

ГЕОДЕЗИЯ / GEODESY

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.27>КОСВЕННЫЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ
СКЛАДСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Научная статья

Вдовенко А.В.^{1,*}, Вдовенко В.А.², Егоров П.И.³, Трофимов И.Ю.⁴¹ ORCID : 0000-0002-9543-1369;³ ORCID : 0009-0003-7704-5274;⁴ ORCID : 0000-0003-1327-4601;^{1, 2, 3, 4} Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (avdovienko[at]list.ru)

Аннотация

В статье представлены практические результаты осуществления методики косвенного геодезического мониторинга, при котором вывод о состоянии одних несущих конструкций делается на основе знаний о конструктивной схеме сооружения и наблюдений других его элементов. Объектом исследования являлся действующий склад автозапчастей, конструктивно выполненный как полный металлический каркас из двутавровых колонн, установленных с шагом 5 метров, поддерживающих кровельные фермы. Задача обследования включала в себя контроль: деформации металлокаркаса, в частности осадок и кренов вертикальных несущих колонн, а также характера работы дренажной системы, проходящей снаружи вдоль фасадов. Работы выполнялись с использованием цифрового нивелира SOKKIA SDL50, безотражательного тахеометра SOKKIA SET530R.

Ключевые слова: косвенный метод, металлокаркас, мониторинг, геодезические измерения, контроль, деформации.

AN INDIRECT GEODETIC MONITORING OF THE BUILDING STRUCTURES OF A WAREHOUSE BUILDING

Research article

Vdovenko A.V.^{1,*}, Vdovenko V.A.², Yegorov P.I.³, Trofimov I.Y.⁴¹ ORCID : 0000-0002-9543-1369;³ ORCID : 0009-0003-7704-5274;⁴ ORCID : 0000-0003-1327-4601;^{1, 2, 3, 4} Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation

* Corresponding author (avdovienko[at]list.ru)

Abstract

The article presents practical results of the indirect geodetic monitoring methodology, in which a conclusion about the condition of some load-bearing structures is made on the basis of knowledge about the structural scheme of the building and observations of its other elements. The object of the research was an existing automobile spare parts warehouse, structurally designed as a complete metal frame made of two-beam columns set in 5-metre increments and supporting roof trusses. The inspection task included checking: the deformation of the metal frame, in particular the settlement and bank of the vertical supporting columns, and the nature of the drainage system running outside along the facades. The work was carried out using a SOKKIA SDL50 digital level and a SOKKIA SET530R reflectorless total station.

Keywords: indirect method, metal frame, monitoring, geodetic measurements, control, deformations.

Введение

Основной целью технического обследования конструкций зданий и сооружений является определение текущего технического состояния, выявление степени физического износа, дефектов, выяснения эксплуатационных качеств конструкций; прогнозирование их поведения в будущем [1], [2], [3], [4]. Геодезический мониторинг – вид обследования, целью которого является наблюдение и контроль над деформационными процессами в зданиях и сооружениях в ходе строительных работ, эксплуатации и реконструкционных работ [5], [6], [8], [9]. Целями проведения исследований является обнаружение деформационных изменений, определение причин их возникновения, а также прогноз изменения и развития. Современные методы диагностики зданий основаны на реализации геодезических технологий, обеспечивающих определение и анализ их полной геометрии. При этом основными задачами геодезических исследований выступают:

– определение локальных деформаций земной поверхности в районе размещения здания, их вертикальных и горизонтальных составляющих векторов перемещений.

– определение параметров пространственной геометрии и деформаций внутренней геометрии зданий [10], [11].

Степень разработанности темы статьи определяется исследованием научных публикаций в области прикладной геодезии применительно к задачам геодезического мониторинга за деформациями инженерных сооружений. Авторами наиболее значимых трудов являются такие известные ученые как: Брынь М. Я., Васютинский И. Ю., Гуляев Ю. П., Жуков Б. Н., Зайцев А. К., Карпик А. П., Ключин Е. Б., Лебедев Н. Н., Левчук Г. П., Никитин А. В., Пимшин Ю.И., Рязанцев В. Е., Хорошилов В. С., Шоломицкий А. А., Ямбаев Х. К. и др.

