

Осуществление строительного контроля с применением технологий информационного моделирования зданий и виртуальной реальности

З.Р. Тускаева, З.В. Албегов

Северо - Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ), Владикавказ

Аннотация: На фоне взрывного развития современных технологий и методов строительства, применения инновационных конструктивных материалов, растущего объема информации о строительном производстве, сложности и уникальности проектов, и учитывая низкую тенденцию переквалификации кадров и недостаточные компетенции привлеченной для производства работ рабочей силы, остро стоит вопрос качества выполнения строительно-монтажных работ (СМР). Применяемые методы организации строительного контроля по существующим и мало измененным методикам 80-90-х годов XX века не обеспечивают необходимый уровень контроля СМР. Учитывая актуальность данной проблемы, встает вопрос необходимости обеспечения проведения качественного и эффективного строительного контроля для исключения фактов нарушения технологии производства работ, предотвращения снижения эксплуатационных характеристик здания, минимизации затрат на устранение ошибок и т.д. С помощью применения сравнительных, статистических методов исследования, анализа и моделирования механизмов, применяемых инженерами строительного контроля российских и зарубежных строительных организаций, была обоснована необходимость внедрения и предложен метод строительного контроля, основанный на современных достижениях в технике и технологии, в частности, применение во взаимосвязи технологий информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM) и виртуальной реальности (Virtual Reality, VR), позволяющее повысить эффективность строительного производства и контроля, сократить время на принятие управленческого решения, нивелировать отклонения от проекта, которые в конечном итоге оказывают влияние на срок реализации, стоимость и качество проекта.

Ключевые слова: строительный контроль, технологии информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM), виртуальная реальность (Virtual reality, VR), жизненный цикл строительного проекта, 3D-модель.

Введение

Одним из основных и наиболее трудоемких и капиталоемких этапов реализации строительного проекта является этап выполнения строительно-монтажных работ. Ключевым критерием успешной реализации строительного проекта является контроль: внутренний, проводимый службой входного контроля, инженерами подрядной организации, заказчиками и т.д.; и внешний, проводимый надзорными органами.

Градостроительный кодекс Российской Федерации (п.1 ст. 53 ФЗ №190 от 29.12.2004 г. ред. от 31.07.2020) устанавливает назначение строительного контроля:

- Строительный контроль проводится в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства в целях проверки соответствия выполняемых работ проектной документации (в том числе решениям и мероприятиям, направленным на обеспечение соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности объекта капитального строительства приборами учета используемых энергетических ресурсов), требованиям технических регламентов, результатам инженерных изысканий, требованиям к строительству, реконструкции объекта капитального строительства, установленным на дату выдачи представленного для получения разрешения на строительство градостроительного плана земельного участка, а также разрешенному использованию земельного участка и ограничениям, установленным в соответствии с земельным и иным законодательством РФ.

Существующие методы контроля морально устарели и не справляются с возложенной на них задачей по своевременному, оперативному и эффективному выявлению отклонений от проекта в виду сложности и широкого спектра функций строительного производства. Результатом таких методов контроля является фиксация ошибок по факту выявления, несоответствие, а порой и неактуальность отчетов о выполненной работе действительности, что впоследствии приводит к их устранению при удорожании проекта, затягивании сроков реализации, снижению скорости выполнения СМР и т.д. [1].

Возникает необходимость в создании такой системы (метода) строительного контроля, при которой своевременно происходит предупреждение, выявление, устранение причин, отклонений, которые могут

привести к браку в строительном производстве, при которой, в том числе, сокращается время и повышается эффективность производства контроля и, как следствие, сокращается срок и стоимость реализации строительного проекта.

Подобные методы, способные решить обозначенные проблемы, представлены на рынке в большом многообразии. При этом стоит подчеркнуть, что практически все системы направлены на решение локальных задач, комплексные системы либо отсутствуют, либо сложны, имеют высокую стоимость и сложно интегрируются с необходимыми интерфейсами.

В связи с актуальностью обозначенной проблемы, предпринята попытка создания метода строительного контроля с применением технологий информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM) и виртуальной реальности (Virtual Reality, VR).

Важно отметить, что в нашей стране BIM становится стратегически важным направлением в развитии строительной отрасли, это подтверждается на государственном уровне. Согласно поручению президента Российской Федерации от 19.07.18 Пр-1235, в срок до 1 июля 2019 года все компании, связанные со строительной областью, должны перейти на технологии информационного моделирования [2].

Все аббревиатуры, сокращения и условные величины расшифровываются в тексте. Например: Южный федеральный университет (далее ЮФУ). Названия иностранных фирм и организаций даются в оригинальном написании с указанием страны. Например: Nanotech Industries, INC (USA, California).

