

---

# **ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

---

## **TECHNOLOGY AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION**

Известия вузов. Строительство. 2022. № 10. С. 46–53.

ISSN 0536-1052

News of Higher Educational Institutions. Construction. 2022; (10): 46–53.

ISSN 0536-1052

Научная статья

УДК 69.003:658.387:699.88

DOI: 10.32683/0536-1052-2022-766-10-46-53

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ ЗДАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ**

**Елена Михайловна Грязнова**

Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ),  
Москва, Россия

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы обеспечения безопасной и надежной эксплуатации зданий и сооружений. Отмечено, что для обеспечения сохранности и надежности объектов необходима организация периодических наблюдений и контроля состояния системы «основание – фундамент – надземные конструкции здания» как в период строительства, так и при эксплуатации. Проведение наблюдений необходимо и за строящимися зданиями, и за попадающими в зону влияния нового строительства или реконструкции. Наблюдения должны проводиться комплексно различными методами, дополняющими друг друга, для получения более полной информации об объекте. К комплексным наблюдениям относится геотехнический мониторинг. Важность применения геотехнического мониторинга в возможности своевременного обнаружения и диагностирования негативных процессов, возникающих в строительных конструкциях. Проведение мониторинга позволяет принять оперативные меры по нормализации технического состояния зданий, обеспечения их надежности и безопасной, безаварийной эксплуатации на разных этапах строительства и эксплуатации. Результаты многолетних комплексных наблюдений за деформационным поведением эксплуатируемых зданий, попавших в 2005 г. в зону влияния нового строительства, и за введенным зданием повышенной ответственности рассмотрены на примере аэропорта Внуково-1.

**Ключевые слова:** геотехнический мониторинг, безопасность, надежность, комплексные наблюдения

**Для цитирования:** Грязнова Е.М. Обеспечение сохранности зданий при строительстве и реконструкции // Известия вузов. Строительство. 2022. № 10. С. 46–53.  
DOI: 10.32683/0536-1052-2022-766-10-46-53.

Original article

## **ENSURING THE SAFETY OF BUILDINGS DURING CONSTRUCTION AND RECONSTRUCTION**

**Elena M. Gryaznova**

Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), Moscow, Russia

**Abstract.** The article deals with the issues of ensuring the safe and reliable operation of buildings and structures. It is noted that in order to ensure the safety and reliability of facilities, it is necessary to organize periodic observations and control the state of the system "base – foundation – above-ground structures of the building", both during construction and during operation. Such observations are necessary both for buildings under construction and for those falling into the zone of influence of new construction or reconstruction. Moreover, observations should be carried out in a complex way – by various methods that complement each other, in order to obtain more complete information about the object. Such complex observations include geotechnical monitoring. The importance of applying geotechnical monitoring in the possibility of timely detection and diagnosis of negative processes arising in building structures. Conducting such monitoring makes it possible to take prompt measures to normalize the technical condition of buildings, ensure their reliability and safety, without emergency operation at different stages of construction and operation. The results of long-term comprehensive observations of the operated buildings deformation behavior that fell into the zone of influence of new construction in 2005, and for the erected building of increased responsibility are considered on the example of Vnukovo-1 airport.

**Keywords:** geotechnical monitoring, safety, reliability, complex observations

**For citation:** Gryaznova E.M. Ensuring the safety of buildings during construction and reconstruction. *News of Higher Educational Institutions. Construction.* 2022. № 10. С. 46–53. (In Russ.). DOI: 10.32683/0536-1052-2022-766-10-46-53.

Современные тенденции в строительстве, характеризующиеся увеличением этажности зданий, уплотнением застройки, стесненностью строительных площадок, освоением подземного пространства, насыщенной сетью инженерных коммуникаций, приводят к возникновению и развитию негативного техногенного воздействия строительства на здания и сооружения, расположенные на прилегающих территориях. В связи с этим возрастает роль контроля технического состояния зданий и сооружений с целью предупреждения аварийных ситуаций и обоснованности выбора комплекса инженерных мероприятий по их недопущению. При этом очевидно, что контроль технического состояния несущих конструкций должен носить систематический характер и позволять осуществлять оценку происходящих изменений на основе количественных критериев, т.е. базироваться на выявлении соответствия фактической прочности, жесткости и устойчивости строительных конструкций требованиям нормативных документов. Регулярность проведения наблюдений должна позволять предпринять необходимые действия в случае превышения допустимых значений.

