

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-6.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/180TVN617.pdf>

Статья опубликована 04.02.2018

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Кузина О.Н. Верификация информационной модели здания на этапе перехода от проектной стадии к строительству (от D-BIM к C-BIM) // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/180TVN617.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 62**

**Кузина Ольга Николаевна**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Россия, Москва<sup>1</sup>

Кафедра «Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве»

Доцент, кандидат технических наук

E-mail: [KuzinaON@mgsu.ru](mailto:KuzinaON@mgsu.ru)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1671-7300>

## **Верификация информационной модели здания на этапе перехода от проектной стадии к строительству (от D-BIM к C-BIM)**

**Аннотация.** В статье описывается цикл развития информационных моделей в зависимости от стадии жизненного цикла здания. Показаны предпосылки и основные принципы системы проверки с инструментами для проверки моделей. Алгоритм верификации информационной модели со специфическими свойствами модели C-BIM (на этапе строительства). Состав информационной модели на этапе строительства. Основные направления, которые необходимо отслеживать при помощи BIM-модели. Описание особенностей модели C-BIM, причины возможных проблем при тестировании модели. Описание анализа надежности решений при проверке. Входные и выходные данные для моделирования каждого этапа жизненного цикла объекта, а также технико-экономические показатели информационной модели по стадиям.

**Ключевые слова:** верификация; строительство; автоматизированное проектирование; моделирование; информационная модель; жизненный цикл объекта; эксплуатация; переустройство зданий технико-экономические показатели

### **Введение**

Необходимость автоматизированной проверки BIM-моделей для поиска ошибок и для приведения их в соответствие с правилами и нормами возникла практически одновременно с запуском технологии информационного моделирования. Однако большинство исследований по этой теме касались моделей, разработанных на этапе проектирования жизненного цикла, и прошедших государственную экспертизу.

---

<sup>1</sup> 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

Информационная модель здания (ВІМ) – это хорошо скоординированная, когерентная и взаимосвязанная модель объекта, параметры которой рассчитываются и анализируются, элементы модели имеют геометрическую привязку, разрабатывается с помощью определенного программного обеспечения.

Состав ВІМ-моделей на каждом этапе жизненного цикла отличается количеством и качеством информации. На стадии предпроект (ТЭО) PRE-ВІМ модель содержит данные об основных проектных решениях и технико-экономических показателях объекта, показатели и технические условия на подключение к инженерным сетям. На стадии проектирования – D-ВІМ модель содержит данные в виде N-D моделей в соответствии с комплектностью проектной документацией, определенной ППРФ №87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». На стадии строительства – С-ВІМ модель формируется на основе проектной, с учетом данных по актам выполненных работы, исполнительных документов, журнала авторского надзора, журнала технического надзора подрядчика и заказчика. На стадии управления объектом и эксплуатации систем – E-ВІМ модель формируется на основе С-ВІМ модели и дополняется информацией по эксплуатационным затратам на энергоносители, данным мониторинга систем автоматизации и учета показателей работы систем. На стадии переустройства – RE-ВІМ модель дополняется планом и фактом выполнения ремонтных работ, проектами реконструкции / реновации / рекомпозиции / ретривации / реставрации / реабилитации технической [1].

Однако переход из одной стадии в другую может сопровождаться потерей некоторых данных или некорректного использования имеющейся информации. Кроме того, при работе в моделях каждого последующего этапа могут появиться отклонения от параметров предыдущей модели. Применение систем мониторинга и управления в ВІМ-моделях на каждом этапе жизненного цикла здания повысит эффективность управления строительными процессами и поможет выявить отклонения от установленных параметров, тем самым позволяя своевременно предпринимать корректирующие действия. [5, 6]