Материалы и методы

Эффективным инструментом, позволяющим решить поставленную задачу, является применение BIM в совокупности с возможностями VR [3].

Информационное моделирование зданий (BIM) — это процесс, который начинается с создания интеллектуальной 3D-модели и обеспечивает возможности управления документами, координации и моделирования на протяжении всего жизненного цикла (ЖЦ) проекта (планирование, проектирование, строительство, эксплуатация и обслуживание) [4, 5]. Проще говоря, это удобная автоматизированная рабочая среда, ориентированная на взаимодействие всех участников процесса, позволяющая эффективно координировать проект, выстраивать рабочие процессы, проектировать, визуализировать и моделировать все процессы строительства, сократить риски и временные потери.

Технология BIM позволяет использовать данные на всем протяжении жизненного цикла проекта.

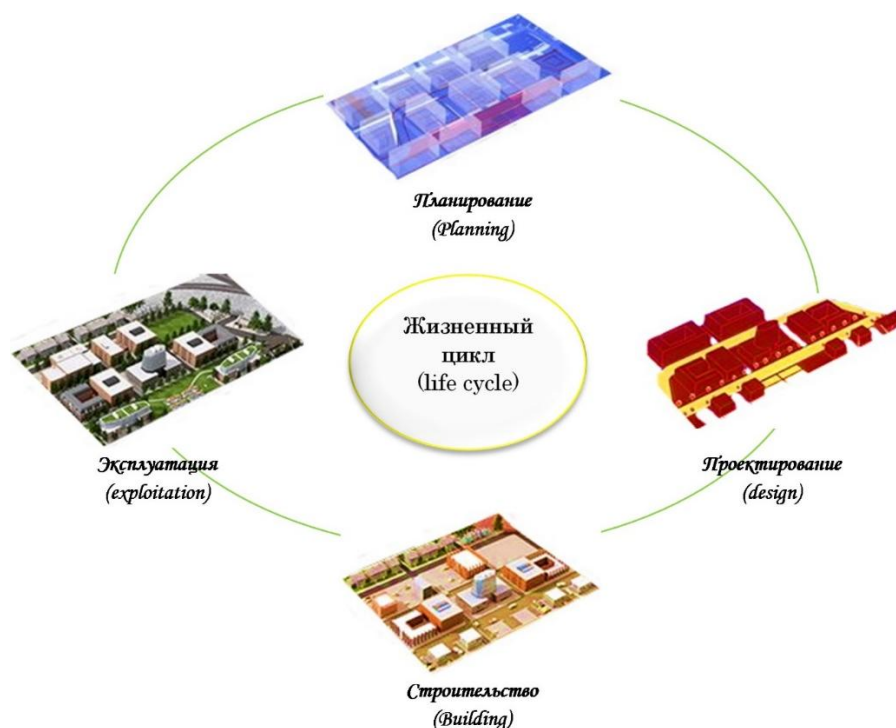


Рис. 1. – Жизненный цикл проекта строительства (ЖЦ) [6]

Преимущества технологии BIM перед традиционными методами проектирования и строительства:

- Наглядность при помощи 3D-визуализации;
- Повышение качества и сокращение сроков проектирования;



- Увеличение производительности;
- Возможности совместной работы в системе в режиме реального времени;
- Использование созданных проектов в производстве;
- Возможность анализа с помощью лазерного сканирования (визуализация объектов, инженерные расчеты, отслеживания хода проекта, анализ безопасности и т.д.);
- Осуществление автоматизации работы строительной техники на площадке;
- Реализация процессов проектирования и контроля на единой платформе;
- Оптимизация процессов составления, обработки и выдачи большого объема и разнообразия документации;
- Возможность управления ресурсами и данными путем моделирования в BIM системе различных вариантов строительного проекта.

Традиционные методы проектирования предполагают работу с двухмерными данными (чертежи, планы, конструктивные решения, техническая и экономическая документация и т.д.). Информационное моделирование зданий подразумевает возможность создания одного или нескольких альтернативных вариантов цифровых 3-D моделей проекта, основанных на результатах обработки архитектурно–планировочных, конструктивных, экономических, технологических, эксплуатационных характеристик объекта. Подобная модель обладает как реальными физическими свойствами, так и временными и стоимостными показателями. Модель позволяет просчитать характеристики и параметры строительных процессов на стадии проектирования [7].

Работа с BIM происходит на всех этапах ЖЦ проекта:

1. Разработка 3D-модели строительного проекта с автоматической загрузкой необходимых разделов.