Широкое распространение в сфере реконструкции и при новом строительстве получил геотехнический мониторинг [1–11], под которым понимается комплексная система наблюдений за деформациями окружающей застройки, контроль работы фундаментов и грунтов основания, фиксация изме-

нения гидрологического режима и т.д. [11–16]. Проведение мониторинга позволяет своевременно выявлять и предотвращать необратимые процессы в системе «грунт основания – фундамент – надземные конструкции здания». Значение многолетнего геотехнического мониторинга за деформационным поведением эксплуатируемых зданий, находящихся в непосредственной близости от возведенного здания и самого здания, в обеспечении надежности и безопасной эксплуатации можно проследить на примере реконструкции аэропорта Внуково.

Сложная транспортная ситуация на участке Москва–Внуково-1 в 2005 г. вызвала необходимость реконструкции аэропорта Внуково и строительства железнодорожной ветки, которая соединила Внуково-1 и Киевский вокзал в Москве. Особенностью реконструкции аэропорта Внуково-1 являлась необходимость обеспечения жизнедеятельности ряда сохраняемых эксплуатируемых зданий в процессе строительства. К ним относились сооружения аэровокзального комплекса, воспринимающие поток пассажиров внутренних рейсов, а также ряд служебных зданий, в том числе паркинги № 1 и 2, контрольно-диспетчерский пункт (КДП), обеспечивающий безопасность полетов не только над взлетными полосами аэропорта, но и над частью Москвы и Московской области.

Перед началом строительства МГСУ было проведено обследование зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строительства железнодорожной ветки. Результаты обследования показали, что практически все здания: КДП, здание старого аэровокзала, авиационно-техническая база (АТБ), за исключением паркинга № 2, находились в ограниченно работоспособном состоянии. Так как здания КДП, старого аэровокзала и АТБ были предназначены под снос, усиление их конструкций не производилось. За ними был установлен геотехнический мониторинг, включающий геодезический и объектный мониторинг, учитывая ответственность сохраняемых сооружений, особенно вышки КДП. Для повышения оперативности получения данных система «Циклоп» позволяла получать оперативную информацию с высокой частотой. В связи с тем, что использование методики автоматизированной системы «Циклоп» возможно только в условиях прямой видимости, на данном объекте была применена комбинированная система мониторинга, сочетающая традиционные наблюдения с автоматизированными.

После завершения строительства железнодорожной ветки начались работы по возведению нового здания аэровокзала. В 2010 г. строительство было окончено и аэровокзальный комплекс (АВК) «Внуково-1» был введен в эксплуатацию. АВК «Внуково-1» имеет два основных уровня: для вылетающих пассажиров (уровень вылета) и прилетающих пассажиров (уровень прилета), а в плане разделен на две части – на зону внутренних линий и международных.

В АВК размещены общие залы, залы ожидания, торговые помещения, рестораны, залы отдыха, административные, технологические, сервисные и складские помещения и помещения по обработке багажа, а также открытые парковки легковых автомобилей для служащих терминала на уровне земли. Каркас здания решен в монолитном железобетоне и представляет собой стоечно-ригельную систему, на которую опирается стальной каркас кровли

здания. Фундаменты здания (фундаментная плита и буронабивные сваи) выполнены по технологии непрерывно погружаемого шнека.

Мониторинг за техническим состоянием здания в период с 2010 по 2014 гг. в силу ряда причин не проводился. За эти годы в подземной части здания было отмечено трещинообразование. По результатам обследования 2014 г., выполненного специализированной организацией, в качестве основных причин трещинообразования были выдвинуты два варианта: усадка бетона или неравномерные деформации фундаментов. Однако экспериментальных или аналитических подтверждений в материалах обследования 2014 г. не приводилось. Их отсутствие не позволяло разработать обоснованные рекомендации по предотвращению развития процесса трещинообразования и обеспечить дальнейшую надежную эксплуатацию АВК.

С учетом вышеуказанных обстоятельств в 2019–2020 гг. НИУ МГСУ было проведено техническое обследование состояния строительных конструкций АВК и разработана программа геотехнического мониторинга, который проводится НИУ МГСУ на данном объекте с сентября 2021 г. по настоящее время. Целями проведения работ по геотехническому мониторингу и наблюдению за осадками объекта являются:

контроль состояния строительных конструкций для оценки безопасности процесса эксплуатации;

оценка степени опасности выявленных деформаций и выдача в случае необходимости рекомендаций для разработки своевременных мероприятий по их ликвидации.

