Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal https://esj.today

2025, Том 17, № 4 / 2025, Vol. 17, Iss. 4 https://esj.today/issue-4-2025.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/37SAVN425.pdf

2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Фомин, Н. И. Применение лазерного сканирования для определения фактического объёма бетонных работ: подход Scan-vs-BIM / Н. И. Фомин, Н. С. Исупов // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 4. — URL: https://esj.today/PDF/37SAVN425.pdf.

For citation:
Fomin N.I., Isupov N.S. Application of laser scanning for determining the actual volume of concrete works: a Scan-vs-BIM approach. *The Eurasian Scientific Journal*. 2025;17(4): 37SAVN425. Available at: https://esj.today/PDF/37SAVN425.pdf. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 69.07

Фомин Никита Игоревич
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия
Институт строительства и архитектуры
Директор института, заведующий кафедрой «Промышленного, гражданского строительства и экспертизы недвижимости»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: ni.fomin@urfu.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7095-7161
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=241981

Исупов Никита Сергеевич
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Россия
Институт строительства и архитектуры
Аспирант кафедры «Промышленного, гражданского строительства и экспертизы недвижимости»
E-mail: isupovn98@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4301-3202
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1167047

Применение лазерного сканирования для определения фактического объёма бетонных работ: подход Scan-vs-BIM

Аннотация. В условиях цифровизации строительной отрасли возрастающее значение приобретает точная количественная оценка фактически выполненных работ. Настоящее исследование направлено на верификацию методологии Scan-vs-BIM применительно к задаче определения объёма выполненного бетонирования монолитной плиты перекрытия на основании анализа облака точек для гражданского здания. В отличие от традиционного подхода Scan-to-BIM, основанного на аппроксимации геометрии при построении элементов цифровой информационной модели (ЦИМ), предложенное решение ориентировано на прямую обработку облака точек с формированием тесселяционной (TIN) поверхности без перехода к промежуточной ЦИМ. Такая постановка задачи позволяет исключить искажения проектной геометрии, выявить локальные отклонения от проектных отметок и повысить точность расчётов. Проведено сравнение проектного и фактического объёмов конструкции, что подтвердило значимость в развитие цифровых технологий строительного контроля. Полученные данные интегрируются в цифровую исполнительную документацию и могут быть использованы для визуализации отклонений, дефектовки, а также в рамках урегулирования

технических и юридических разногласий с подрядчиком. Практическая ценность исследования заключается в возможности повышения объективности при приёмке работ, сокращения трудозатрат на анализ и увеличения достоверности взаимодействия между заказчиком, подрядчиком и контролирующими органами. Результаты демонстрируют потенциал широкого применения подхода Scan-vs-BIM и вносят вклад в развитие технологий строительного мониторинга и управления данными на этапе возведения и эксплуатации зданий.

Ключевые слова: облако точек; Scan-vs-BIM; Scan-to-BIM; тесселяционная сетка; объемы работ; исполнительная документация; приемка работ

Введение

В современном строительстве в парадигме усложняющихся архитектурно-строительных решений, а также необходимости обеспечения точного соблюдения сроков производства строительно-монтажных работ и бюджетов, возрастает потребность в надежных инструментах высокоточного контроля данных на всех этапах жизненного цикла объекта. В таком контексте дополнительную ценность приобретают комплексы цифровых инструментов, например, лазерное сканирование с последующим анализом облаков точек, которые формируют высокоточные пространственные данные о ряде характеристик строящегося объекта, прежде всего, объемах фактически выполненных работ. На такой технологичной основе базируются современные подходы к интеграции данных в цифровой информационной модели (ЦИМ) строительного объекта, обеспечивающие достоверное отражение его состояния на протяжении этапа строительства.

Понимание важности цифровой трансформации отечественного строительного производства, побуждает органы власти поддерживать и развивать это стратегическое направление. Так, в соответствии с Постановлением Правительства РФ[1], одним из таких направлений является внедрение технологий информационного моделирования (ТИМ), развитие цифровых методов управления жизненным циклом объектов капитального строительства (ОКС), а также повышение эффективности и достоверности строительного процесса на всех его стадиях.