2. Интеграция в систему, рассчитывающую необходимые элементы проекта. При этом BIM на данном этапе способна сформировать рабочие чертежи, спецификации, рассчитать сметную стоимость и т.д.

3. Как и в традиционных методах проектирования, необходимо разработать проект организации строительства (ПОС) и проект производства работ (ППР), составить календарный график выполнения работ, график поставки материалов и комплектующих.

4. На стадии эксплуатации BIM модель также может быть использована для контроля.

Использование BIM существенно повышает эффективность проектирования и строительства, предоставляя более совершенный инструментарий для проведения строительного контроля.

Для решения задачи создания эффективной системы контроля строительного производства предлагается использование технологии VR в едином информационном пространстве с BIM.

В данном контексте VR рассматривается как созданный с помощью технического и программного обеспечения виртуальный проект, передающийся через зрение. Критерии, с помощью которых должен создаваться VR следующие [8]:

- аппаратное обеспечение, необходимое для работы в BIM системе;
- детализация, необходимая для изучения окружающего пространства;
- интерактивность.



Рис. 2. – Очки виртуальной реальности, интегрированные с BIM [9]

Описываемая система, интегрирующая BIM и VR, удобна работой с цифровыми данными об объекте, автоматическим составлением отчетов и выгрузкой информации, и может быть использована для осуществления строительного контроля, минимизации трудозатраты и, в отличие от традиционного контроля, проводимого с целью фиксации ошибок, позволяет упреждать и нивелировать ошибки [10].

Метод строительного контроля, предлагаемый в данном исследовании, заключается в том, что контроль осуществляется в системе с использованием технологии VR в едином информационном пространстве с BIM следующим образом. При исполнении контрольных функций на строительной площадке, инженер строительного контроля, оснащенный специальной гарнитурой - VR-очками, осуществляет обход строительной площадки, анализируя все интересующие части проекта. Гарнитура оснащена навигационной системой (возможна также комплектование двумя камерами, датчиками ускорения, гироскопами, излучателями, пространственными сенсорами и т.д.) [11]. GPS-приемник, компас, иные геолокационные приспособления, алгоритмы оптического распознавания позволяет четко устанавливать объекты, находящиеся в поле зрения инженера строительного контроля и непосредственном ракурсе камеры VR-очков. Проектные данные в режиме реального времени накладываются системой на изображение, полученное с

помощью VR [12]. В основном оцениваются метрические размеры, качество и состояние поверхностей, форма и др. VR позволяет проверить эргономику, узнать дополнительные характеристики каждой детали на объекте, провести замеры и т.д. Полученные с помощью гарнитуры данные в режиме реального времени сравниваются с данными BIM [13]. При несоответствии проектным данным элемент окрашивается в определенный цвет, выводится на экран (линзы) гарнитуры, нарушения автоматически регистрируются, формируются предписания (с фотографическими данными) в реальном времени с привязкой к элементам BIM-модели объекта. У инженера строительного контроля отпадает необходимость тратить время на сортировку фотографий и составление отчета по результатам контроля.

BIM-модель содержит реестр предписаний, где хранятся все нарушения в электронном виде, контрольные карты проверок с описанием типовых дефектов по ГОСТам для упрощения регистрации отклонений при производстве строительного контроля. Задачи по устранению выявленных отклонений от проекта также привязываются к конкретному месту на электронной модели. Существует возможность фильтрации задач и замечаний.

В BIM системах также реализована функция «Заметки» - можно писать комментарии прямо на элементах макета.

