

Маркшейдерско-геодезический контроль состояния технологического объекта методом лазерного сканирования

И. А. Терешин¹, Д. Л. Негурица^{1✉}, А. А. Терешин²

¹ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Российская Федерация

✉ neguritsadl@isis.ru

Резюме. Приведены результаты мониторинга состояния комплекса зданий, возводимого в сложных инженерно-геологических условиях Москвы, с применением технологии лазерного сканирования. Установлено, что комбинация высокоточного лазерного сканирования с традиционными маркшейдерско-геодезическими измерениями позволяет построить детальную 3D-модель сооружения и контролировать перемещения элементов его фасада с высокой точностью. Определено, что метод обеспечивает переход от точечного к сплошному контролю поверхностей. Выявлена динамика деформационных процессов, связанная с изменением гидрогеологической обстановки и проявлением барражного эффекта. Представлена и апробирована методика интеграции результатов лазерного сканирования в систему маркшейдерско-геодезического мониторинга. Результаты исследований могут быть полезными для повышения точности и эффективности контроля деформационных процессов при реконструкции и капитальном строительстве объектов в сложных условиях, а также для оперативной оценки эффективности защитных мероприятий.

Ключевые слова: объект капитального строительства, маркшейдерско-геодезический мониторинг, фасадная съемка, барражный эффект, 3D-модель сооружения, конструкции сооружения

Для цитирования: Терешин И.А., Негурица Д.Л., Терешин А.А. Маркшейдерско-геодезический контроль состояния технологического объекта методом лазерного сканирования. *Маркшейдерия и недропользование*. 2026;26(1):45-49. <https://doi.org/10.56195/20793332-2026-26-1-45-49>.

Mine surveying-geodetic monitoring of a technological object by laser scanning

I. A. Tereshin¹, D. L. Neguritsa^{1✉}, A. A. Tereshin²

¹National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russian Federation

²National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation

✉ neguritsadl@isis.ru

Rezume. The article presents the results of monitoring the condition of a building complex under construction in the complex engineering-geological conditions of Moscow using laser scanning technology. It has been established that combining high-precision laser scanning with traditional mine surveying-geodetic measurements allows for the creation of a detailed 3D model of the structure and for monitoring the displacements of its facade elements with high accuracy. It has been determined that this method facilitates the transition from point-based to comprehensive surface monitoring. The dynamics of deformation processes related to changes in the hydrogeological conditions and the manifestation of the barraging effect have been identified. A methodology for integrating laser scanning data into the mine surveying-geodetic monitoring system has been presented and tested. The research results can be useful for enhancing the accuracy and efficiency of deformation process control during the reconstruction and major construction of facilities in complex conditions, as well as for the rapid assessment of the effectiveness of protective measures.

Keywords: capital construction facility, mine surveying-geodetic monitoring, facade survey, barraging effect, structure 3D model, structural elements

For citation: Tereshin I.A., Neguritsa D.L., Tereshin A.A. Mine surveying-geodetic monitoring of a technological object by laser scanning. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2026;26(1):45-49. (In Russ.). <https://doi.org/10.56195/20793332-2026-26-1-45-49>.

Введение

При интенсивном строительстве в сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях города Москвы в процессе строительства активизируются негативные геомеханические и гидрогеологические процессы, что требует контроля их развития для обеспечения безопасности как самого строительства, так и окружающей застройки [1, 2]. Для решения этих проблем осуществляется научно-техническое обеспечение строительства, в ходе которого проводятся дополнительные инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания, составляется прогноз развития геомеханических процессов и осуществляется мониторинг технического состояния объекта.

Цель исследования: обоснование и апробация методики комплексного маркшейдерско-геодезического мониторинга состояния технологических объектов в сложных инженерно-геологических условиях на основе интеграции высокоточного лазерного сканирования с традиционными методами измерений для повышения точности.

Методы исследований

В программе мониторинга технического состояния проводились геодезические измерения вертикальных и горизонтальных перемещений несущих конструкций зданий, инструментальные наблюдения за раскрытием трещин с применением специальных маяков-трещиномеров, визуальный контроль (фиксация степени изменения ранее выявленных дефектов и повреждений конструкций объекта и выявление вновь появившихся дефектов и повреждений), а также фотофиксация.

На основе полученных результатов измерений осуществлялось определение категории опасности дефектов или повреждений, оценка категории технического состояния здания (сооружения) в целом, что отражается в ежемесячном отчете по результатам мониторинга.

