

Современные возможности цифровизации входного и операционного контроля качества в строительстве

С.Г. Абрамян, О.В. Оганесян, И.Н. Молотков

Волгоградский государственный технический университет,

Аннотация: Рассматривается возможность выполнения входного и операционного контроля качества с применением цифровых инструментов и устройств, в том числе тех из них, которые заменяют традиционные. Подчеркивается необходимость интеграции цифровых технологий контроля качества и BIM-технологий для выявления дефектов, а также обосновывается значимость совершенствования азбуки жестового управления для выполнения контроля качества. Кратко приводится порядок выполнения контроля качества. Отмечается возможность создания цифровизированных карт контроля качества на основе действующих традиционных документов.

Ключевые слова: интеграция BIM-, VR- и AR-технологий, лазерный сканер, карта операционного контроля качества, цифровая информационная модель качества

Обеспечение надежной эксплуатации любой строительной системы напрямую зависит от контроля качества выполненных работ на всех этапах ее жизненного цикла, и особенно на стадии строительства. В настоящее время существуют различные подходы к цифровизации контроля качества в строительстве. В частности, в публикации [1] основное внимание уделено применению БПЛА (беспилотного летательного аппарата), на котором установлены сканеры для получения фотографий на разных точках строительной площадки и дальнейшего сравнения с проектной моделью строительной площадки (стройгенпланом). В статье [2] «акцент сделан на технологии автоматизированного компьютерного моделирования (BIM (Building Information Model) - технология), которая сопровождает все стадии строительства». Предложенная авторами [2] концепция контроля качества организации строительства, в основе которой лежат возможности современных информационных технологий, представляет собой форму непосредственно оперативного контроля, цель которой заключается в том, чтобы вовремя обнаружить строительные дефекты и установить причины их возникновения.

На современном этапе развития строительного производства используются различные цифровые инструменты, с помощью которых осуществляются практически все виды контроля на стадии строительства (на строительной площадке). Например, при осуществлении входного контроля поставленных заводами-изготовителями строительных изделий в обязательном порядке, согласно СП 48.13330.2019 «Организация строительства» проверяются «внешний вид, состояние поверхности, отсутствие критических дефектов и повреждений»; и если ранее контроль выполнялся визуально, то в настоящее время его можно производить (некоторые страны уже взяли на вооружение эту практику) с помощью технологий VR (виртуальной реальности) и AR (дополненной реальности), которые должны быть интегрированы с технологией BIM. Суть заключается в том, что смоделированный виртуальный объект масштабируется в реальном времени на месте производства работ, далее полученное с помощью фотограмметрии изображение сравнивается с моделью BIM в целях выявления дефектов, определить которые визуально, без применения каких-либо проверочных инструментов затруднительно или невозможно.

Различные подходы к VR- и AR-технологиям и принципы их функционирования в едином цифровом поле совместно с технологией BIM детально освещены в работах [3–5]. Современные цифровые технологии позволяют взамен тахеометров, прогибомеров, нивелиров и других инструментов использовать инструментарию, которые могут быть установлены на специальной одежде и других средствах индивидуальной защиты работников. Например, речь идет о DAQRI (Smart Helmet) – «умных шлемах», снабженных четырьмя камерами, создающими обзор на 360°, дополнительными камерами, позволяющими определить неровности, глубину или толщину конструктивного элемента при входном и операционном контроле [6]. Также имеются инструментарию, управление

которыми осуществляется жестами рук и пальцев, т.е. они внедрены в специальную одежду (комбинезоны, перчатки). К ним относятся контроллеры Leap Motion Controller, Myo, Nimble VR, PrioVR-технология, принципы действия и недостатки которых рассмотрены в [6]. Подобные контроллеры многофункциональны, так как решают задачи по безопасному выполнению технологических процессов на строительной площадке (соблюдение требований охраны труда при выполнении технологических процессов является составной частью операционного контроля).

Необходимо отметить, что в целом так называемое жестовое управление компьютерными и робототехническими системами быстро развивается во всех отраслях экономики, особенно в здравоохранении и машиностроении. Такая тенденция наблюдается в большинстве экономически развитых стран, поэтому и не исключается совершенствование азбуки жестового управления, в том числе в строительной отрасли.

В публикации [5] отмечается, что многообразие сфер применения современных цифровых технологий изучено в недостаточно равной мере. Так, наибольшее внимание уделяется проблемам выявления дефектов бетона и арматуры; актуальными являются и вопросы отклонения геометрических параметров. Кроме того, в указанной работе приводятся данные об успешном применении лазерных сканеров для мониторинга деформаций конструктивных элементов строительных систем.

Следует обратить внимание на тот факт, что применение лазерных сканеров в ходе контроля качества при выполнении строительных технологических процессов не является новшеством. Эффективность их использования и факторы, снижающие эту эффективность, рассмотрены авторами статьи [7], новые возможности повышения контроля качества представлены в работах [8–10]. Совершенствование и разработка новых лазерных сканеров как раз и обеспечивают повышение входного и

операционного контроля качества.