Реализация обозначенных приоритетов требует не только нормативной и методической базы, но также масштабного применения апробированных инструментов, позволяющих эффективно интегрировать характеристики физической строительной площадки с их достоверными цифровыми двойниками. Технология лазерного сканирования имеет наибольший потенциал для осуществления указанного инструментального обеспечения.

В результате объединения данных, полученных при помощи лазерного сканирования, с возможностями ТИМ, сложилось два принципиальных подхода, которые стали базовыми в практике цифрового строительного контроля: *Scan-to-BIM* и *Scan-vs-BIM*. Эти подходы, представляющие технологические цепочки преобразований полученного облака точек, позволяют решать широкий спектр задач, связанных с фиксацией, анализом и верификацией результатов строительных работ, а также обеспечивать информационную базу для надежной эксплуатации. При этом *Scan-to-BIM* и *Scan-vs-BIM* преследуют разные цели применения.

- Подход *Scan-to-BIM* имеет следующую цель: упрощенное построение ЦИМ на основе облака точек в виде правильных, геометрических элементов, которая становится базой для формирования исполнительной модели строительного объекта, предназначенной для продолжительного этапа его эксплуатации, в т. ч. прогнозирования оценки затрат на демонтаж

[1] Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 31 октября 2022 г. № 3268-р. Москва.

на завершающем этапе жизненного цикла [1]. В результате формируется ЦИМ, обладающая упрощенной геометрией, но при этом демонстрирующая текущее состояние объекта в целом. Так, например, в работе [2] зарубежные исследователи с помощью программного обеспечения (ПО) «*Cloud2BIM*» преобразовали облака точек строительных конструкций (стен, перекрытий, потолков, оконных и дверных проемов) в элементы ЦИМ формата *.ifc*. Такая модель позволяет детально определить время монтажа конструкции для проверки соответствия графику производства работ, а также зафиксировать реальное состояние объекта во время осуществления строительства или после него, как для задач, возникающих при эксплуатации объекта, так и для его возможной реконструкции [3].

- Подход *Scan-vs-BIM*, предполагающий сравнение ЦИМ, созданной в процессе проектирования объекта, с облаком точек полученным при сканировании строящегося объекта на площадке [4; 5]. Такая технология успешно используется для выявления отклонений (деформаций) конструктивных элементов от проектного положения, она также обеспечивает возможность повышения точности определения объёмов фактически выполненных работ, что весьма актуально для оценки достоверности исполнительной документации, включая формы отчетности КС.

Несмотря на то, что технологические цепочки *Scan-to-BIM* и *Scan-vs-BIM* направлены на решение разных задач, существует возможность их сочетания для решения комплексной задачи цифрового сопровождения жизненного цикла объекта на этапах строительства и последующей эксплуатации. Так, *Scan-to-BIM* ориентирован на создание приближённой ЦИМ объекта на основе облака точек, данные которой могут использоваться как информационная база для формирования исполнительной строительной документации. В то же время *Scan-vs-BIM* обеспечивает возможность осуществления количественного (в т. ч. геометрического) анализа отклонений элементов фактически построенного объекта от проектной модели, на основе данных сканирования. Такое сочетание подходов повышает достоверность и точность строительного контроля, позволяет объективно вести дистанционный мониторинг прогресса строительства, и формирует основу для автоматизированной генерации отчётной документации на базе регулярно обновляемой фактической информации о строительном объекте.

Настоящее исследование направлено на верификацию методологии *Scan-vs-BIM* применительно к задаче определения объёма выполненного бетонирования монолитной плиты перекрытия на основании анализа облака точек. Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

- построение *TIN* сеток верхней и нижней поверхности плиты перекрытия по фактическим точкам (на основе облака точек, полученного в результате лазерного сканирования плиты);
- создание замкнутой модели плиты и расчет фактического объёма конструкции;
- сравнение фактического объёма с проектными данными, анализ полученных отклонений.