Постановка задачи

Объектом мониторинга являлся действующий склад автозапчастей, конструктивно выполненный как полный металлический каркас из двутавровых колонн, установленных с шагом 5 метров, поддерживающих кровельные фермы, обшитый навесными сэндвич панелями с утеплителем.

Внутри в западном углу сооружено двухэтажное административное помещение, не связанное с основными строительными конструкциями (стоит на бетонном полу склада). Общий план склада с разбивкой в осях представлен на рисунке 1.

Изначальной причиной, с которой заказчик обратился в обследующую организацию был очевидный вымыв грунта из-под восточного угла (А-В/9) на технический проезд, проходящий рядом по промзоне. При первом осмотре появились подозрения на серьезные деформации металлокаркаса, так как по сведениям заказчика у здания имелись проблемы с отпаданием внешних элементов обшивки при «срезании» крепежа, а также лопнувшие талрепы вспомогательных диагональных связей. Геодезической службе было поручено проконтролировать характер движения воды по дренажной системе, а также состояние (крен/осадка) всех 35 несущих колонн каркаса.

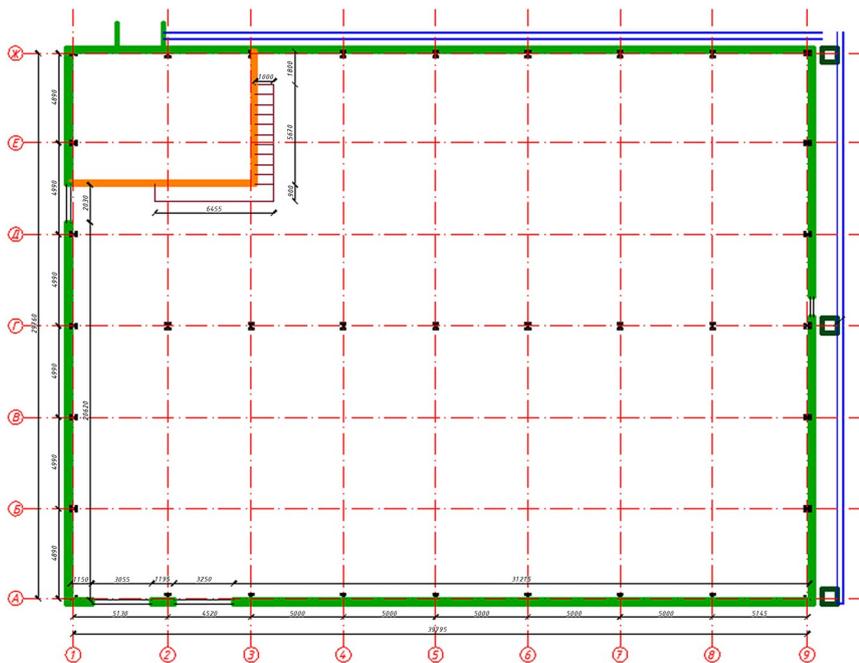


Рисунок 1 - Общий план склада с разбивкой в осях

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.27.1>

Цель обследования заключалась в контроле осадок и кренов вертикальных несущих колонн, контроле деформаций пола, осадок водоотводного лотка проходящего снаружи вдоль фасадов в осях 9-9, Ж-Ж.

Основная задача данного исследования – предложить методический подход к определению деформаций строительных конструкций здания складского назначения путем косвенного геодезического мониторинга.

Добиться требуемой точности при определении деформаций строительных конструкций здания возможно только при использовании современных приборов [12]. Цифровые нивелиры и электронные тахеометры обладают высокими техническими характеристиками и широким спектром встроенных программ, автоматически учитывают ряд инструментальных погрешностей. В данном исследовании контроль осуществлялся с использованием следующего оборудования:

- 1) нивелир цифровой SOKKIA SDL50,
- 2) безотражательный тахеометр SOKKIA SET530R.

Свидетельства о поверке указанного оборудования внесены на портале ФГИС «Аршин» в 2023г.

Так как объект представляет собой действующий склад, то возможности перемещения и свободного визирования внутри сильно ограничены. Общая ситуация на объекте представлена на фотографиях (рис. 2), а на рисунке 5 также приведена ситуационная схема, включающая препятствия для физического и визуального доступа (высокие стеллажи: выделено желтым) и занятые участки пола (груз на паллетах: выделено фиолетовым).