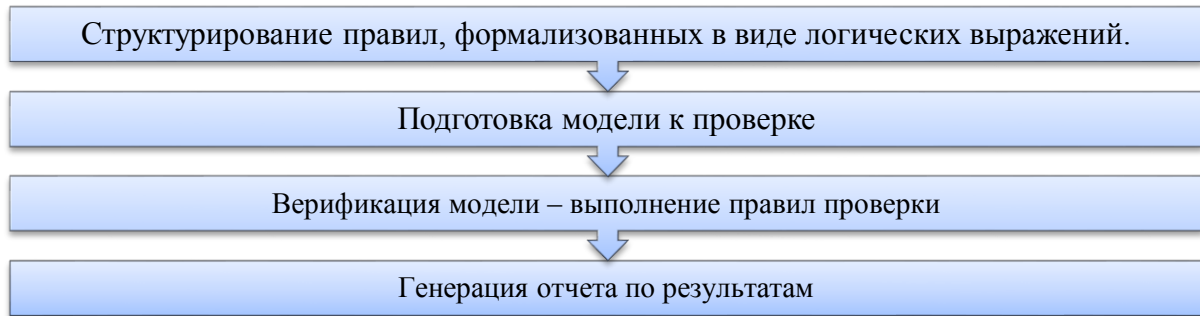
## Методы

Инструмент выполнения проверки правил для ВІМ-модели может быть реализован в виде платформ различного типа, а именно:

- как приложение, встроенное в инструмент проектирования, например, плагин;
- как автономное приложение, работающее параллельно с инструментом проектирования;
- как веб-приложение, которое позволяет загружать проекты из разных источников.

Каждая из перечисленных платформ применима для определенных целей. В настоящее время разработки в большей степени сосредоточены в области веб-версий подобных программ.

Выполнение проверки информационной модели может быть в целом представлено в виде следующего алгоритма на рисунке 1.



**Рисунок 1.** Последовательность проверки модели (разработано автором)

Программы проверки правил как правило работают с IFC моделью. IFC является универсальным форматом в области информационного моделирования. На основе изначальной IFC модели при необходимости могут генерироваться дополнительные представления, из которых будет извлекаться информация, необходимая для проверки, но не представленная в основной модели. Результаты, которые были получены в процессе проверки модели, должны быть представлены специалисту в удобном для изучения виде. Также должны быть предложены варианты устранения выявленных ошибок.

Особенностью перехода от D-BIM к C-BIM модели здания на этапе строительства является изменения типа модели. D-BIM модель является статической, так как окончательные решения были утверждены экспертами органов экспертизы проекта, C-BIM является исключительно динамической.

Чтобы понять какие проверки необходимы для BIM-модели здания на этапе строительства, в первую очередь необходимо определить, какую информацию содержит модель на данном этапе жизненного цикла. [2]

По завершении этапа проектирования заказчик получает прошедшую экспертизу модель, которая и является основой для строительства. Одним из необходимых результатов проектирования является проект организации строительства (ПОС).

Проект организации строительства (ПОС) – это документация, в которой укрупнено решаются вопросы рационального размещения объекта, организационно-технологические принципы возведения проектируемого объекта, решения планово-финансовых вопросов, обоснования продолжительности, трудоемкости и сметной стоимости строительства, увязки объемно-планировочных и конструктивных решений с организационно-технологическими требованиями, учитывающими конкретные условия строительства, создания условий для организации своевременного материально-технического обеспечения [10].

Однако, как правило, перед началом строительства ПОС дает основу для разработки проекта производства работ ППР.

При построении динамической модели C-BIM выстраивается последовательность работ таким образом, чтобы специализированные потоки выполнялись бригадами постоянного состава на определенных организационно-пространственных модулях, реализуя методологию поточного строительства. Далее при учете данных из технологических карт появляется информации и дополнительные изображения, отражающие ход строительства, такие как временные конструкции и приспособления, строительные машины осуществляют движение по строительной площадке по оптимальной схеме, поэлементно учитываются данные по строительным-монтажным работам с учетом трудоемкости процессов и расходов всех вида материалов на единицу измерения.