Методология

В сложившейся практике составления исполнительной документации в строительном производстве расчёт объёма бетонных работ, как правило, базируется на проектных данных, в которых монолитная конструкция представляет из себя набор правильных, геометрических объектов. Вместе с этим, наши наблюдения и данные других исследователей, например [6; 7] показывают, что фактический объем может существенно отличаться от проектной геометрии, вследствие ряда производственных причин, таких как:

- недостаточная квалификация рабочих, занятых на производстве бетонных работ;
- износ, и как следствие, геометрическое искривление элементов опалубки, формирующих монолитную конструкцию;
- недостаточная технологической дисциплины при выполнении бетонных работ.

Такие расхождения могут привести к экономическим спорам, неэффективному управлению ресурсами, а также недостаточной точности в отчетности по выполненным работам [8]. Поэтому для уточнения объемов осуществляют «дефектовку», т. е. инструментальные замеры фактической конструкции, включая ее отклонения от проектного положения, после которого уточняют объем выполненных работ, отличающийся от проектного (сметного). В этой связи значительным потенциалом практического применения обладает технология лазерного сканирования, как комплексная альтернатива «ручным» замерам выполненных конструкций.

В отличие от ряда выполненных исследований, например [9; 10], в которых подход *Scan-vs-BIM* применяется для мониторинга прогресса строительства, в данной работе акцент сделан на оценку фактически выполненного объема работ (на примере монолитных конструкций). Рассмотрены возможности интеграции облака точек для количественного анализа объема отсканированной конструкции (элемента строящегося объекта) и включения его результатов в цифровую исполнительную документацию, это в полной мере соответствует решениям актуальных задачам цифровизации строительного контроля.

В современной российской практике наблюдается тенденция методологической подмены, проявляющаяся в использовании подхода *Scan-to-BIM*, отличающегося сравнительной простотой реализации по сравнению с *Scan-vs-BIM*, для решения задач, предназначенных для последнего. Такая подмена приводит к некорректному использованию ЦИМ, построенной на основе облака точек по технологии *Scan-to-BIM,* поскольку представляет собой геометрическое усреднение, а также сглаживание локальных отклонений и упрощение формы. Использование подобной модели для анализа фактических объёмов строительства не позволяет достоверно отразить реальные отклонения, в результате чего теряется точная информация о фактической геометрии конструкций и, как следствие, их объемах.

В связи с этим, в данном исследовании предпринята попытка рассмотреть *прямой* способ количественной оценки, базирующийся не на идеализированной интерпретации точек в виде объектов ЦИМ, а на непосредственной геометрической обработке облака точек [11]. Построенная *TIN* поверхность отражает реальные формы конструкции (в нашем случае — монолитной плиты), включая отклонения от ее проектной геометрии, и позволяет выполнить достоверный расчёт объёма конструкции (бетона) без необходимости перехода к промежуточной ЦИМ с усреднённой геометрией. Поэтому подход *Scan-vs-BIM* позволяет избежать геометрических искажений, характерных для подхода *Scan-to-BIM*, и, как следствие, фиксировать и документально учитывать фактические объемы выполненных работ.

С аналогичной проблемой создания сложной, объемной геометрии конструкции (церковного алтаря), которую сложно сгенерировать с помощью простых геометрических объектов, столкнулись также в области цифровой фиксации объектов культурного наследия [12]. Такая постановка проблемы формирования строительных элементов на основе их лазерного сканирования в известной мере совпадает с предлагаемым подходом количественной оценки объёма выполненных работ по фактической геометрии конструкции, которую реализовали авторы в данной статье. В связи с этим, подчёркивается необходимость отказа от типового моделирования (балки, стены, плиты) в пользу точного геометрического формирования элементов по облаку точек. Для наглядного представления последовательности выполнения всех этапов исследования в работе приведена блок-схема (рис. 1), отображающая

ключевые шаги: от обработки облака точек до расчёта объёма бетона по полученной цифровой модели конструкции.