Как уже отмечалось, в период с 2006 по 2010 г. рассматриваемая территория подверглась интенсивной застройке. В результате хозяйственной деятельности она претерпела значительные изменения, что неизбежно сказалось на состоянии строительных конструкций паркингов, находящихся в непосредственной близости от нового строительства АВК. На протяжении десятилетнего периода с 2006 по 2016 г. техническое состояние паркингов постоянно контролировалось различными организациями, в том числе и НИУ МГСУ, путем мониторинга и периодического обследования строительных конструкций.

Проведенные специализированными организациями обследования зданий паркингов № 1 и 2 позволили в целом оценить состояние строительных конструкций по состоянию на 2016 г. как «ограниченно работоспособное». В этой связи в 2018 г. заказчиком было принято решение о необходимости выполнения геотехнического мониторинга для оценки изменения во времени технического состояния паркингов и своевременного проведения соответствующих мероприятий по недопущению развития негативных процессов при их эксплуатации.

Мониторинг состояния паркингов проводился согласно утвержденной программе и включал комплексную оценку состояния несущих конструкций наблюдаемых зданий для обеспечения их прочности, надежности и безопасной эксплуатации на основании проведения работ с использованием различных методов. Согласно программе мониторинга предусматривались:

геодезический мониторинг с фиксацией вертикальных перемещений (осадок);

геодезический мониторинг прогибов конструкций;

объектный мониторинг, включающий визуально-инструментальное обследование, позволяющее оценить текущее техническое состояние основных несущих конструкций зданий;

геофизический мониторинг: электроконтактное динамическое зондирование грунтов, включающее в себя методы динамического зондирования и токового каротажа, и сейсмоакустическое зондирование фундаментов с использованием отражений на продольных и поперечных волнах.

При выполнении мониторинга и анализе всех результатов обследований было установлено, что техническое состояние фундаментов и грунтов основания паркингов стабильно. Однако была отмечена тенденция роста повреждаемости надфундаментных конструкций с дальнейшим ухудшением их технического состояния, причем наибольшее ухудшение технического состояния конструкций было зафиксировано в зимне-весенний период.

В ходе наблюдений (2018–2019 гг.) на паркинге № 1 было выявлено появление аварийных участков. Срок службы здания до капитального ремонта был исчерпан. Дальнейшая безопасная эксплуатация паркинга № 1 без ограничений возможна не только при проведении комплекса ремонтно-восстановительных работ, но и при выполнении мероприятий по усилению отдельных конструкций. В связи с этим паркинг № 1 был закрыт на ремонт, в ходе которого проводилось усиление отдельных участков конструкций по специально разработанному НИУ МГСУ проекту.

По паркингу № 2 в рассматриваемый период также наблюдалось ухудшение состояния надземных конструкций. На момент мониторинга остаточный ресурс паркинга № 2 отсутствовал. По этой причине он был закрыт для проведения комплекса ремонтно-восстановительных работ с усилением отдельных элементов строительных конструкций.

По состоянию на сентябрь 2019 г. на момент проведения очередного цикла мониторинга значения осадок фундаментов паркинга № 1 и 2 находились в пределах точности измерений и опасений не вызывали. Выявленные ранее дефекты и повреждения, влияющие на несущую способность строительных конструкций, были устранены. Техническое состояние строительных конструкций и зданий в целом оценивалось как нормативное<sup>1</sup>. Остаточный ресурс до капитального ремонта составлял 33 года<sup>2</sup>.

В соответствии с требованиями нормативных документов контроль технического состояния паркингов проводился в течение одного года после завершения ремонтно-восстановительных работ. Было выполнено два цикла наблюдений, анализ результатов которых показал, что негативных тенденций не выявлено и техническое состояние строительных конструкций и объектов оценивается как нормативное.

**Выводы.** 1. При мониторинге за деформациями ответственных сооружений, непосредственно примыкающих к строительной площадке, целесооб-

---

<sup>1</sup> ГОСТ 31937–2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга строительных конструкций. М., 2014. 89 с.

<sup>2</sup> Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам / ЦНИИПромзданий. М., 2001. 100 с.

разно сочетать методы автоматизированного контроля с традиционными методиками наблюдений.

2. В составе геотехнического мониторинга необходимо проводить комплексные, взаимно дополняющие друг друга исследования, которые должны быть предусмотрены программой. Сочетание геодезических, обследовательских, геофизических и расчетно-аналитических методов позволяет своевременно обнаружить и предотвратить возможность возникновения аварийных ситуаций в строительных конструкциях на ранней стадии их развития.