Объектом научно-технического обеспечения являлся комплекс апартаментов с подземной парковкой в густо застроенной части Москвы. По прогнозным оценкам было возможно изменение гидрогеологических условий территории в результате строительства и эксплуатации сооружения, оказывающее влияние на гидрогеологические условия.

Выполнение данной работы особенно актуально для оценки влияния нового строительства на существующий объект вследствие имеющегося уклона рельефа территории в сторону реки Москвы.

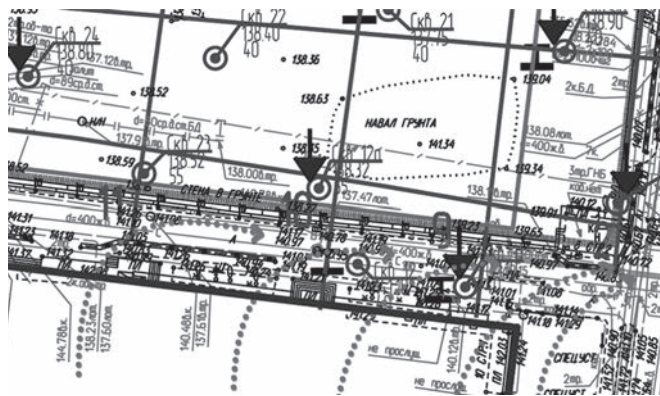
Прогнозные изменения гидрогеологических условий при реализации проектных решений были представлены в виде схематических карт результирующих изменений уровней подземных вод. По результатам моделирования определялись степень «барражного» эффекта и влияние на устойчивость грунтов оснований соседних зданий и сооружений.

Результаты исследований

В результате моделирования определена зона влияния (границы) повышения и понижения уровня подземных вод от контура ограждающей конструкции. Дается прогноз понижения (повышения) уровней водоносных горизонтов в результате строительства ограждающей конструкции. Было представлено векторное отображение движения подземных вод при строительстве ограждающей конструкции.

На карте-схеме (рис. 1) отображаются уровни водоносных горизонтов при работе водопонизительных установок.

В результате расчета определялся максимальный приток в водопонизительные скважины, на основании чего разрабатывался проект водопонижения (или строительного водотлива).



ния специальных способов измерений сдвижений и деформаций.

В этих условиях геодезический мониторинг становился одной из ключевых задач для обеспечения надежности и безопасности [1, 2]. В состав работ по геодезическому мониторингу входила установка высотных и планово-высотных деформационных марок для контроля вертикальных (осадок) и горизонтальных перемещений несущих конструкций, кренов здания, горизонтальных смещений шпунтового ограждения.

Вначале осуществлялось проведение начального цикла и периодических контрольных циклов геодезических измерений для определения координат и высот деформационных марок и их перемещений. Выполнялось высокоточное лазерное сканирование несущих конструкций паркинга для определения начального планово-высотного положения конструкций и высокоточное лазерное сканирование фасадов здания для определения начального положения плоскости фасадов здания.

Далее осуществлялось контрольное лазерное сканирование фасадов здания в осях для определения возможного изменения положения плоскости фасадов здания, что позволяло зафиксировать начальный этап деформационного мониторинга. В ходе проведенного визуального и инструментального мониторинга и фотофиксации трещин критических дефектов в основной части несущих конструкций каркаса на начальный момент проведения обследования выявлено не было.

Применение традиционных способов геодезического мониторинга в этих условиях имеет высокую трудоемкость и значительные сложности, связанные с необходимостью доступа к элементам конструкций [3].

Одним из наиболее эффективных методов для контроля состояния технологических объектов в подобных условиях является лазерное сканирование, которое позволяет получать точные и детализированные трехмерные модели объектов [4, 5]. Этот метод сочетает в себе высокую скорость сбора данных и исключительную точность, что делает его незаменимым инструментом в геодезии и строительстве [6].

Лазерное сканирование открывает новые горизонты для мониторинга состояния объектов, позволяя не только фиксировать текущее состояние, но и проводить анализ изменений во времени [3, 4]. В условиях быстроменяющейся инфраструктуры и необходимости соблюдения строгих норм и стандартов применение лазерного сканирования становится особенно актуальным [5–8]. Геодезическая съемка комплекса зданий выполнялась методом лазерного сканирования.

Для проведения лазерного сканирования выбирался характерный для всего объекта в целом участок конструкций, доступных для измерений на момент проведения инженерно-геодезических работ. На выбранном участке выполнялось лазерное сканирование конструкций (с двух или более станций) для получения максимально возможного на данном участке облака точек лазерного сканирования.