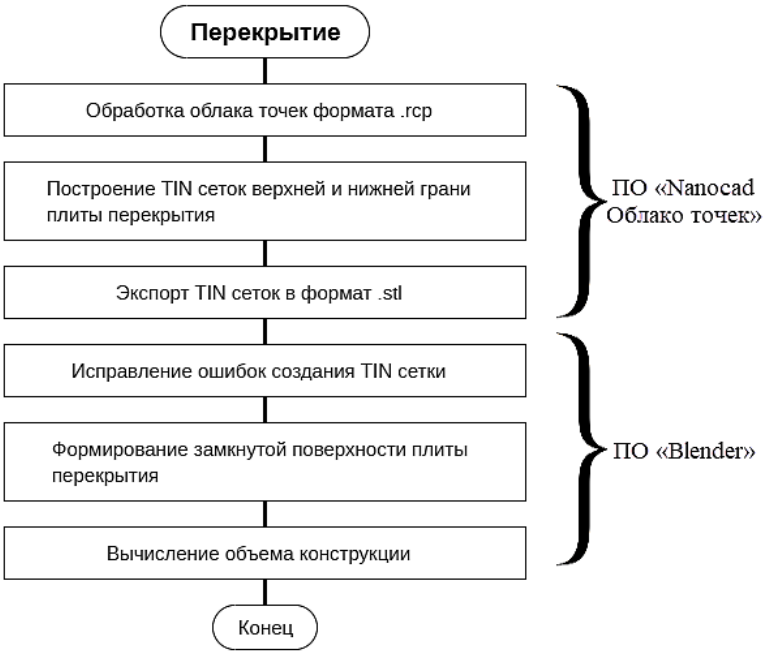

Рисунок 1. *Блок-схема этапов создания поверхности плиты по облаку точек с вычислением объема (разработано авторами)*

Работа по созданию *TIN* сетки по облаку точек начинается с выполнения полевых замеров: лазерного сканирования конструкций и последующей сшивки данных, полученных с разных станций, в единое облако точек. Эти предварительные действия обеспечивают основу для последующего перехода от облака точек к созданию поверхности плиты перекрытия (результаты сканирования и схема размещения станций представлены на рисунке 2).

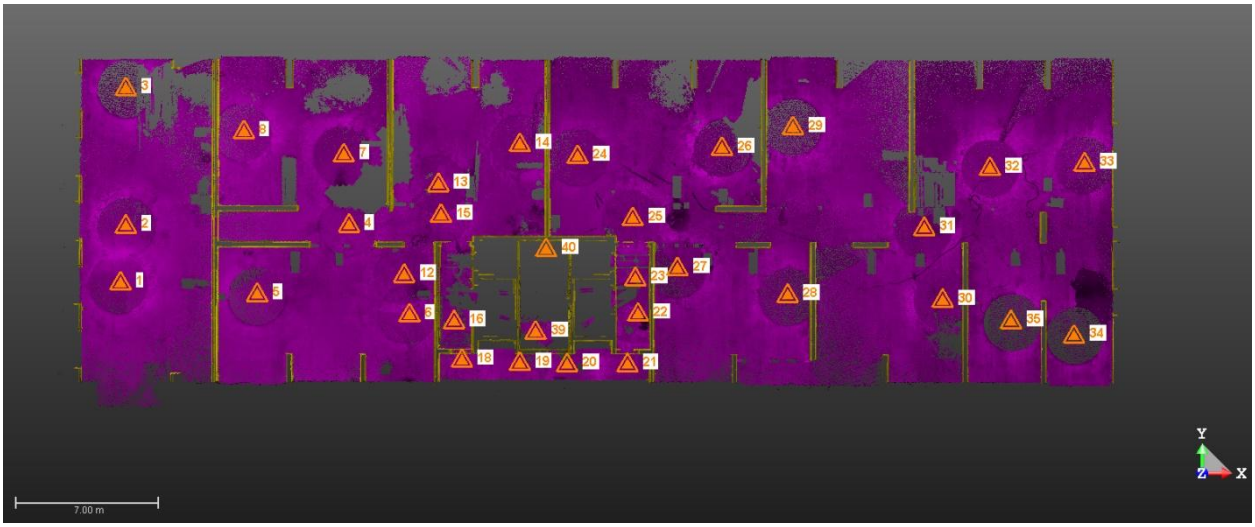

Рисунок 2. *Схема размещения станций сканирования плиты перекрытия (разработано авторами)*

Полученный файл в формате *.rcp* импортируется в ПО «*Nanocad* Облако точек», где выполняется очистка облака точек, от шумов, которые не относятся к плите (например, объемов складируемых материалов, рабочих, перемещающихся по плите). На основе очищенного облака точек генерируется *TIN* поверхность для верхней и нижней грани плиты перекрытия.