3. Обеспечение безопасности и надежности строительных конструкций, подвергшихся влиянию нового строительства и реконструкции, возможно только при проведении комплексных систематических наблюдений.

4. Регулярность проведения наблюдений позволяет предпринять необходимые действия и разработать технические решения по предупреждению и устранению отклонений, превышающих допустимые значения, а также контролировать качество выполнения принятых решений.

5. Было установлено, что наибольшая интенсивность развития повреждений строительных конструкций наблюдалась в зимне-весенний период года за счет намокания, высолов, разрушения защитного слоя бетона, оголения и коррозии арматуры.

6. Оценка влияния повреждений строительных конструкций, выявленных в процессе мониторинга, на их надежность позволила определить остаточный ресурс безопасной эксплуатации зданий.

#### **Список источников**

1. Гаврилов А.Н. и др. Мониторинг деформационного поведения зданий, попадающих в зону влияния нового строительства // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 4. С. 61–63.
2. Иванова А.В., Соловьев Т.А., Бугакова Т.Ю. Геотехнический мониторинг – основа жизненного цикла зданий и сооружений // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 6, № 1. С. 214–220.
3. Гаврилов А. и др. Интерактивный мониторинг деформационного поведения зданий, примыкающих к участку реконструкции аэропорта Внуково-1 // Развитие городов и геотехническое строительство: Труды международной конференции по геотехнике. СПб., 2008. Т. 3.
4. Квартальнов С.В., Макулов В.В. Геотехнический мониторинг зданий и сооружений // European science. 2017. № 5. С. 43–45.
5. Новиков Ю., Щукина В. Подготовительный этап к инструментальному контролю и обследованию конструкций зданий и сооружений // Материалы Международной конференции «Актуальные вопросы машиностроения». 2017 (AIME 2017). Томск, 2017. Т. 133. С. 773–778.
6. Yamov V., Belyaeva Z. Analysis of main causes of defects of multi-storey reinforced concrete frame buildings // 10th International Scientific Conference on Building Defects (Building Defects): Inst Technol& Business, Ceske Budejovice, Czech Republic. 2018. Vol. 279, no. 02008 NOV 29–30.
7. Ismail Mohamad Pauzi. Selection of suitable NDT methods for building inspection // Global Congress on Construction, Material and Structural Engineering (GCoMSE), Johor Bahru, Malaysia, 2017. Vol. 271, no. 012085.

8. Евтушенко С.И., Кучумов М.А. Система мониторинга трещин строительных конструкций // Современное оборудование, методы инструментального обследования и усиления зданий и сооружений. Краснодар, 2019. С. 7–12.
9. Ercoli M., Brigante R., Radicioni F. Inside the polygonal walls of Amelia (Central Italy): A multidisciplinary data integration, encompassing geodetic monitoring and geophysical prospections. Journal of applied geophysics. 2016. Vol. 127. P. 31–44.
10. Krentowski Janusz R., Knyziak Piotr. Evaluation aspects of building structures reconstructed after a failure or catastrophe // Conference Series-Materials Science and engineering. Prague, 2017. Vol. 245, no. 032099.
11. Усанов С.В., Ручкин В.И., Желтышева О.Д. Мониторинг нелинейных деформаций зданий и сооружений // J. of Mining Sci. 2015. Vol. 4. P. 724–729.
12. Shi G., Xu K., Ban H., Lin C. Local buckling behavior of welded stub columns with normal and high strength steels // J. Const. Steel Research. 2016. No. 119. P. 144–153.
13. Kenai S. Bahar. Revaluation and repair of Algiers new airport building // Symposium on Materials for Infrastructure and Development, SAN. California: Cement & Concrete composites. 2001. Vol. 25, no. 6. P. 633–641.
14. Banic D.I., Tkalcic D., Banic Z. Service life extension of existing precast concrete girders // 2nd International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting, Cape Town, South Africa, 2008. P. 243.
15. Ruiz-Jaramillo Jonathan, Mascort-Albea Emilio, Jaramillo-Morilla Antonio. Proposed methodology for measurement, survey and assessment of vertical deformation of structures // Structural survey. 2016. Vol. 34, no. 3. P. 276–296.
16. Santini Silvia, Forte Angelo, Sguerri Lorena. The structural diagnosis of existing RC buildings // The Role of Nondestructive Tests in the Case of Low Concrete Strength Infrastructures. 2020. Vol. 5, no. 11.

