элементов лестничных маршей, колонн, балок, скатов кровли и т.д.)
8	BIM-модель должна обеспечивать автоматизированное изменение графических частей проектной/рабочей документации, при внесении изменений в BIM-модель.	Необходимо оповещение об обновлении данных, размещенных в области данных «Общий доступ» BIM-модели, в соответствии с планом реализации BIM-модели.
9	BIM-модель должна обеспечивать автоматизированное изменение текстовых частей проектной/рабочей документации, при внесении изменений в BIM-модель.	Средний уровень детализации BIM-модели при предоставлении отчетов о выполнении 2-ого этапа выполнения работ – не ниже LOD 400.

Требования к информационным моделям ОКС применяются только для зданий социальной сферы, т.е., к зданиям следующего функционального назначения:

- административно-деловые объекты;
- многоквартирные дома;
- амбулаторно-поликлинические объекты;
- учебно-образовательные и воспитательные объекты.

ВМ-модель включает в себя всю информацию о строительном объекте на всех этапах жизненного цикла ОКС. С помощью модели появляется возможность спланировать закупки материалов, координировать календарный график производства бетонных работ, контролировать сроки сдачи и передачи объекта в эксплуатацию [12]. Представители участников проектных процессов работают с информационной моделью, вносят корректировки, например, с учетом изменения технического задания на проектирование. Работая одновременно, коллеги не создают проблем друг для друга и продолжают работать без негативного влияния в обычном режиме.

Информационная модель-это точная копия проектируемого или строящегося ОКС. ВМ-модель-это структурированный набор информации о данном объекте, результатом которого является качественный, не содержащий нагромождений графический объект, пригодный для расчета, анализа, модификации использования в различных программных обеспечениях (Рис.1).

При создании модели, в ней содержится информация о конструкции здания, а также сведения о нагрузках и используемых материалах. Характеристики элементов модели автоматически изменяются при внесении в нее изменений. Программа также может выполнять расчеты

энергопотребления, определять нагрузки на отопление и рассчитывать среднюю освещенность здания [13].

Как показывает анализ практики, управление инвестиционно-строительными процессами с помощью цифрового формата интегрированных информационных моделей, не только устраняет проектные конфликты, сроки обработки, систематизации и передачи данных, но и обеспечивает полный контроль реализации проекта по времени и стоимости [14].

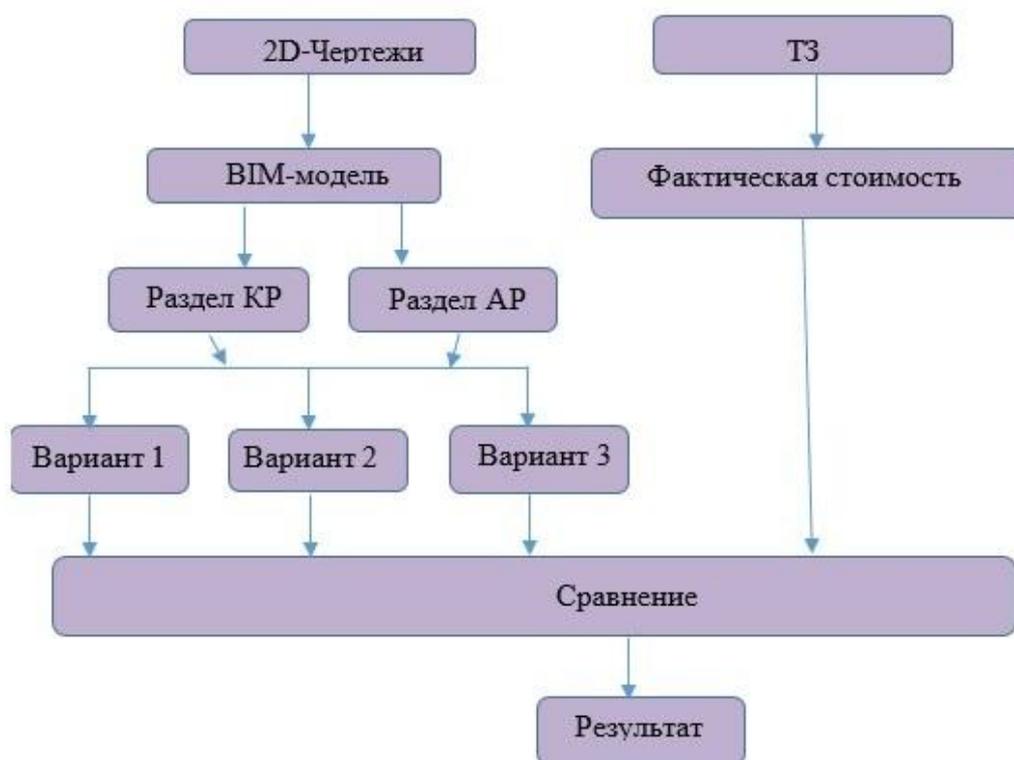


Рис. 1. – Алгоритм формирования информационной модели при создании технического задания на выполнение монолитных конструкций объекта капитального строительства.