Созданные поверхности экспортируются в формате *.stl* для дальнейшей обработки в ПО «*Blender*». Под обработкой понимается: редактирование пересечений TIN сетки, заполнение незамкнутых областей тесселяции, удалению «нулевых» граней сетки [13]. Для нахождения данных недостатков в программу была загружена популярная, доступная для пользователей надстройка (*add-ons*) к ПО «*Blender» — 3D Print Toolbox*, которая проанализировала экспортированную сетку и вывела отчет с указанием мест для корректировки.

Для того, чтобы программа смогла определить объем конструкции необходимо сформировать единый, полый, замкнутый элемент плиты перекрытия в зоне расположения отверстий, в опорных зонах, в районе торцов. Фрагмент полученной сетки в зоне расположения отверстий смотреть на рисунке 3.

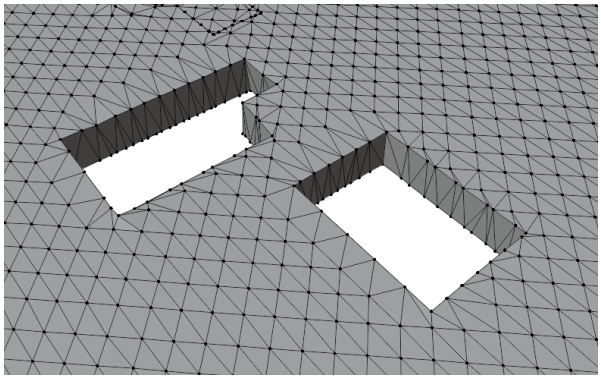

Рисунок 3. *Результат формирования замкнутой поверхности плиты перекрытия в зоне расположения отверстий (разработано авторами)*

Во избежание дублирования объема для стен и плит перекрытий зоны поперечного сечения монолитных стен и пилонов были экструдированы до отметок рабочих швов бетонирования по поверхности плиты (рис. 4) [14].

Благодаря данной процедуре оценка расхождения проектной отметки плиты перекрытия толщиной 200 мм с фактической в опорных зонах с монолитными стенами и пилонами выглядит нагляднее.

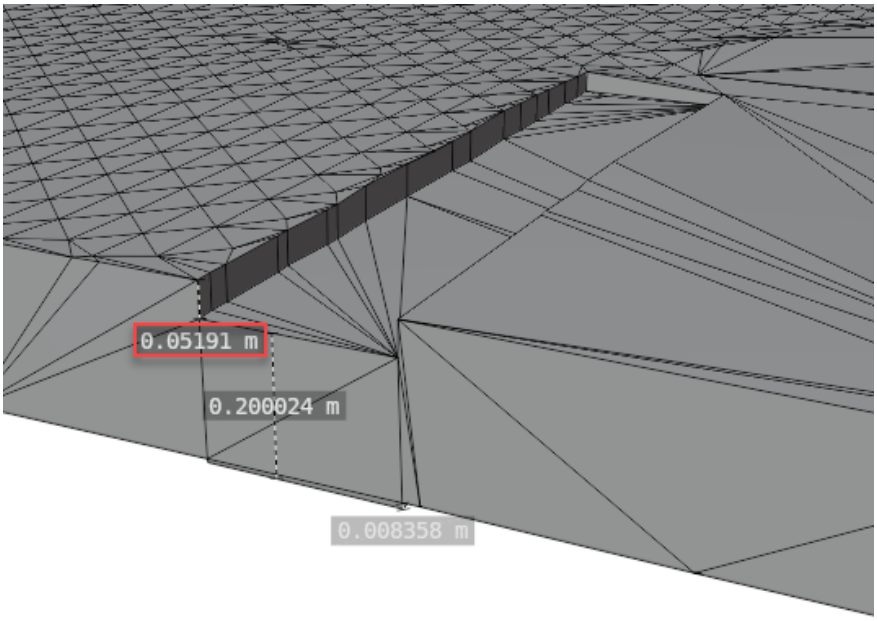

Рисунок 4. *TIN сеть в опорной зоне плиты перекрытия с указанным отклонением от проектного положения (разработано авторами)*

Максимальная разница между фактическими и проектными отметками верха плит составила около 52 мм (на рисунке 4 этот участок выделен красным цветом).