Главная задача строительства – это возведение объекта, то есть последовательное наращивание его объема. Поэтому основным назначением технологии информационного моделирования на данном этапе жизненного цикла здания или сооружения является организация и планирование этого процесса.

Проверить правильность модели можно несколькими способами: сопоставить результаты, полученные в ходе моделирования, с реальными наблюдаемыми данными (на основе объектов-аналогов, например).

Построив BIM-модель, можно приступить к исследованию ее поведения при различных комбинациях влияющих факторов. Для этого необходимо выяснить, какие и сколько комбинаций факторов нужно взять, чтобы решить поставленную задачу. В реальных условиях на каждый момент времени может приходиться множество факторов. Отбрасывание недопустимых и маловероятных комбинаций факторов сокращает трудоемкость и время проверки модели, но иногда оно необходимо, чтобы приблизить модель к реальным условиям. Если не учесть важные комбинации факторов, то есть риск получить искаженные результаты и не решить поставленную задачу [8].

Другой проблемой является оценка точности и достоверности полученных результатов. Например, как правильно оценить достоверность и точность полученных выводов при оценке сроков выполнения операций отдельно взятого специализированного потока. В общем виде задача формулируется так: в ходе моделирования оценивается зависимость интересующего параметра (например, срок выполнения) исследуемого объекта от влияющих факторов.

Чем выше доля объясненной дисперсии, тем достовернее поведение объекта. Важно отметить, что чем больше факторов учтено в модели, тем больше в принципе можно получить объясненную дисперсию, но влияние каждого фактора при этом оценивается статистически. Чем больше факторов требуется учесть, тем меньше точность оценки влияния каждого из них. Идеальная модель объекта на стадии строительства – это компромисс, при котором малым числом факторов удастся объяснить большую часть изменений в объекте. Факторы могут быть внешними и внутренними. Это параметры состояния объекта и его составляющих, а также взаимосвязи между данными параметрами.

Можно выделить следующие основные направления, которые необходимо отслеживать при помощи BIM-модели:

1. Контроль сроков строительства, то есть соотнесение фактического состояния объекта с планируемыми во времени результатами строительства (соответствие выполненных объемов работ нормативным/расчетным срокам выполнения).
2. Контроль расходования денежных средств, то есть соотнесение фактических затрат на строительство объекта с планируемыми по каждому виду работ в специализированном или объектном потоке.
3. Контроль поставки материалов (объемы, сроки, расположение на складе).

Выполнение описанных контролирующих действий правильнее выполнять не визуально, а в автоматическом режиме, при помощи соответствующей программы или плагина проверки.

Вернемся к рассмотренному ранее алгоритму проверки правил и уточним каждый из этапов применительно к проверкам на стадии строительства объекта. Основным правилом в данном случае будет являться соответствие фактических результатов, внесенных в C-BIM модель, с результатами эталонной проектной модели D-BIM. При их несоответствии необходимо определить разницу во времени или денежных средствах, как основные индикаторы изменений технико-экономических показателей объекта. Подготовительными

мероприятиями для проверки будут являться: определение последней технологической операции, определение всех элементов, присутствующих в модели, подсчет стоимости этих элементов. Полученные данные будут использоваться для выполнения сравнения [3, 4].

Целесообразно автоматизировать систему так, чтобы виртуальная модель объекта С-BIM сохраняла отчеты по всем произведенным отклонениям от модели D-BIM. В рамках отчета помимо выявленных отклонений, должны быть отражены предложения по корректировочным мероприятиям (например, изменение календарного плана или сметы).

### Результаты

На этапе строительства С-BIM модель позволяет:

- принимать оперативные проектные решения (при возникновении обоснованных изменений) и решения по планированию работы на строительной площадке;
- создавать точную и полную исполнительную документацию;
- вести учет расходования средств в соответствии со сметными расчетами и контролировать объемы выполненных работ;
- своевременно заказывать материалы и оборудование, обеспечить их доставку точно в соответствии с моделью планирования;
- управлять человеческими ресурсами при возведении здания, распределять зарплату;
- управлять основными средствами и эксплуатировать системы и здание в целом в течение производства работ на строительной площадке и пр.

