
ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКОНОМИКА

DOI 10.15826/rjct.2025.2.001

УДК 624.042.2:621.791

А. А. Галоян

Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Россия
e-mail: arturgaloyan18@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7696-9100>

ОТ РУЧНОГО ТРУДА К АВТОМАТИКЕ: ФЕРРОМАГНИТНЫЕ СКАНЕРЫ И ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДА- НИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. Статья посвящена анализу методов обследования зданий и сооружений с целью повышения эффективности и точности. Рассматривается объект незавершенного строительства в г. Ростове-на-Дону (44 000 м², 22 этажа, монолитно-каркасная конструкция с железобетонными перекрытиями и диафрагмами жесткости). Описаны традиционные подходы: инструментально-визуальное обследование и выборочные вскрытия железобетонных конструкций, выявлены трудозатраты и проблемы соответствия проектной документации фактическому состоянию. В статье обсуждается возможности оптимизации процесса с использованием лазерного сканирования и ферромагнитных методов, позволяющих сократить объем вскрытий и повысить точность определения параметров арматуры, что важно для планирования обследований и управлением состоянием объектов.

Кроме того, исследование направлено на демонстрацию преимуществ перехода от традиционных методов обследования к новым цифровым инструментам, которые способны упростить и ускорить процедуру сбора данных, уменьшив временные и человеческие ресурсы, необходимые для проведения обследований. Выводы подчеркивают необходимость интеграции современных технологий и постепенный отказ от разрушающих методов обследования, что обеспечит повышение качества и скорости выполнения диагностических работ.

Ключевые слова: обследование зданий и сооружений, железобетонные конструкции, арматура, вскрытия конструкций, лазерное сканирование, облако точек, ферромагнитные сканеры, неразрушающий контроль, защитный слой бетона, автоматизация обследований

Для цитирования: Галоян А. А. От ручного труда к автоматике: ферромагнитные сканеры и лазерные технологии обследования зданий и сооружений // Russian Journal of Construction Science and Technology. – 2025. – Т. 11. – № 2. – 1102001. – DOI 10.15826/rjct.2025.2.001.

A. A. Galoian

Rostov state transport university, Rosov-na-Donu, Russia

e-mail: arturgaloyan18@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7696-9100>

FROM MANUAL LABOR TO AUTOMATION: FERROMAGNETIC SCANNERS AND LASER TECHNOLOGIES FOR INSPECTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Abstract. The article addresses the current challenges and issues arising in the inspection of buildings and structures. The research focuses on an unfinished 22-story office building in Rostov-on-Don with a total area of 44,000 m² and a height of 80 m. The paper outlines the conventional methods of visual and instrumental inspection, including the destructive testing of reinforced concrete structures to determine reinforcement parameters. Special attention is given to the integration of modern technologies – laser scanning and ferromagnetic scanners – allowing for accurate, non-destructive evaluation of reinforcement and protective concrete layers. The study highlights the potential of these technologies to improve efficiency, reduce manual labor, and increase the precision of diagnostic data. The conclusions emphasize the prospects for broader implementation of automated and digital tools in engineering surveys. The study aims to demonstrate the benefits of moving from traditional survey methods to new digital tools that can simplify and speed up data collection, reducing the time and human resources needed to conduct surveys. The conclusions emphasize the need to integrate modern technologies and the gradual abandonment of destructive examination methods, which will ensure an increase in the quality and speed of diagnostic work.

Key words: building inspection, reinforced concrete structures, reinforcement, destructive testing, laser scanning, point cloud, ferromagnetic scanners, non-destructive testing, concrete cover, automation of inspection

For citation: Galoian A. A. (2025) From manual labor to automation: ferromagnetic scanners and laser technologies for inspection of buildings and structures. Russian Journal of Construction Science and Technology. 11(2). 1102001. (In Russ.) DOI 10.15826/rjctst.2025.2.001

1. Введение

Работа в сфере обследования и экспертизы зданий и сооружений представляет собой комплексную задачу, которая требует тщательного подхода и высокого уровня профессионализма. Каждый объект обладает специфическими особенностями, формирующими уникальные задачи, требующие специального подхода.