В ходе создания и обработки *TIN* сетки были приняты следующие допущения.

- По облаку точек не удалось идентифицировать положение и наличие термовкладышей в балконных зонах, поэтому для корректной оценки объема монолитной конструкции проектный объем термовкладышей (1,38 м^3) был исключен из общего объема конструкции исследуемого перекрытия.

- В облаке точек оказались «пустые» зоны, которые не удалось «заполнить» точками, из-за отсутствия на этих участках сканирующего луча, например, из-за невозможности прерывания технологического процесса [15]. Сетка для данных областей была создана вручную по проектным границам плиты перекрытия. Результирующая верхняя поверхность плиты перекрытия представлена на рисунке 5.

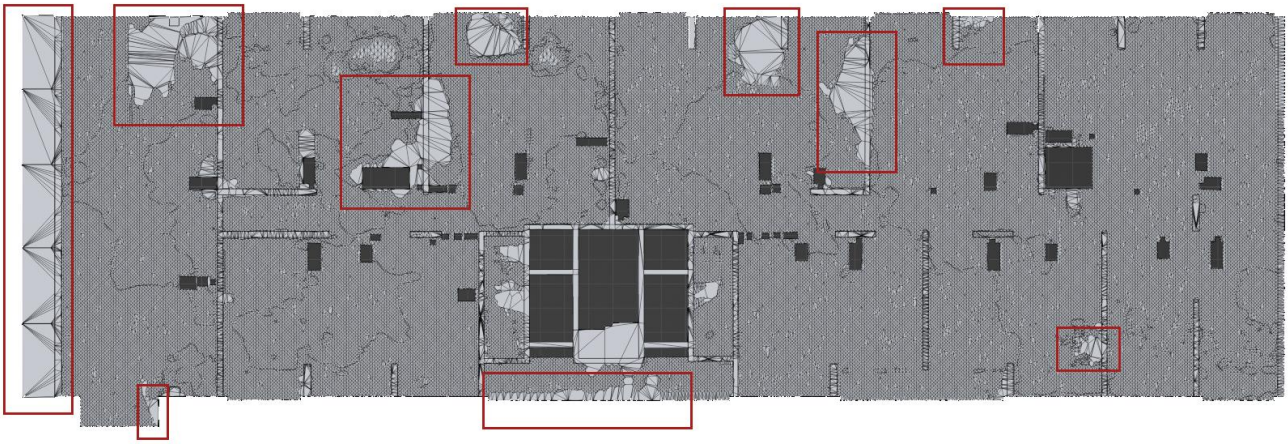

Рисунок 5. *Верхняя поверхность плиты перекрытия с указанными местами ручного создания сетки. (разработано авторами)*

По результатам работы по созданию поверхности плиты перекрытия по облаку точек для вычисления объема были получены следующие количественные характеристики (рис. 5 и табл. 1).

Таблица 1

Количественные результаты определения объема проектной и фактической монолитной железобетонной плиты перекрытия

Наименование вида плиты перекрытия	Объем плиты перекрытия, м^3
Фактическая плита перекрытия, сформированная по облаку точек (за вычетом объема термовкладышей)	158,12
Плита перекрытия по проектным данным	154,85
Разница в объемах	3,27

Разработано авторами

Полученные результаты дают возможность эффективнее учитывать расход строительных материалы (бетон, штукатурка и т. д.) в процессе строительства для общего контроля объемов, а также составления дефектовочных актов.

Также достоверно вычисленные объемы конструктивных элементов будут являться наглядным доказательством в случае возможных юридических споров между заказчиком и подрядчиком на предмет корректности закрытия выполненных работ.