Очевидно, что задачи, решаемые BIM на укрупненных стадиях жизненного цикла здания (техническое задание, проектирование, строительство, эксплуатация, переустройство/снос), разные, а это определяет существенные отличия в требованиях к структуре и наполнению используемой информационной модели.

В таблице 1 отражены данные по типам и видам документации на каждом этапе жизненного цикла объекта (ЖЦО) [2, 7].

**Таблица 1**  
**Входные и выходные данные для моделирования каждого этапа ЖЦО**

	PRE-BIM	D-BIM	C-BIM	E-BIM	RE-BIM
<b>Исходные данные</b>	ТУ	ТЗ на проектирование, нормативы	5D модель, утвержденная экспертизой	N-D модель	N-D модель+
<b>Конечный документ</b>	ТЗ на проектирование	Заключение экспертизы	Заключение о соответствии, ввод в эксплуатацию	Отчет об обследовании объекта	Ввод в эксплуатацию системы или объекта
<b>Тип модели</b>	2D модель	5D модель	N-D модель	N-D модель+	N-D модель++
<b>ТЭП</b>	ТЭП <sub>1</sub>	Уточненные ТЭП <sub>2</sub>	ТЭП <sub>3</sub>	ТЭП <sub>3</sub>	ТЭП <sub>4</sub>

*Разработано автором*

2D модель – это плоские чертежи и данные представленные в текстовой и числовой форме;

5D модель – это трехмерная модель с учетом данных по стоимости и срокам возведения объекта с привязкой к календарю;

N-D модель – это многомерная модель, учитывающая все оперативные действия на строительной площадке в каждый момент времени;

N-D модель+ – это многомерная модель с учетом данных по результатам мониторинга работы инженерных систем здания, эксплуатационных затрат и результатом обследования здания и систем для дальнейшего переустройства;

N-D модель++ – это эксплуатационная многомерная модель с учетом данных по проекту и факту выполнения работ по переустройству объекта (реконструкции / реновации / ретривации / реверсации / рекомпозиции / реставрации / реабилитации / рециклингу / реиквипменту);

ТЭП<sub>1</sub> – строительный объем здания, общая площадь, укрупненная сметная стоимость, мощность объекта, укрупненная сметная стоимость на м<sup>2</sup> и м<sup>3</sup>, нормативная продолжительность строительства, протяженность инженерных сетей, мощность энергоснабжающих устройств, потребность в энергии и др.

Уточненные ТЭП<sub>2</sub> – строительный объем здания, общая площадь, сметная стоимость, мощность объекта, сметная стоимость на м<sup>2</sup> и м<sup>3</sup>, сметная стоимость СМР и оборудования, нормативная продолжительность строительства, расчетная продолжительность строительства, протяженность инженерных сетей, мощность энергоснабжающих устройств, потребность в энергии, общая трудоемкость, планируемая средняя выработка на 1 человека в день, среднесписочное число рабочих и др.

ТЭП<sub>3</sub> – строительный объем здания, общая площадь, стоимость строительства, мощность объекта, стоимость на м<sup>2</sup> и м<sup>3</sup>, стоимость СМР и оборудования, продолжительность строительства, протяженность инженерных сетей, мощность энергоснабжающих устройств, потребность в энергии, общая трудоемкость, средняя выработка на 1 человека в день, среднесписочное число рабочих, срок окупаемости, показатели работы всех инженерных систем здания, тарифы на оплату электричества, теплоснабжения, водоснабжения, канализации, газа и др.