В данном исследовании рассматривается обследование объекта незавершенного строительства площадью 44 тыс. м², высотой 80 м от чистого пола, с 22 этажами. Здание представляет собой монолитно-каркасную конструк-

цию с железобетонными перекрытиями и диафрагмами жесткости, возведенную в 2010 годах. Объект предполагался к использованию в качестве административного здания. Основными проблемами стали отсутствие полной исполнительной документации и необходимость проверки фактического армирования колон и плит перекрытий.

Задачи исследования:

- анализ существующих проблем при обследовании (выявление препятствий);
- сравнение традиционного способа обследования и его ограничений;
- рассмотрение инновационного под-

хода (лазерное сканирование, ферромагнитные методы);

- формирование рекомендаций по применению технологий для минимизации разрушительных методов и повышения качества работ.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью снижения трудозатрат и повышения точности обследований. При проектировании современных предприятий необходимо учитывать возможность их дальнейшей трансформации и адаптации к изменяющимся условиям, что подтверждается исследованиями по мелкомасштабному функциональному зонированию [1].

Для понимания возможностей внедрения новых технологий необходимо прежде всего рассмотреть существующие сложности в организации обследований. В этом контексте выбранный разрез демонстрирует наиболее характерные конструктивные элементы здания – колонны, диафрагмы жесткости и перекрытия, – по которым проводилась оценка фактического армирования и толщины защитного слоя бетона (Рис. 1).

2. Выявление препятствий

Обследование зданий связано с высокими трудовыми и временными затратами. На практике часто возникают трудности из-за расхождения проектной документации с фактическим состоянием объекта. Это вынуждает специалистов дополнительно проверять конструктивные элементы, устраняя обнаруженные проблемы вручную.

Особенно остро возникают вопросы при обследовании инженерных коммуникаций, корректности размещения арматуры и соответствия фактического исполнения плану.

Например, обследовании объекта незавершенного строительства площадью 44 тыс. м² была поставлена задача детального изучения расположения тех-

нических отверстий и оценки соответствия арматуры в железобетонных конструкциях проектной документации. Подобные мероприятия требуют значительных усилий: задействование дополнительных специалистов, продолжительные обмерные работы и сложные камеральные процедуры. Для масштабных объектов длительным временем можно считать срок в несколько недель или даже месяцев, что создаёт условия задержек сдачи объекта.

Кроме того, в ходе обследований часто выявляются скрытые проблемы, не отраженные в проектных чертежах. Например, не соответствие толщины защитного слоя бетона, непредусмотренные стыки или узлы арматуры, а также ошибки при монтаже инженерных сетей. Всё это усложняет процесс обследования и повышает риск неточных заключений. Дополнительную сложность представляет необходимость согласования вскрытий с заказчиком, особенно если речь идет о действующих зданиях, где проведение разрушительных испытаний ограничено.

В таких случаях инженеры вынуждены действовать практически «вслепую», полагаясь на опыт и интуицию. Это увеличивает вероятность человеческого фактора и снижает точность оценки. При этом существующие нормы требуют документального подтверждения каждого этапа обследования, что приводит к значительным временным потерям на оформление актов, фотофиксацию и внесение корректировок в графической схеме.

На практике типичные препятствия можно разделить на три группы: конструктивные (ошибки в армировании, деформации, скрытые полости), организационные (отсутствие доступа к отдельным зонам, несогласованность действий подрядчиков) и технические (недостаток современного оборудования, несовершенство инструментов кон-

троля). Особенно ярко эти проблемы проявляются при обследовании объектов со сложной пространственной структурой – торговых и офисных центров, где присутствует множество инженерных систем, технологических подходов и второстепенных элементов, не отраженных в проектной документации.

Все перечисленные трудности подчеркивают необходимость внедрения инструментов, способных сократить ручной труд и повысить достоверность получаемых данных. На современном этапе обследования все чаще требуют не только визуальной оценки, но и цифровой фиксации состояния конструкций, что делает переход к автоматизированным методам неизбежным.

3. Сравнение традиционного способа обследования

Отчет по результатам визуально-инструментального обследования представляет собой графический документ, подготовленный в САД–системе, включающий планы этажей, разрезы и фасады здания с нанесёнными дефектами.

Перед началом проведения обмерных работ инженеры изучают имеющуюся проектную документацию, содержащую: конструктивные и архитектурные решения, а также проекты отопления, вентиляции, электроснабжения и противопожарных систем.