Выбор необходимого 3D-сканера зависит от целей мониторинга, масштаба, функционального назначения строительной системы, объема работ по анализу качества выполненных работ, возможности интеграции с другими цифровыми инструментами и устройствами. Современные мобильные лазерные сканеры, которые могут использовать наземную, воздушную, подводную и подземную системы сканирования, позволяют выполнять высокоточные и высокоскоростные измерения в виде облаков точек. Они успешно используются не только на стадии строительства, но и на стадии эксплуатации здания или сооружения для выявления деформированных конструктивных элементов.

Для получения точных результатов, одним из главных критериев выполнения операционного контроля качества на основе применения цифровых инструментов является многоступенчатость, т.е. цифровизация должна сопровождать все строительные процессы с учетом технологической последовательности выполнения работ. Если операционный контроль предыдущих строительных процессов выполняется традиционным способом, то показатели качества цифровизированного операционного контроля последующих процессов могут не соответствовать требованиям организационно-технологической документации и действующих стандартов (например, дефекты кирпичной кладки приведут к неточности качественного выполнения штукатурных работ и т.д.).

За основу цифровизации операционного контроля качества отдельных строительных технологических процессов можно брать действующие в настоящее время рекомендации и карты операционного контроля качества, в которых приводится информация об операциях, подлежащих контролю; составе, способе, времени контроля; привлекаемых лицах, осуществляющих контроль качества; перечень актов освидетельствования скрытых работ.

Например, при традиционном контроле качества кирпичной кладки стен с расшивкой швов, выполняемом мастером, используется ряд инструментов (стальная рулетка, уровень, рейка, отвес, двухметровая рейка и др.) для проверки геометрических размеров, вертикальности и горизонтальности поверхности, качества швов кладки и т.д. Заменяя перечисленные инструменты их цифровыми аналогами (лазерными дальномером, уровнем, угломером, отвесом) и сохраняя очередность контролируемых операций, можно создавать подсистему для цифровизации операционного контроля.

В настоящее время существуют сверхточные 3D-сканеры с различными встроенными цифровыми инструментами и модулем Wi-Fi, обеспечивающим подключение к компьютеру. Далее, по аналогии с входным контролем (с применением VR- и AR-технологий), полученное с помощью сканера изображение передается на компьютер и на отдельной платформе путем наложения сравнивается с BIM-моделью. Изображения, полученные через наземные лазерные сканеры (НЛС), более точные по сравнению с теми, что получены посредством цифровой фотограмметрии. При выявлении отклонений устраняются дефекты и повторяются процессы сканирования, сравнения; результаты автоматически заносятся в общий журнал учета выполненных работ; оформляются акты освидетельствования скрытых работ по установленной форме, которые необходимы при приемочном контроле.

Подобным образом можно создавать подсистемы цифровизированного контроля (входного, операционного, приемочного) качества для других видов технологических процессов, интеграция которых станет основой для единой цифровой системы контроля качества на стадии строительства, входящего в цифровую информационную модель (ЦИМ). При этом ответственным за выполнение работ должен быть не мастер, а квалифицированный инженер по контролю качества строительства.

В действующем нормативном документе СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве» ЦИМ представлена для двух уровней проработки – строительной и исполнительной, что означает возможность рассмотрения вопросов выполнения строительного контроля и технического надзора [11], так как в ЦИМ исполнительной проработки входят «взаимосвязанные и атрибутивные данные: архитектурные, технические и технологические параметры объекта капитального строительства по результатам выполнения».

Итак, цифровизация входного и операционного контроля качества строительных технологических процессов должна основываться на модификации ранее разработанных карт контроля качества и учитывать возможности современных цифровых инструментов и устройств. Они должны войти как отдельные информационные системы (ИС) в цифровые реестры и справочники общедоступного цифрового классификатора строительной информации (ЦКСИ), примерная структура которого авторами данной работы представлена в [12].

Несмотря на то, что в статье рассмотрены отдельные позиции входного и операционного контроля качества, выполняемого подрядчиком, цифровизированные карты контроля должны быть созданы и для заказчиков.

В заключение отметим, что цифровизация контроля качества, безусловно, способствует повышению качества выполнения работ, но проблемы ее внедрения связаны не только с высокой стоимостью необходимых инструментов и устройств, но и с отсутствием утвержденных нормативных документов.

Описанный порядок входного и операционного контроля качества на стадии строительства применим также для выявления дефектов на стадии эксплуатации объектов недвижимости, поэтому возникает необходимость разработки цифровой информационной модели качества (ЦИМК),

включенной в действующие нормативные документы по информационному моделированию строительства, что актуально не только для выполнения разных видов контроля качества на стадии строительства, но и для выявления дефектов на стадии эксплуатации.

Литература

1. Носков И.В., Носков К.И., Тиненская С.В., Ананьев С.А. Дрон-технологии в строительстве – современные решения и возможности // Вестник Евразийской науки, 2020, №5. URL: esj.today/PDF/37SAVN520.pdf.