### References

1. Gavrilova A.N., et al. Monitoring of the deformation behavior of buildings falling into the zone of influence of new construction. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo = Industrial and civil engineering*. 2007; (4): 61–63. (In Russ.).
2. Ivanova A.V., Solov'eva T.A., Bugakova T.Yu. Geotechnical monitoring is the basis of the life cycle of buildings and structures. *Interekspo Geo-Siber' = Interexpo geo-siberia*. 2019; 6(1): 214–220. (In Russ.).
3. Gavrilov A. et al. Interactive monitoring of deformation behavior of buildings adjacent to the reconstruction site of Vnukovo-1 airport. Urban development and geotechnical construction. Proceedings of the International Conference on Geotechnics. St. Petersburg, 2008. Vol. 3. (In Russ.).
4. Kvartalnov S.V., Makulov V.V. Geotechnical monitoring of buildings and structures. *European science*. 2017; (5): 43–45. (In Russ.).
5. Novikov Yu., Shchukina V. Preparatory stage for instrumental monitoring and structural inspection of buildings and structures. International Conference on Actual Issues of Mechanical Engineering (AIME 2017). Tomsk, 2017. Vol. 133. P. 773–778. (In Russ.).
6. Yamov V., Belyaeva Z. Analysis of main causes of defects of multi-storey reinforced concrete frame buildings. 10th International Scientific Conference on Building Defects (Building Defects): Inst Technol& Business, Ceske Budejovice, Czech Republic. 2018; 279(02008): NOV 29–30.
7. Ismail Mohamad Pauzi. Selection of suitable NDT methods for building inspection. Global Congress on Construction, Material and Structural Engineering (GCoMSE), Johor Bahru, Malaysia. 2017; 271(012085).

8. *Evtushenko S.I., Kuchumov M.A.* Construction crack monitoring system in the collection. Modern equipment, methods of instrumental examination and strengthening of buildings and structures. Collection of scientific articles based on the materials of the International Scientific and Practical Conference. Krasnodar, 2019. P. 7–12. (In Russ.).
9. *Ercoli M., Brigante R., Radicioni F.* Inside the polygonal walls of Amelia (Central Italy). A multidisciplinary data integration, encompassing geodetic monitoring and geophysical prospections. *Journal of applied geophysics*. 2016; (127): 31–44.
10. *Krentowski JanuszR., Knyziak Piotr.* Evaluation aspects of building structures reconstructed after a failure or catastrophe. Conference Series-Materials Science and engineering. Prague, 2017; 245(032099).
11. *Usanov S.V., Ruchkin V.I., Zheltysheva O.D.* Monitoring linear deformation of buildings and structures. *J. of Mining Sci.* 2015; (4): 724–729. (In Russ.).
12. *Shi G., Xu K., Ban H., Lin C.* Local buckling behavior of welded stub columns with normal and high strength steels. *J. Const. Steel Research*. 2016; (119): 144–153.
13. *Kenai S. Bahar.* Revaluation and repair of Algiers new airport building // Symposium on Materials for Infrastructure and Development, SAN. *California: Cement & Concrete composites*. 2001; 25(6): 633–641.
14. *Banic D.I., Tkalcic D., Banic Z.* Service life extension of existing precast concrete girders. 2nd International Conference on Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting, Cape Town, South Africa, 2008. P. 243.
15. *Ruiz-Jaramillo Jonathan, Mascort-Albea Emilio, Jaramillo-Morilla Antonio.* Proposed methodology for measurement, survey and assessment of vertical deformation of structures. *Structural survey*. 2016; 34(3): 276–296.
16. *Santini Silvia, Forte Angelo, Sguerri Lorena.* The structural diagnosis of existing RC buildings. *The Role of Nondestructive Tests in the Case of Low Concrete Strength Infrastructures*. 2020; 5(11).

#### **Информация об авторе**

**Е.М. Грязнова** – кандидат технических наук, доцент, GryaznovaEM@mgsu.ru

#### **Information about the author**

**Е.М. Gryaznova** – PhD, Ass. Professor, GryaznovaEM@mgsu.ru

Статья поступила в редакцию 05.09.2022  
Одобрена после рецензирования 05.10.2022  
Принята к публикации 12.10.2022

The article was submitted 05.09.2022  
Approved after reviewing 05.10.2022  
Accepted for publication 12.10.2022