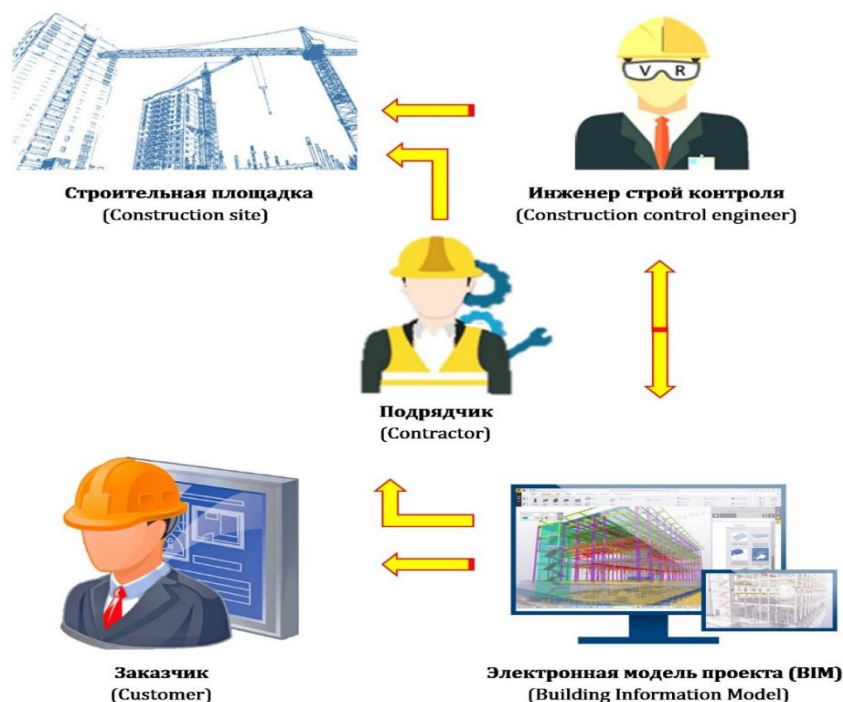


Рис. 3. – Механизм функционирования системы

Результаты исследования

В рамках поставленной задачи был предложен эффективный метод строительного контроля с применением технологий BIM и VR.

Электронная 3D-модель проекта представляет собой автоматизированную многопользовательскую рабочую среду, позволяющую координировать проект на всех стадиях ЖЦ, включающую в себя параметры и характеристики строящегося объекта, временные и стоимостные характеристики, необходимые ресурсы, ответственных исполнителей, взаимосвязи и взаимозависимости всех элементов проекта.

BIM-проектирование, предоставляющее 3D-модель, является более качественным и наполненным информацией по сравнению традиционными методами проектирования [14]. А технология VR позволяет осуществить функции строительного контроля более эффективно и качественно в сжатые сроки, автоматизируя при этом не только процесс обнаружения отклонений

фактического состояния на строительной площадке от проекта, но и процесс создания отчетной документации.

Технологии, основанные на BIM, ввиду описанных в исследовании преимуществ, будут все чаще использоваться в строительной отрасли в ближайшем будущем.

К преимуществам применения BIM технологий также можно отнести: реализацию проектных решений в рамках календарного планирования, отсутствие простоев, возможность оперативного составления и корректировки смет и форм, обнаружение ошибок и дефектов на ранних этапах, а также причин, их вызвавших (начиная с инженерно-геологических изысканий и проектирования), упрощение процесса изучения документации и т.д. С этой точки зрения применение данной технологии имеет колоссальное преимущество перед традиционным подходом [10].

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод о том, что метод, основанный на применении во взаимосвязи технологий информационного моделирования зданий и виртуальной реальности, является эффективным, современным и полностью соответствует требованиям строительной отрасли. Эксперты сходятся во мнении, что будущее строительной отрасли лежит за технологиями VR и BIM, которые представляют возможность точно, оперативно и в сжатые сроки принимать сложные управленческие решения, касающиеся строительного производства и, в частности, строительного контроля [15].

Выводы

Использование предложенного в статье метода строительного контроля на основе BIM и VR позволит повысить эффективность строительного производства и контроля. При этом время на анализ и принятие управленческого решения значительно сократится по сравнению с

используемыми на сегодняшний день методами проектирования, строительного производства и контроля.

Эксперты строительной отрасли сходятся на мнении, что менее 5% строительных компаний используют современные ИТ-технологии для автоматизации своих рабочих процессов. Компании, которые начнут внедрять инновационные методы управления, получают большое конкурентное преимущество, заключающееся в упреждении ошибок на строительной площадке, улучшении качества выполнения работ, сокращении сроков строительства (на 10-20%) и, ключевое преимущество – снижение расходов на строительство (до 10%) [16].

Благодарности: авторы выражают благодарность рецензентам.

Литература

1. Тускаева З.Р., Албегов З.В. Построение системы мониторинга (операционного контроля) качества строительной продукции // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Сборник научных трудов. 2018. С. 239.
2. Чельшков П.Д., Бражников П.А. Решение расчетных электротехнических задач при проектировании систем электроснабжения в Revit // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Сборник научных трудов. 2018. С. 16.
3. Каденцева А.А., Кондратьев В.Ю., Попок Л.Е., Филоненко М.В. Обзор современных технологий распознавания образов и возможность их применения при создании информационных продуктов // Экономика устойчивого развития. Журнал. 2018. С. 301-306.
4. Бубнов Ю. Информационное моделирование зданий // Здания высоких технологий. Журнал. 2013. С. 81-85.
5. Митин М.М. Взгляд в будущее - Дроны в строительстве // Совзонд. Интернет новости, 2018. URL: sovzond.ru/press-center/news/corporate/4467/.