В трудоемких процессах строительства и эксплуатации ОКС с участием многих хозяйствующих субъектов и использованием огромного количества разнообразных материалов, прозрачность оборота является едва ли не главным фактором обеспечения надежности и экономической

эффективности строительного процесса. Последнее в настоящее время осуществляется в форме проектного финансирования под непосредственным контролем банка [15].

Необходимыми условиями для этого являются:

- структурированный документооборот;
- прозрачность выполнения работ;
- хранение данных по всем видам строительно-монтажных работ;
- онлайн-проверка документов.

В настоящее время технологии информационного моделирования при формировании технического задания на выполнение монолитных конструкций ОКС –это подход к строительству, оснащению, обслуживанию и ремонту зданий (управление жизненным циклом объекта), предполагающий сбор и комплексную обработку исходных данных в процессе проектирования (Рис. 2).

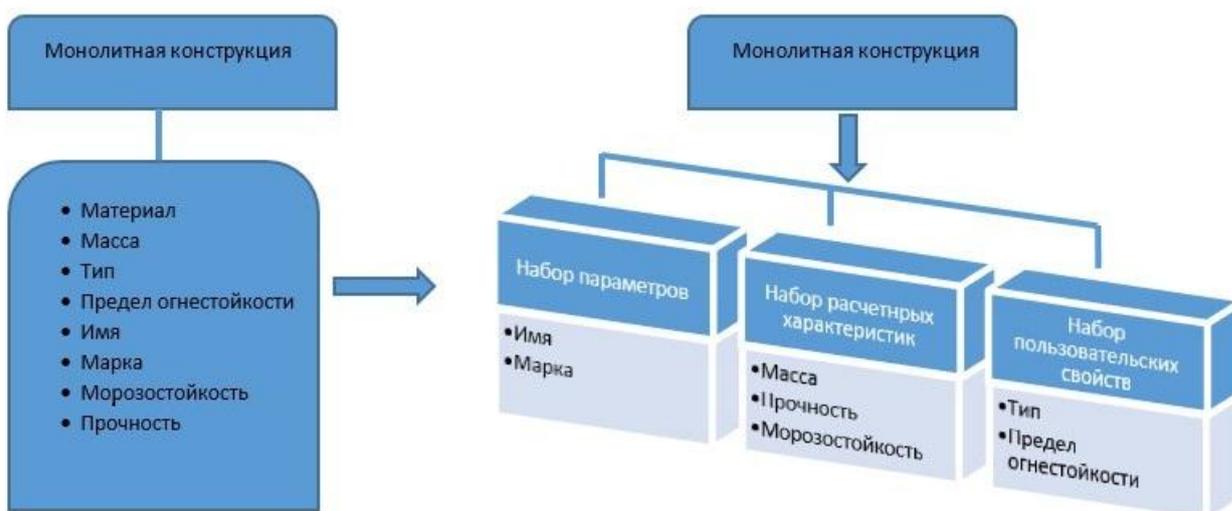


Рис. 2. – Методология формирования информационного моделирования при создании технического задания по выполнению монолитных конструкций объекта капитального строительства.

Для того, чтобы правильно применить BIM-технологии, необходимо понимать, каковы преимущества и недостатки использования данной технологии для предприятий разных масштабов и понимать плюсы и минусы данной информационной среды [16].

Положительные характеристики информационной среды:

1. снижение затрат на строительство и более эффективная работа с ресурсами;
2. рост контроля за расходами и прогнозированием;
3. снижение количества ошибок при проектировании и производстве;
4. снижение сроков строительства объекта, сокращение времени на подготовку рабочей документации;
5. возможность выбора из нескольких вариантов наиболее оптимальных по времени и ресурсам;
6. улучшение коммуникаций между участниками проекта.
7. упрощение проектирование уникальных сооружений и зданий.