На практике сопоставление действительного состояния и проектной документации часто показывает существенные различия. Даже незначительные отступления от проекта, такие как неверное размещение коммуникационных каналов, приводят к необходимости повторного выезда специалистов и выполнению длительных камеральных операций по составлению точной схемы несоответствий.

Оценка состояния железобетонных конструкций предполагает проведение

вскрытий. Проведение работ по вскрытиям конструкций выполняется для определения действительного состояния конструкций и возможного отличия с рабочей документацией. Согласно утвержденной программе обследования, задачей инженеров являлось выполнение выборочных вскрытий приблизительно одной трети всех железобетонных конструкций.

После завершения этапа вскрытий проектировщики производили замер арматуры: определялись диаметры стержней и шаг укладки. Работы охватывали колонны, диафрагмы жесткости и перекрытия плит. Общий период выполнения данных операций составил порядка месяца.

Однако подобный подход отличается трудоёмкостью и затратностью, что обуславливает необходимость поиска альтернативных технологий.

Традиционный метод обследования также предполагает последовательное выполнение полевых и камеральных этапов, что снижает общую скорость обработки данных. Каждый специалист, задействованный в обследовании, фиксирует отдельную часть информации – визуальные дефекты, геометрические параметры, фотофиксацию. Позднее эти данные объединяются, сверяются и переносятся в электронный формат. При большом объеме информации высока вероятность ошибки и дублирование сведений.

Особенно трудоёмкость является стадия камеральной обработки, включающая построение цифровой модели по результатам ручных замеров. При этом обработка каждой зоны здания требует пересчета координат, корректировки размеров и согласования с исходными чертежами. Даже при высокой квалификации специалистов неизбежны неточности, вызванные субъективным восприятием или сложностью геометрии конструкции.

Кроме того, традиционный подход не позволяет оперативно получать трёхмерное представление объекта, что затрудняет планирование ремонтных и восстановительных работ. В отсутствие цифровой модели любые последующие обследования фактически проводятся «с нуля», без возможности опоры на ранее собранные данные. Это снижает эффективность работы и препятствует накоплению базы знаний по конкретным типам сооружений.

Таким образом, классическая методика обследования зданий, основанная на визуально-инструментальных методах и ручной обработке данных, исчерпала свой потенциал. При сохранении высокой трудоёмкости она не обеспечивает необходимой точности и оперативности, что в современных условиях делает обследования, включающим лазерное сканирование и неразрушающий контроль с применением ферромагнитных сканеров.

4. Инновационные методы обследования.

Современная строительная отрасль активно развивает новые способы технической инвентаризации объектов. Одним из таких является метод лазерного сканирования, который предлагает решение проблемы, позволяя оперативно собирать точные данные о состоянии здания без длительной ручной работы.

Метод лазерного сканирования широко используется для высокоточного измерения и контроля геометрических параметров объектов в строительной отрасли [2, 3]. В основе метода лежит принцип построения облака точек с фиксированными пространственными координатами, которое формируется за счёт регистрации отражённого лазерного импульса. Количество таких опорных точек определяет точность и производительность метода [4–7].

Основным преимуществом лазерно-

го сканирования является высокая скорость – более 1 млн точек в секунду [3], что позволяет получать детализированную модель объекта. Такие данные могут быть интегрированы в BIM-системы, обеспечивая более качественный анализ и взаимодействие участников проекта [8, 9]. Тем самым значительно сокращая трудозатраты и время камеральных работ.

К ограничениям метода относят необходимость прямой видимости объекта и значительные вычислительные затраты при обработке облаков точек [10]. Однако при оптимальной организации процесса данные недостатки могут быть минимизированы.

Предварительная обработка массива данных лазерного сканирования включает процедуры сшивки облаков точек, полученных с нескольких станций, прореживание облаков с целью сокращения объёма данных для дальнейшего анализа, а также сегментирование отдельных участков [10]. На этапе анализа часто используются базы данных известных объектов и дескрипторы формы, позволяющие сформировать итоговую модель. Такой подход обеспечивает высокую точность восстановления геометрии и возможность последующего анализа объекта [4–7].

Если лазерное сканирование позволяет быстро получить геометрическую модель объекта, то магнитные методы дополняют её сведениями о внутренней структуре железобетона.