6. Коротков Д.Ю., Чулков В.О. Жизненный цикл строительного объекта // Мир науки. Научный исследовательский журнал. 2013. №1. С. 4.
7. Софонов М. BIM технологии в строительстве: что это такое и зачем они нужны // DMSTR, 2016. URL: dmstr.ru/articles/bim/.
8. Woodford C. Virtual reality // URL: explainthatstuff.com/virtualreality.html
9. Разработка AR приложений. AR /VR решения // URL: ar-vr.parkplay.ru/ar-vr/razrabotka-ar-prilozhenij/.
10. Волков А.А., Тускаева З.Р., Албегов З.В. Создание эффективного метода строительного контроля на основе аппаратно-цифровой платформы // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Сборник научных трудов. 2019. С. 100-103.
11. Fairhurst P., Glueckert U., Richter Leica B. Geosystems AG // Heerbrugg. 2011. pp. 2-4.
12. Кравцов А.А. Использование технологии дополненной реальности для визуализации виртуального объекта в реальном интерьере // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. С. 3-5.
13. Hearn D., Baker M. P. Computer Graphics with OpenGL 3/E // 2005. URL: ru.scribd.com/document/421182692/Donald-D-Hearn-M-Pauline-Baker-Computer-Graphics-with-OpenGL-3rd-Edition-2003-Prentice-Hall-pdf/.
14. Lindab M. L. The next steps for BIM in the European building industry // 2017. URL: magicad.com/en/blog/2017/11/lindab-next-steps-bim-european-building-industry/.
15. Маливанов С.Ю. Виртуальная реальность в реальном строительстве // Инновации в строительстве, 2016. URL: ardexpert.ru/article/7963.

16. Тумакова А. Как интеграторы развивают BIM: состояние рынка, опыт отечественных компаний, комментарии // 2019. URL: ict-online.ru/analytics/a171282/

References

1. Tuskaeva Z.R., Albegov Z.V. Sistemotexnika stroitel`stva. Kiberfizicheskie stroitel`ny`e sistemy`. Sbornik nauchny`x trudov. 2018. p. 239.
2. Chely`shkov P.D., Brazhnikov P.A. Sistemotexnika stroitel`stva. Kiberfizicheskie stroitel`ny`e sistemy`. Sbornik nauchny`x trudov. 2018. p. 16.
3. Kadentseva A.A., Kadenceva A.A., Kondrat`ev V.Yu, Popok L.E., Filonenko M.V. E`konomika ustojchivogo razvitiya. 2018. pp. 301-306.
4. Bubnov Yu. Zdaniya vy`sokix texnologij. 2013. pp. 81-85.
5. Mitin M.M. Sovzond. Internet novosti. 2018. URL: sovzond.ru/press-center/news/corporate/4467/.
6. Korotkov D.Yu., Chulkov V.O. Nauchny`j issledovatel`skij zhurnal Mir nauki. 2013. №1. p. 4.
7. Sofonov M. DMSTR. 2016. URL: dmstr.ru/articles/bim/.
8. Woodford C. Virtual reality. 2020. URL: explainthatstuff.com/virtualreality.html.
9. Razrabotka AR prilozhenij. AR /VR resheniya [Development of AR applications. AR/VR solutions]. URL: ar-vr.parkplay.ru/ar-vr/razrabotka-ar-prilozhenij.
10. Volkov A.A., Tuskaeva Z.R., Albegov Z.V. Sistemotexnika stroitel`stva. Kiberfizicheskie stroitel`ny`e sistemy`. Sbornik nauchny`x trudov. 2019. pp. 100-103.
11. Fairhurst P., Glueckert U., Richter Leica B. Heerbrugg. 2011. pp. 2-4.
12. Kravczov A.A. Politematicheskij setevoy e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. pp. 3-5.



13. Hearn D., Baker M.P. Computer Graphics with OpenGL 3 / E. 2005. URL: ru.scribd.com/document/421182692/Donald-D-Hearn-M-Pauline-Baker-Computer-Graphics-with-OpenGL-3rd-Edition-2003-Prentice-Hall-pdf/.
14. Lindab M. L. The next steps for BIM in the European building industry. 2017. URL: magicad.com/en/blog/2017/11/lindab-next-steps-bim-european-building-industry/.
15. Malivanov S.Yu. Innovacii v stroitel`stve. 2016. URL: ardexpert.ru/article/7963.
16. Tumakova A. Kak integratory` razvivayut BIM: sostoyanie ry`nka, opy`t otechestvenny`x kompanij, kommentarii [How integrators develop BIM: market conditions, experience of domestic companies, comments]. 2019. URL: ict-online.ru/analytics/a171282/