Отрицательные характеристики информационной среды:

1. дороговизна и недоступность программного обеспечения;
2. не существует завершённой надлежащей нормативной правовой базы;
3. нерациональное внедрение предприятия может привести к большим убыткам и даже банкротству;
4. разработка программного обеспечения в странах Европейского Союза.

BIM в проектировании – это не только инструмент, поддерживающий современные технологии инвестиций и внедрения строительных проектов [17]. Это также сложная инновационная структурированная технология с новым программным обеспечением для её реализации. BIM дает организациям возможность перейти на качественно новый уровень работы, характеризующийся автоматизацией многих рутинных процессов.

С помощью технологии BIM, которая анализирует график освоения денежных средств и своевременность оплаты, назначенной на конкретную дату, более удобно осуществлять мониторинг инвестиционных проектов. Появляется возможность осуществлять электронный документооборот на всех стадиях проектного цикла, запускать цифровой строительный контроль, добавлять и корректировать атрибуты модели [18]. Создавать сметную документацию на основе технологий информационного моделирования, вести журналы производства работ и создавать отчеты, также становится удобнее. Кроме того, в сфере договорных обязательств открывается возможность анализа контрактов и договоров по их текущим статусам и видам, что создает основу для последующего перехода к BIM –контрактам [19].

Важно также отметить, что BIM является превосходным инструментом для формирования заказов, поставки и сопоставления номенклатуры, а также в процессе списания и перемещения товарно - материальных ценностей из склада. Автоматизированная работа по составлению смет позволяет сделать процесс формирования закрывающих документов более функциональным.

Учитывая все вышеперечисленное, внедрение информационных технологий (BIM) в ОКС потребует достаточно много времени, трудоемкости и денежных затрат, а использование комплексных модулей для оптимизации бизнес-процессов позволит сократить сроки, оптимизировать процесс реализации проекта, а также увеличить прибыль от внедрения BIM-модели.

Литература

1. Дорошенко Т.Г. Проектирование, строительство, ремонт объектов капитального строительства в инвестиционно-строительном бизнесе: учебно-методическое пособие. Иркутск, 2008. 391 с.
 2. Первый Объединенный Евразийский Конгресс «ТИМ – Сообщество 2021. Люди. Технологии. Процессы».
-



3. Второй Объединенный Евразийский Конгресс «ТИМ – Сообщество 2022. Люди. Технологии. Стратегия».
 4. Sheina S. Application of geographic information system for forward planning of the russian federation subject rural areas // MATEC Web of Conferences, XXVII RSP Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering. 2018. P. 196.
 5. Bouzan G.B., Fazzioni P.F.P.C., Faisca R.G., & Soares, C.A.P. (2021). Building facade inspection: A system based on automated data acquisition, machine learning, and deep learning image classification methods. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2021. Vol. 16, No. 14. PP.1516-1527.
 6. Золина Т.В., Рассказова С.В. Использование информационных технологий в строительстве // Перспективы развития строительного комплекса № 12. 2018. Сс. 433-437.
 7. Добросердова Е.А., Рахматуллина Е.С. Оценка конкурентных позиций предприятия как элемент разработки стратегии // Российское предпринимательство. 2016. Сс. 621-630.
 8. Цопа Н.В. Информационное моделирование взаимодействия участников инвестиционно- строительного проекта в рамках цифровой экономики // Инновационное развитие строительства и архитектуры: взгляд в будущее: сборник тезисов участников Международного студенческого строительного форума 2018. Симферополь. 2018 г. Сс. 183-186.
 9. Селютина Л.Г. Значение информационного моделирования строительных процессов и объектов проектирования в современных условиях // Informatization of society: socio-economic, socio-cultural and international aspects / Materials of the V International Scientific Conference on January 15-16. 2015. pp. 9-10.
-



10. Синенко С.А. Современные информационные технологии в работе службы заказчика (технического заказчика) // Научное обозрение. № 18. 2015. Сс. 156-159.
 11. Лapidус А.А., Абрамов И.Л., Мартьянова А.А. Внедрение цифровых технологий в строительную отрасль // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы 2019: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Москва. 2019. Сс. 326-330.
 12. Тамразян А.Г., Филимонова Е.А. Структура целевой функции при оптимизации железобетонных плит с учетом конструкционной безопасности // Промышленное и гражданское строительство. № 9. 2013. Сс. 14-15.
 13. Викторов М.Ю. Цифровизация процессов реализации инвестиционно-строительных проектов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость № 4 (35). 2020. Сс. 516-523.
 14. Яськова Н.Ю. Строительство в контексте новых взглядов на цели экономического развития // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость № 1 (24). 2018. Сс. 133-142.
 15. Дорошенко Ю.А., Бухонова С.М., Евтушенко Е.И., Хожаев И.С. Инновационные проекты промышленных предприятий: методы оценки эффективности. Изд.: БГТУ им. В.Г.Шухова. 2011. 155 с.
 16. Полосина К.В. Исследование структуры построения схемы информационной модели земляных работ // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 10 (124). Сс. 18-21.
 17. Коровина М.Д. Сложности перехода к BIM проектированию // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук № 12 (3). 2016. Сс. 124-127.
-