2. Топчий Д.В., Токарский А.Я. Концепция контроля качества организации строительных процессов при проведении строительного надзора на основе использования информационных технологий // Вестник Евразийской науки, 2019, №3. URL: esj.today/PDF/52SAVN319.pdf.

3. Тускаева З.Р., Албегов З.В. Осуществление строительного контроля с применением технологий информационного моделирования зданий и виртуальной реальности // Инженерный вестник Дона, 2021, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2021/6805/.

4. Скляренко А.В., Виноградова Е.В. Современные способы контроля качества работ при строительстве многоэтажных жилых домов // Инженерный вестник Дона, 2021, № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7038/.

5. Акулов А.О., Рада А.О., Кононова С.А. Анализ современных видов контроля строительных работ и проблемы их развития // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 9. С. 73-79.

6. Хохлов А.С., Абрамян С.Г. Повышение качества строительство зданий и сооружений при помощи BIM технологии // Universum: технические науки: электронный научный журнал 2021, 4(85). URL: 7universum.com/ru/tech/archive/item/11507.

7. Atasoy, Guzide & Tang, Pingbo & Akinci, Burcu. (2009). A Comparative Study on the Use of Laser Scanners for Construction Quality Control and Progress Monitoring Purposes. 2009. Vol. 1. P. 10.

8. Oliveira R., Ribeiro D., Oliveira P., Gavina R. Laser Scanner in Construction Quality Control of Steel Industrial Buildings. Practice Periodical on Structural Design and Construction. 2023. Vol. 28, Iss. 4. DOI: 10.1061/PPSCFX.SCENG-1389.

9. Palomer A., Ridaou P., Youakim D., Romagós D., Forest J., Petillot Y. 3D Laser Scanner for Underwater Manipulation. Sensors. 2018. 18 (4). 1086. P. 18. DOI: 10.3390/s18041086.

10. Овчаренко А.В., Удоратин В.В. Оперативное изучение подземных пустот с помощью лазерного 3D-сканирования // Вестник ИГ Коми НЦ Уро РАН. 2015. № 4. С. 20-25.

11. Абрамян С.Г., Бурлаченко О.В., Оганесян О.В., Соболева Е.Д., Бурлаченко А.О., Плешаков В.В. К вопросу о стадиях жизненного цикла строительных систем в контексте принципов информационного моделирования // Инженерный вестник Дона, 2022, № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7743/.

12. Абрамян С. Г., Бурлаченко О. В., Оганесян О. В., Бурлаченко А. О. Система управления жизненным циклом объектов капитального строительства с использованием цифровых технологий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. Вып. 4(85). С. 305—313.

References

1. Noskov I.V., Noskov K.I., Tinenskaja S.V., Anan'ev S.A. Vestnik Evrazijskoj nauki, 2020, №5. URL: esj.today/PDF/37SAVN520.pdf.

2. Topchij D.V., Tokarskij A.Ja. Vestnik Evrazijskoj nauki, 2019, № 3(11). URL: esj.today/PDF/52SAVN319.pdf
 3. Tuskaeva Z.R., Albegov Z.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2021/6805/.
 4. Skljarenko A.V., Vinogradova E.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7038/.
 5. Akulov A.O., Rada A.O., Kononova S.A. Sovremennye naukoemkie tehnologii. 2023. № 9. pp. 73-79.
 6. Hohlov A.S., Abramjan S.G. Universum: tehicheskie nauki: jelektronnyj nauchnyj zhurnal 2021, 4(85). URL: 7universum.com/ru/tech/archive/item/11507/.
 7. Atasoy, Guzide & Tang, Pingbo & Akinci, Burcu. (2009). A Comparative Study on the Use of Laser Scanners for Construction Quality Control and Progress Monitoring Purposes. 2009. Vol. 1. P. 10.
 8. Oliveira R., Ribeiro D., Oliveira P., Gavina R. Laser Scanner in Construction Quality Control of Steel Industrial Buildings. Practice Periodical on Structural Design and Construction. 2023. Vol. 28, Iss. 4. DOI: 10.1061/PPSCFX.SCENG-1389.
 9. Palomer A., Ridao P., Youakim D., Romagós D., Forest J., Petillot Y. 3D Laser Scanner for Underwater Manipulation. Sensors. 2018. 18 (4). 1086. P. 18. DOI: 10.3390/s18041086.
 10. Ovcharenko A.V., Udoratin V.V. Vestnik IG Komi NC Uro RAN. 2015. № 4. pp. 20-25.
 11. Abramjan S.G., Burlachenko O.V., Ogenesjan O.V., Soboleva E.D., Burlachenko A.O., Pleshakov V.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7743/.
 12. Abramjan S. G., Burlachenko O. V., Ogenesjan O. V., Burlachenko A. O. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturostroitel'nogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura. 2021. Vyp. 4(85). pp. 305—313.
-



Дата поступления: 6.01.2024

Дата публикации: 11.02.2024