Проверка железобетонных конструкций могла бы занять меньшее количество временных и человеческих ресурсов с помощью новейших разработок. Перспективным направлением в этой сфере является использование магнитных методов определения параметров арматуры. Разработка одного из видов метода принадлежит Ю. Л. Гобову, А. В. Михайлову и Я. Г. Смординскому [11], суть метода

заключается в формировании локального магнитного поля с последующей регистрацией параметров рассеянного магнитного поля от участка арматурного стержня. Эти данные позволяют оценить глубину заложения и диаметр арматуры.

В работе показано, что при использовании дипольной модели (модель локальной намагниченности арматурного стержня) возможно определить расстояние до арматуры и размер её диаметра, если одновременно измерять величину и градиент рассеянного поля. Результаты опыта подтвердили, что ошибка измерения при определении диаметра арматуры может составлять менее 10%, а глубина заложения (толщина защитного слоя) определяется с высокой точностью [11].

Следовательно, внедрение ферромагнитных сканеров в практику обследования зданий и сооружений, таких как рассматриваемое административное здание (рис. 1), характеризующееся железобетонным каркасом с монолитными перекрытиями и диафрагмами жёсткости, позволит существенно сократить количество разрушительных работ с сохранением высокой точности определения параметров арматуры в железобетонных конструкциях.

5. Практическая значимость

Практическая значимость исследования заключается в демонстрации возможностей повышения эффективности и точности обследований зданий и сооружений с применением современных технологий. В условиях быстрого роста городов и увеличения числа объектов с высокими требованиями к безопасности, сокращение времени на полевые работы и повышение достоверности получаемых данных становятся критически важными. Сегодня инженерные обследования в значительной степени зависят от ручного труда, включающего

визуальный контроль, измерения, вскрытия конструкций и камеральную обработку данных. Такой подход требует значительных человеческих ресурсов и времени, где каждое измерение и проверка арматуры может занимать недели.

Использование лазерного сканирования способно существенно снизить трудозатраты, позволяя получить точные пространственные данные за считанные часы, а не дни. Созданные облака точек фиксируют геометрию конструкций в высоком разрешении, что минимизирует необходимость повторных выездов специалистов и уменьшает риск ошибок, связанных с человеческим фактором. При этом данные можно использовать для предварительного анализа и планирования работ, что сокращает время принятия решений и позволяет оптимально распределить ресурсы команды.

Ферромагнитные методы, в свою очередь, обеспечивают возможность без разрушительного контроля внутренней структуры железобетонных элементов. Это позволяет инженерам оперативно определять диаметр и расположение арматуры, толщину защитного слоя бетона, а также выявлять потенциальные дефекты без проведения обширных вскрытий. Внедрение таких методов снижает объем разрушительных работ до минимально необходимого, что экономит материальные ресурсы и ускоряет обследование объекта.

Комплексное применение лазерного сканирования и ферромагнитных методов открывает новые перспективы для планирования и организации обследований. Сокращение трудозатрат и времени проведения полевых работ повышает эффективность инженерных команд, позволяет оперативно выявлять проблемные участки и формировать рекомендации по их устранению. В результате возрастает скорость реализации проектов, снижаются финансовые и

временные издержки, а качество получаемой информации выходит на новый уровень.

Важно подчеркнуть, что внедрение этих технологий требует стратегического подхода: подготовка специалистов, адаптация методов под конкретные объекты, разработка регламентов работы и интеграция данных в существующие информационные системы. Акцент на практическую значимость также подчеркивает необходимость развития отечественного рынка оборудования и программного обеспечения, позволяющего инженерам применять современные методы обследований на постоянной основе.

Таким образом, статья не только анализирует существующие трудности инженерных обследований, но и служит призывом к актуальному внедрению современных технологий. Лазерное сканирование и ферромагнитные методы способны изменить практику обследований, сокращая трудозатраты, повышая точность и обеспечивая безопасное проведение полевых работ. Реализация этих технологий позволит инженерам оперативно получать достоверные данные, минимизировать разрушительные операции и повысить общую эффективность обследований зданий и сооружений.

6. Рекомендации и вывод

Таким образом, рассмотренные методы дают возможность решить обозначенные во введении задачи: сократить объем вскрытий, ускорить и повысить его точность.