Для проведения инженерно-геодезических работ использовался роботизированный тахеометр с возможностью сканирования Leica MS 60. Отличительной особенностью этого прибора является точность 1» и работа дальномера на дистанции до 2 тыс. м с миллиметровой точностью [7].



Рис. 3. Процесс сканирования объекта /
Fig. 3. The object scanning process

Еще одной особенностью работы с роботизированным тахеометром, обладающим функцией сканирования, является возможность точной привязки сканов и получения облака точек, в котором для каждой точки имеется оценка точности ее положения.



Рис. 4. Облако точек по результатам лазерного сканирования
на станции 1. Вид 1 /

Fig. 4. Laser scan point cloud acquired at Station 1 (View 1)



Рис. 5. Облако точек по результатам лазерного сканирования
на станции 2. Вид 2 /

Fig. 5. Laser scan point cloud acquired at Station 2 (View 2)

Компьютерная обработка данных была выполнена при помощи специализированного программного обеспечения Leica Cyclone, Leica Infinity, AutoCAD [9, 10]. (Рис. 6-9 см. на цв вклейке на стр. 32–33)

По облаку точек можно производить измерения фактического положения конструктивных элементов сооружения [10–12]. Сравнивая размеры элементов модели и проектных или исполнительных чертежей объекта, можно установить отклонения положения отдельных элементов сооружения относительно проекта либо деформации объекта в процессе его эксплуатации [11, 13].

Обсуждение

1. По результатам выполненной геодезической съемки были выявлены максимальные значения отклонений фасадов от вертикали и от проектных размеров. Отклонения геометрических параметров конструкций определялись для участка конструкций, доступного на данном объекте для производства измерений.

2. Установлено, что метод лазерного сканирования обеспечивает высокую детализацию и точность при создании цифровых 3D-моделей технологических объектов и их конструктивных элементов. В ходе семи циклов измерений были зафиксированы отклонения плоскости фасада от вертикали с точностью до миллиметрового уровня.

3. Выявлена динамика деформационных процессов. Сравнение облаков точек, полученных в разные циклы измерений, показало наличие устойчивых приростов отклонений на отдельных участках фасада, что указывает на продолжающиеся негативные процессы, связанные в том числе с изменением гидрогеологической обстановки и проявлением «барражного эффекта».

4. Подтверждена эффективность комплексного подхода, сочетающего традиционные геодезические измерения

(для контроля дискретных точек) и лазерное сканирование (для получения непрерывной пространственной модели). Это позволило не только контролировать заранее заданные точки, но и выявлять деформации в непредусмотренных зонах.

5. Разработана и апробирована методика интеграции данных высокоточного лазерного сканирования в систему геодезического мониторинга строительных объектов, находящихся в сложных инженерно-геологических условиях.

6. Методика позволяет перейти от точечного контроля к сплошному мониторингу всей поверхности сооружения. Внедрение методики на объекте капитального строительства в Москве позволило оперативно выявлять зоны концентрации деформаций и оценивать эффективность принимаемых защитных мероприятий.

Заключение

Таким образом, маркшейдерско-геодезический контроль состояния технологических объектов с использованием метода лазерного сканирования представляет собой эффективный инструмент, который значительно повышает точность и эффективность мониторинга [14]. Благодаря способности быстро и точно собирать данные лазерное сканирование позволяет не только фиксировать текущее состояние объектов, но и отслеживать изменения во времени, что является критически важным для обеспечения безопасности и надежности инфраструктуры [1, 5].