18. Уськов В.В. Компьютерные технологии в подготовке и управлении строительных объектов // Учебное пособие. М.: Инфра-Инженерия. 2013. 320 с.
19. Ali A. K., Lee O. J., Song H. (2021). Robot-based facade spatial assembly optimization. *Journal of Building Engineering*, 33. Doi:10.1016/j.job.2020.101556.

References

1. Doroshenko T.G. [Design, construction, repair of capital construction facilities in the investment and construction business]: Ychebno-metodicheskoe posobie. Irkutsk. 2008. 391 p.
2. «TIM Soobshhestvo 2021. Ljudi. Tehnologii. Processy» [The First United Eurasian Congress "TIM – Community 2021. People. Technologies. Processes].
3. «TIM Soobshhestvo 2022. Ljudi. Tehnologii. Strategija» [The Second United Eurasian Congress "TIM – Community 2022. People. Technologies. Strategy].
4. Sheina S. MATEC Web of Conferences, XXVII RSP Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering. 2018. P. 196.
5. Bouzan G. B., Fazzioni, P. F. P. C., Faisca, R. G., & Soares, C. A. P. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2021. Vol. 16, No. 14. PP.1516-1527.
6. Zolina T.V., Rasskazova S.V. *Perspektivy razvitija stroitel'nogo kompleksa* № 12. 2018. Pp. 433-437.
7. Dobroserdova E.A., Rahmatullina E.S. *Rossijskoe predprinimatel'stvo*. 2016. Pp. 621-630.
8. Copa N. V. *Innovacionnoe razvitie stroitel'stva i arhitektury: vzgljad v budushhee: sbornik tezisov uchastnikov Mezhdunarodnogo studencheskogo*

- stroitel'nogo foruma_2018, 22–24 nojabrja 2018 g., Simferopol'. Simferopol': OOO «Izdatel'stvo Tipografija «Arial». 2018. Pp. 183–186.
9. Seljutina L.G. Informatization of society: socio-economic, socio-cultural and international aspects. Materials of the V International Scientific Conference on January 15-16. 2015. Pp. 9-10.
 10. Sinenko S.A., Kuz'mina T.K. Nauchnoe obozrenie. 2015. № 18. Pp. 156-159.
 11. Lapidus A.A., Abramov I.L., Mart'janova A.A. Sistemotehnika stroitel'stva. Kiberfizicheskie stroitel'nye sistemy 2019: Sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Moskva. 2019. Pp. 326-330.
 12. Tamrazjan A.G., Filimonova E.A. Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo № 9. 2013. Pp. 14-15.
 13. Viktorov M.Ju. Izvestija vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost № 4 (35). 2020. Pp. 516-523.
 14. Jas'kova N.Ju. Izvestija vuzov. Investicii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' № 1 (24). 2018. pp. 133-142.
 15. Doroshenko Ju.A., Buhonova S.M., Evtushenko E.I., Hozhaev I.S. Innovacionnye proekty promyshlennyh predpriyatij: metody ocenki jeffektivnosti [Innovative projects of industrial enterprises: methods of efficiency assessment]. Izd.: BGTU im. V.G.Shuhova. 2011. 155 p.
 16. Polosina K. V. Nauka i biznes: puti razvitija. 2021. № 10 (124). pp. 18-21.
 17. Korovina M.D. Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. № 12 (3). 2016. Pp. 124-127.
 18. Us'kov V.V. Komp`yuterny`e texnologii v podgotovke i upravlenii stroitel`ny`x ob`ektov. [Computer technologies in the preparation and management of construction projects]. Uchebnoe posobie. M.: Infra-Inzhenerija. 2013. 320 p.
-



19. Ali A. K., Lee O. J., Song H. 2021. Journal of Building Engineering, 33
Doi: 10.1016/j.jobe.2020.101556.

Дата поступления: 16.11.2023

Дата публикации: 29.12.2023