На основе проведенного анализа

Список используемых источников

1. Григорьева, Л. М. Мелкомасштабное функциональное зонирование, как определяющий фактор для современной архитектуры малых и средних предприятий / Л. М. Григорьева // Инженерный вестник Дона. — 2021. — № 6. — URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7085> (дата обращения: 01.01.2025).
2. Nguyen, T. A., Nguyen, P. T., Do, S. T. Application of BIM and 3D laser scanning for quantity management in construction projects / T. A. Nguyen, P. T. Nguyen, S. T. Do // Advances in Civil Engineering. — 2020.

можно сделать следующие выводы:

Вскрытия остаются важным методом обследования, но они требуют значительных ресурсов и увеличивают сроки работ.

Лазерное сканирование позволяет быстро и точно получать геометрическую информацию о здании, создавать облако точек и интегрировать его в рабочие схемы.

Ферромагнитные методы обеспечивают возможность определения параметров арматуры без разрушения конструкций, что снижает объем вскрытий до 10% от первоначального объема.

Совмещение лазерного сканирования и магнитных методов позволяет создать более полную цифровую модель здания и повысить точность анализа при снижении трудозатрат. Для комплексного управления состоянием конструкций рекомендуется интегрировать результаты обследований в систему регулярного мониторинга технического состояния зданий, что позволяет своевременно выявлять дефекты и принимать решения по ремонту или усилению элементов конструкций [12].

Заключение: Переход от разрушительных методов к интеграции инновационных технологий (лазерного сканирования и ферросканеров) является перспективным направлением развития обследований зданий и сооружений. Это позволит повысить точность результатов, сократить сроки обследований и минимизировать количество вскрытий, а также учитывать возможности дальнейшей трансформации объекта.

- Vol. 2020. — <https://doi.org/10.1155/2020/8839923>.
3. Богданов, А. Н., Алешутин, И. А. Наземное лазерное сканирование в строительстве и BIM-технологиях / А. Н. Богданов, И. А. Алешутин // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. — 2018. — № 4(46). — С. 326–332.
 4. Wu, D., Liang, Z., Chen, G. Deep learning for LiDAR-only and LiDAR-fusion 3D perception: a survey / D. Wu, Z. Liang, G. Chen // Intelligence and Robotics. — 2022. — Vol. 2. — P. 105–129. — <https://doi.org/10.20517/ir.2021.20>.
 5. Li, H. T., Todd, Z., Bielski, N., Carroll, F. 3D lidar point-cloud projection operator and transfer machine learning for effective road surface features detection and segmentation / H. T. Li, Z. Todd, N. Bielski, F. Carroll // Visual Computer. — 2022. — Vol. 38. — No. 5. — P. 1759–1774. — <https://doi.org/10.1007/s00371-021-02103-8>.
 6. Di Stefano, F., Chiappini, S., Gorreja, A., Balestra, M., Pierdicca, R. Mobile 3D scan LiDAR: a literature review / F. Di Stefano, S. Chiappini, A. Gorreja, M. Balestra, R. Pierdicca // Geomatics, Natural Hazards and Risk. — 2021. — Vol. 12. — No. 1. — P. 2387–2429. — <https://doi.org/10.1080/19475705.2021.1964617>.
 7. Asvadi, A., Premebida, C., Peixoto, P., Nunes, U. 3D Lidar-based static and moving obstacle detection in driving environments: An approach based on voxels and multi-region ground planes / A. Asvadi, C. Premebida, P. Peixoto, U. Nunes // Robotics and Autonomous Systems. — 2016. — Vol. 83. — P. 299–311. — <https://doi.org/10.1016/J.ROBOT.2016.06.007>.
 8. Гиря, Л. В., Трофимов, Г. П. Обследование памятников архитектуры с использованием современных технологий трёхмерного сканирования / Л. В. Гиря, Г. П. Трофимов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2022. — Т. 24. — № 6. — С. 35–43. — <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2022-24-6-35-43>.
 9. Casula, G., Cuccuru, F., Bianchi, M. G., Fais, S., Ligas, P. High resolution 3-D modelling of cylinder shape bodies applied to ancient columns of a church / G. Casula, F. Cuccuru, M. G. Bianchi, S. Fais, P. Ligas // Advances in Geosciences. — 2020. — Vol. 54. — P. 119–127. — <https://doi.org/10.5194/adgeo-54-119-2020>.
 10. Kim, H., Yeo, C., Cha, M., Mun, D. A method of generating depth images for view-based shape retrieval of 3D CAD models from partial point clouds / H. Kim, C. Yeo, M. Cha, D. Mun // Multimedia Tools and Applications. — 2021. — Vol. 80. — No. 7. — P. 10859–10880. — <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10283-z>.
 11. Gobov, Yu. L., Mikhailov, A. V., Smorodinskii, Ya. G. Magnetic Method for Nondestructive Testing of Rebar in Concrete / Yu. L. Gobov, A. V. Mikhailov, Ya. G. Smorodinskii // Russian Journal of Nondestructive Testing. — 2018. — Vol. 54. — No. 12. — P. 871–876. — ISSN 1061-8309. — DOI: 0.1134/S1061830918120057.
 12. Стасева, Е. В., Федина, Е. В. Системный подход к мониторингу технического состояния зданий и сооружений / Е. В. Стасева, Е. В. Федина // Инженерный вестник Дона. — 2013. — № 4. — URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2172> (дата обращения: 01.01.2025).