Заключение

В работе описан подход *Scan-vs-BIM* на примере последовательности получения поверхности конструкции (рассмотрена монолитная плита перекрытия) по облаку точек для определения ее объема по облаку точек без перехода к промежуточной ЦИМ. Такой подход позволил получить достоверные данные об объёме конструкции на основе фактической геометрии плиты перекрытия. Применение *TIN*-поверхности, сформированной по отсканированным данным, обеспечило выявление локальных отклонений от проектной отметки и определение участков конструкции, отличных от проектных.

На основе полученных данных была сформирована замкнутая цифровая модель плиты, по которой рассчитан фактический объём конструкции. Сопоставление с проектными данными выявило расхождение в объёме, составляющее 3,27 м^3 (2,1 % от проектного объёма плиты), что даёт основание утверждать о практической значимости развития цифровых технологий строительного контроля. Проведённый анализ продемонстрировал не только высокую точность предлагаемого подхода, но и его возможности в формировании исполнительной документации, визуализации отклонений и разрешения возможных технических и финансовых разногласий между участниками строительства.

Несмотря на выявленные локальные ограничения: неполное сканирование отдельных участков, модель была успешно замкнута и доведена до состояния, пригодного для качественного анализа. Применение подхода возможно для широкого перечня монолитных конструкций современных зданий: стен (пилонов), фундаментов, лестниц и т. п., что обеспечивает его универсальность для реализации достоверного строительного контроля.

Таким образом, представленная работа вносит вклад в развитие цифровых технологий строительного контроля, демонстрируя возможность точного, количественно обоснованного анализа объемов выполненных строительных работ и открывает новые возможности для повышения прозрачности процессов ведения исполнительной документации и совершенствования процессов приёмки работ.

В качестве следующего исследования авторами запланировано представить надстройку для ПО «*Blender*», благодаря которой визуализация локальных отклонений (распределение объема по участкам) в строительной конструкции становится нагляднее, точнее и позволит выявлять участки с непроектными отметками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Shin J. Dismantling Quantity Estimation for Nuclear Power Plant: Scan-to-BIM versus Conventional Method / J. Shin, J. Song // KSCE Journal of Civil Engineering. — 2024. — Vol. 28, No. 5. — P. 1607–1621. — DOI: 10.1007/s12205-024-0675-6.
2. Nežerka V. Cloud2bim: An Open-Source Automatic Pipeline for Efficient Conversion of Large-Scale Point Clouds into Ifc Format / V. Nežerka, S. Zbirovský // SSRN. — 2025. — DOI: 10.2139/ssrn.5085725.
3. Sadeghineko F. Practicalities of Incorporating 3D Laser Scanning with BIM in Live Construction Projects: A Case Study / F. Sadeghineko, K. Lawani, M. Tong // Buildings. — 2024. — Vol. 14. — Art. 1651. — DOI: 10.3390/buildings14061651.
4. Lawani K. Methodology for retrospectively developing a BIM model from point cloud scans using ongoing building project as case study / K. Lawani, F. Sadeghineko, M. Tong, M. Bayraktar // Journal of Engineering, Design and Technology. — 2024. — Advance online publication. — DOI: 10.1108/JEDT-07-2023-0325.

5. Liao J. Accurate estimation of concrete consumption in tunnel lining using terrestrial laser scanning / J. Liao, W. Qiu, Y. Cheng // Scientific Reports. — 2024. — Vol. 14. — DOI: 10.1038/s41598-023-51132-x.

6. Москалькова Ю.Г. Комбинированное усиление железобетонных колонн стальной обоймой с обетонированием / Ю.Г. Москалькова, С.В. Данилов, В.А. Ржевуцкая // Научный журнал строительства и архитектуры. — 2021. — № 3(63). — С. 11–22. — DOI: 10.36622/VSTU.2021.63.3.001. — EDN: CSVEIV.

7. Перунов А.С. Характерные дефекты монолитных конструкций при нарушении технологии работ в зимнее время / А.С. Перунов // Инженерный вестник Дона. — 2024. — № 3(111). — С. 374–388. — EDN: PLOJCQ.