Применение этого метода способствует более глубокому анализу и принятию обоснованных решений в управлении технологическими объектами. Важно отметить, что развитие технологий лазерного сканирования и их интеграция с современными информационными системами открывают новые возможности для оптимизации процессов проектирования, строительства и эксплуатации [15].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Neguritsa D. The problems of monitoring the deformation processes in the integrated development of the underground space of metropolitan cities. *E3S Web of Conferences*. 2018; 56: 02027. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20185602027>.
2. Alekseev G., Medvedev E., Neguritsa D. Monitoring of deformation processes during scientific and technical support of construction. *E3S Web of Conferences*. 2023; 410: 02045. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341002045>.
3. Меркин В.Е., Пичугин А.А., Симутин А.Н. и др. Автоматизированная система комплексного геотехнического мониторинга и опыт ее практического применения // *Транспортное строительство*. 2023; 3: 4-8. Merkin V.E., Pichugin A.A., Simutin A.N., Medvedev G.M., Kuzyanov N.A., et al. Automated system for comprehensive geotechnical monitoring and experience of its practical application. *Transport Construction*. 2023; 3: 4-8. (In Russ.).
4. Lichti D.D., Jamtsho S. Angular Resolution of Terrestrial Laser Scanners. *The Photogrammetric Record*. 2006; 21(114): 141-160. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9730.2006.00367.x>.
5. Tang P., Huber D., Akinci B. Characterization of Laser Scanners and Algorithms for Detecting Flatness Defects on Concrete Surfaces. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 2011; 25 (1): 31-42. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000073](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000073).
6. Xu F., Chen S. Application of 3D Laser Scan Technology in the Surveying and Mapping of Ancient Buildings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 455 (1): 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/455/1/012028>.
7. Wang L. et al. Automatic Monitoring System in Underground Engineering Construction: Review and Prospect. *Advances in Civil Engineering*. 2020; 1: 3697253: 1-16. <https://doi.org/10.1155/2020/3697253>.
8. Mustafin M.G., Valkov V.A., Kazantsev A.I. Monitoring of Deformation Processes in Buildings and Structures in Metropolises. *Procedia Engineering*. 2017; 189: 729-736. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.115>.
9. Neguritsa D., Alekseev G., Tereshin A., Medvedev E., Slobodin K. Deformation Processes Modelling Throughout Underground Construction Within Megapolis Limits. *Processes in GeoMedia. Springer Geology. Springer, Cham*. 2022; IV: 215-227. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76328-2_23.
10. Park H.S. et al. A New Approach for Health Monitoring of Structures: Terrestrial Laser Scanning. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. 2006; 22 (1): 19-30. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2006.00466.x>.
11. Liu Y. et al. A Metrological of Laser Pavement 3D Measurement Equipment. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021; 1846. (1): 012020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1846/1/012020>.
12. Hoang N.D. Image processing based automatic recognition of asphalt pavement patch using a metaheuristic optimized machine learning approach. *Advanced Engineering Informatics*. 2019; 40: 110-120. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.04.004>.

13. Chen J., Kira Z., Cho Y.K. Deep Learning Approach to Point Cloud Scene Understanding for Automated Scan to 3D Reconstruction. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 2019; 33 (4). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000842](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000842).
14. Pepe M., Costantino D., Restuccia Garofalo A. An Efficient Pipeline to Obtain 3D Model for HBIM and Structural Analysis Purposes from 3D Point Clouds. *Applied Sciences*. 2020; 10 (4): 1235. <https://doi.org/10.3390/app10041235>.
15. Volk R., Stengel J., Schultmann F. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs. *Automation in Construction*. 2014; 38: 109-127. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Иван Александрович Терешин –

аспирант, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: tereshinia@isis.ru

Дмитрий Леонидович Негурица –

канд. техн. наук, доцент кафедры геологии и маркшейдерского дела, Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва, Российская Федерация; e-mail: neguritsadl@isis.ru

Александр Александрович Терешин –

канд. техн. наук, начальник научно-технического центра, Институт научно-технического сопровождения строительства, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: tereshinaa@mgsu.ru

Критерии авторства:

Д. Л. Негурица, А. А. Терешин – идея исследований, постановка задач и определение методов исследований, написание научной работы, анализ полученных результатов; И. А. Терешин – выборка и сбор материалов для исследований, постановка эксперимента, проведение натурных наблюдений, обработка полученных результатов.

Конфликт интересов:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о статье

Поступила в редакцию: 02.12.2025

Поступила после рецензирования: 29.01.2026

Принята к публикации: 15.02.2026

ABOUT THE AUTHORS

Ivan A. Tereshin –

Postgraduate Student, National University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russian Federation; e-mail: tereshinia@isis.ru

Dmitry L. Neguritsa –

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Geology and Mine Surveying, National University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russian Federation; e-mail: neguritsadl@isis.ru

Alexander A. Tereshin –

Cand. Sci. (Eng.), Head of the Scientific and Technical Center, Institute of Scientific and Technical Support for Construction, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation; e-mail: tereshinaa@mgsu.ru

Contribution:

D. L. Neguritsa, A. A. Tereshin – research concept and design, methodology development, writing the manuscript, analysis and interpretation of results; I. A. Tereshin – data curation, experimental design and setup, field observations, data processing.

Conflict of interest:

The authors declare no conflict of interest.

Information about the article

Received: 02.12.2025

Revised: 29.01.2026

Accepted: 15.02.2026