ТЭП<sub>4</sub> – строительный объем здания, общая площадь (возможно измененная), сметная стоимость переустройства, мощность объекта, стоимость на м<sup>2</sup> и м<sup>3</sup>, стоимость СМР и оборудования, продолжительность переустройства, протяженность инженерных сетей (возможно измененная), мощность энергоснабжающих устройств, потребность в энергии, общая трудоемкость на переустройство, средняя выработка на 1 человека в день, среднесписочное число рабочих, срок окупаемости, показатели работы всех инженерных систем здания и др. [1, 10]

Для проведения верификации созданной динамической модели C-BIM необходимо:

- Разработать стандарты по сопоставлению интересующих факторов и определить их логическое выражение.
- Разработать техническое задание на создание автоматизированного алгоритма проверки и внесения изменений в объединенной модели.
- Разработать форматы отчетной информации, подтверждающей необходимость и легитимность вносимых изменений.

### Заключение

Наличие инструмента верификации модели на этапе строительства для заказчика является мощным инструментом управления, который позволит разрешать коллизии и находить решения, влияющие на дальнейший ход строительства и его успешное завершение.

Создавая во времени накопительные модели по цепочке PRE-BIM => D-BIM => C-BIM => E-BIM => RE-BIM, формируется описание работы системы и появляется возможность анализировать реальность предстоящих доработок, изменений, спектр необходимых затрат всех видов ресурсов, а также наиболее оптимальные организационно-технологические модели работы подсистем [8, 9].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чулков В. О., Кузина О. Н. Функциональное моделирование строительного переустройства непроизводственных объектов / Вестник МГСУ. 2012. № 9. С. 251-258.
2. Гинзбург А. В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта / Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 9. С. 61-65.
3. Кузина О. Н. Модульное моделирование и координация организационно-технологических процессов в строительном переустройстве непроизводственных объектов / Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 5 (18). С. 13.
4. Volkov A., Chulkov V., Korotkov D. Life cycle of a building / Advanced Materials Research. 2015. Т. 1065-1069. С. 2577-2580.
5. Гинзбург А. В. BIM-технологии на протяжении жизненного цикла строительного объекта / Информационные ресурсы России, 2016. № 5 – с. 28-31.
6. Ginzburg A., Shilova L., Adamtsevich A., Shilov L. Implementation of BIM-technologies in Russian construction industry according to the international experience / Journal of Applied Engineering Science, 14 (4), p. 457-460 (2016).
7. Гинзбург А. В., Шилова Л. А., Шилов Л. А. Современные стандарты информационного моделирования в строительстве / Научное обозрение, 2017. № 9 – с. 16-20.
8. Volkov A., Kuzina O. Complementary Assets in the Methodology of Implementation Unified Information Model of the City Environment Project Life Cycle. Procedia Engineering 153, pp. 838-843. 2016.
9. Чулков В. О., Казарян Р. Р., Лёвин Б. А. Инфографические модели антропотехники управления: Модульный курс лекций. Учебное издание в 3 т.– М.: Русская школа, 2017. – 424 с.
10. Кузина О. Н. Организационно-экономическое моделирование комплементарных параметров строительного переустройства. Журнал. Экономика и предпринимательство. № 2 ч. 2 (79-2) 2017 г. (Vol. 11 Nom. 2-2).

**Kuzina Olga Nikolaevna**

Moscow state university of civil engineering, Russia, Moscow

E-mail: KuzinaON@mgsu.ru

## **Verification of the building information model during the transition from the design stage to the construction one (from D-BIM to C-BIM)**

**Abstract.** The article contains the BIM-models cycle, background and basic principles of verification system with tools for performing the rule check, sequence of C-BIM model check. The validation algorithm of the information model with peculiar properties of C-BIM model (at the construction stage). Verification of the C-BIM model open problems when testing the model. Description of reliability analysis of solutions during verification. The task to control the compliance of the object with the specified design parameters.

**Keywords:** verification; construction; computer-aided design; modeling; information model; life cycle of an object; facility management; reconstruction of buildings; technical and economic indicators