8. Kim T. Cost-Benefit Analysis of Scan-vs-BIM-Based Quality Management / T. Kim, Y. Yoon, B. Lee, N. Ham, J. Kim // Buildings. — 2022. — Vol. 12. — Art. 2052. — DOI: 10.3390/buildings12122052.

9. Jiang Z. Scan-vs-BIM for real-time progress monitoring of bridge construction project / Z. Jiang, X. Shen, M.H. Ibrahimkhil, K. Barati, J. Linke // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. — 2022. — Vol. X-4/W3. — P. 97–104. — DOI: 10.5194/isprs-annals-X-4-W3-2022-97-2022.

10. Kim S. 3D Point cloud and BIM-based reconstruction for evaluation of project by as-planned and as-built / S. Kim, S. Kim, D.E. Lee // Remote Sensing. — 2020. — Vol. 12, No. 9. — Art. 1457. — DOI: 10.3390/RS12091457.

11. Kim B. Simplified Scan-vs-BIM Frameworks for Automated Structural Inspection of Steel Structures / B. Kim, I. Jo, N. Ham, J. Kim // Applied Sciences. — 2024. — Vol. 14. — Art. 11383. — DOI: 10.3390/app142311383.

12. Moyano J. Integrating wooden altarpieces into H-BIM: Geometric profiling, complex artworks, and digital heritage mapping / J. Moyano, E. Martínez, J.E. Nieto-Julián, M. Fernández-Alconchel // Automation in Construction. — 2025. — Vol. 175. — Art. 106213. — DOI: 10.1016/j.autcon.2025.106213.

13. Исупов Н.С. Основные проблемы в работе с файлами формата stl при подсчете объема материала по облаку точек / Н.С. Исупов, Н.И. Фомин // Информационное моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–25 апреля 2025 г. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. — С. 91–96. — DOI: 10.23968/BIMAC.2025.013. — EDN: ZQPBSK.

14. Фомин Н.И. Сравнительный анализ эффективности способов оценки выполненных строительных работ по облаку точек / Н.И. Фомин, Н.С. Исупов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. — 2025. — Т. 15, № 3.

15. Abreu N. Procedural Point Cloud Modelling in Scan-to-BIM and Scan-vs-BIM Applications: A Review / N. Abreu, A. Pinto, A. Matos, M. Pires // ISPRS International Journal of Geo-Information. — 2023. — Vol. 12. — DOI: 10.3390/ijgi12070260.

Fomin Nikita Igorevich
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
Institute of Civil Engineering and Architecture
E-mail: ni.fomin@urfu.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7095-7161
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=241981

Isupov Nikita Sergeevich
Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia
Institute of Civil Engineering and Architecture
E-mail: isupovn98@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4301-3202
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1167047

Application of laser scanning for determining the actual volume of concrete works: a Scan-vs-BIM approach

Abstract. In the context of the digitalization of the construction industry, the accurate quantitative assessment of as-built works is gaining increasing importance. This study is aimed at validating the Scan-vs-BIM methodology with regard to determining the volume of concrete placement for a monolithic floor slab based on point cloud analysis of a civil building. Unlike the traditional Scan-to-BIM approach, which relies on geometry approximation during the creation of elements within a Building Information Model (BIM), the proposed solution focuses on the direct processing of point clouds with the generation of a tessellated (TIN) surface, without transitioning to an intermediate BIM. Such problem setting eliminates distortions of design geometry, enables the detection of local deviations from design elevations, and increases the accuracy of calculations. A comparison between the design and actual volumes of the structure confirmed the significance of this method for advancing digital technologies in construction quality control. The obtained data are integrated into digital as-built documentation and can be applied for deviation visualization, defect management, as well as for resolving technical and legal disputes with contractors. The practical value of the research lies in improving objectivity during work acceptance, reducing labor costs for analysis, and enhancing the reliability of interactions between clients, contractors, and supervisory authorities. The results demonstrate the potential for widespread application of the Scan-vs-BIM approach and contribute to the development of construction monitoring and data management technologies at both the construction and operation stages of buildings.

Keywords: point cloud; Scan-vs-BIM; Scan-to-BIM; tessellation grid; volumes of work; as-built documentation; acceptance of work