References

1. Grigoryeva, L. M. (2021). Small-scale functional zoning as a determining factor for modern architecture of small and medium enterprises. *Inzhenerny Vestnik Dona*, 6. Retrieved from <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7085>
2. Nguyen, T. A., Nguyen, P. T., & Do, S. T. (2020). Application of BIM and 3D laser scanning for quantity management in construction projects. *Advances in Civil Engineering*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8839923>
3. Bogdanov, A. N., & Aleshutin, I. A. (2018). Terrestrial laser scanning in construction and BIM technologies. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 4(46), 326–332.
4. Wu, D., Liang, Z., & Chen, G. (2022). Deep learning for LiDAR-only and LiDAR-fusion 3D perception: a survey. *Intelligence and Robotics*, 2, 105–129. <https://doi.org/10.20517/ir.2021.20>
5. Li, H. T., Todd, Z., Bielski, N., & Carroll, F. (2022). 3D lidar point-cloud projection operator and transfer machine learning for effective road surface features detection and segmentation. *Visual Computer*, 38(5), 1759–1774. <https://doi.org/10.1007/s00371-021-02103-8>
6. Di Stefano, F., Chiappini, S., Gorreja, A., Balestra, M., & Pierdicca, R. (2021). Mobile 3D scan LiDAR: a

- literature review. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12(1), 2387–2429. <https://doi.org/10.1080/19475705.2021.1964617>
7. Asvadi, A., Premebida, C., Peixoto, P., & Nunes, U. (2016). 3D Lidar-based static and moving obstacle detection in driving environments: An approach based on voxels and multi-region ground planes. *Robotics and Autonomous Systems*, 83, 299–311. <https://doi.org/10.1016/J.ROBOT.2016.06.007>
 8. Giryа, L. V., & Trofimov, G. P. (2022). Survey of architectural monuments using modern 3D scanning technologies. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 24(6), 35–43. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2022-24-6-35-43>
 9. Casula, G., Cuccuru, F., Bianchi, M. G., Fais, S., & Ligas, P. (2020). High resolution 3-D modelling of cylinder shape bodies applied to ancient columns of a church. *Advances in Geosciences*, 54, 119–127. <https://doi.org/10.5194/adgeo-54-119-2020>
 10. Kim, H., Yeo, C., Cha, M., & Mun, D. (2021). A method of generating depth images for view-based shape retrieval of 3D CAD models from partial point clouds. *Multimedia Tools and Applications*, 80(7), 10859–10880. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10283-z>
 11. Gobov, Yu. L., Mikhailov, A. V., & Smorodinskii, Ya. G. (2018). Magnetic Method for Nondestructive Testing of Rebar in Concrete. *Russian Journal of Nondestructive Testing*, 54(12), 871–876. <https://doi.org/0.1134/S1061830918120057>
 12. Staseva, E. V., & Fedina, E. V. (2013). System approach to monitoring technical condition of buildings and structures. *Inzhenerny Vestnik Dona*, 4. Retrieved from <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2172>.

Получено: 25.10.25

Прошла рецензирование: 25.11.25

Принята к публикации: 26.11.25

Доступно он-лайн: 29.12.25

Received: 25.10.25

Revised: 25.11.25

Accepted: 26.11.25

Available on-line: 29.12.25