Рисунок 2 - Внутреннее состояние склада
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.27.2>

Основные результаты и обсуждение

3.1. Контроль работы дренажной системы

Дренажная система здания представляет из себя два водоотводящих лотка проходящих снаружи вдоль фасадов в осях 9-9, Ж-Ж и конструктивно состоит из железобетонных п-образных секций длиной 3 метра. Лоток вдоль фасада в осях 9-9 сильно разрушен движением спецтехники по территории соседствующего открытого склада, а сами лотки не связаны между собой, хотя, судя по ситуации, должны иметь общее направление стока.

Контроль отметок лотка осуществлялся путем нивелировки вдоль его оси с шагом 3 м (длина секции) по верхней грани стенки, а для разрушенного лотка – вдоль фасада в осях 9–9 также и по дну, с нерегулярным шагом по точкам, к которым был возможен доступ.

Результат частично представлен на схеме (рис.5), где можно увидеть основные направления стока и усредненное значение их уклона.

Более подробно результат представлен в виде профилограммы на рис.3. На профилограмме вертикальный масштаб ситуации увеличен в 100 раз, и средняя вертикальная линия с отметкой «0м» – это положение северного угла здания от которого лотки расходятся вдоль фасадов в разные стороны. Вертикальные отметки представлены от усредненного значения уровня пола внутри помещения (отметка выносилась с помощью SET530R) на профилограмме представленного горизонтальной линией, подписанной «уровень пола». В нижней части рис.3 имеется схема наблюдаемых уклонов.

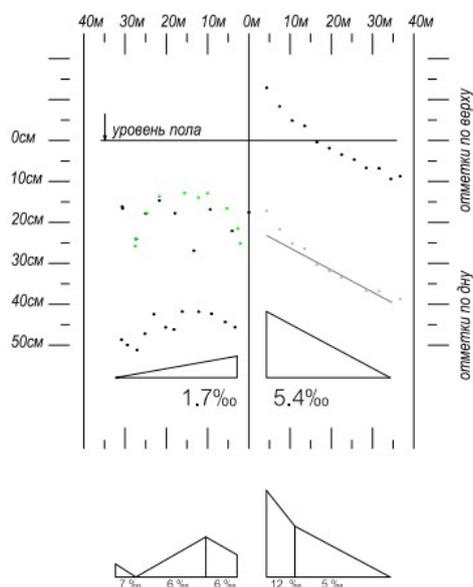


Рисунок 3 - Профилограмма водоотводных лотков
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.27.3>

В текущей ситуации наблюдается нерегулярный уклон лотка в осях 9–9, вода скапливается в районе колонн А–9, Б–9, а также резкий перепад высот (~30см) в районе стыка осей обоих лотков, вследствие чего там также скапливается вода.

3.2. Контроль осадок и кренов колонн

Так как непосредственное наблюдение колонн для контроля их осадок и кренов сильно затруднено, а в некоторых случаях и вовсе невозможно, было принято решение анализировать их состояние косвенным методом, путем

наблюдения за деформациями пола, бетонные секции которого частично опираются на фундаментные столбы колонн, а также за положением кровельных ферм, которые опираются на данные колонны.

Существующая схема металлоконструкций представлена 27(9x3) основными колоннами и 8 дополнительными в торцах. Так как доступ к большей части колонн невозможен или сильно затруднен (действующий склад) и из-за конструктивных особенностей здания (наличие жестких поперечных связей, где крен отдельных колонн невозможен), было принято решение:

– анализировать не крен отдельных колонн, а крен всей ферменной конструкции по тем колоннам, к которым есть доступ (требуется хотя бы одна на каждую продольную и поперечную ось);

– контроль осадок осуществлять анализом горизонтального уклона верхнего пояса кровельных ферм (в случае осадки одной из колонн, на которые опирается кровельная ферма, её горизонтальный угол будет меняться).

Результаты, собранные с помощью безотражательного тахеометра, представлены на схеме кренов (рис.4), где рядом с каждой из наблюдаемых колонн стрелками обозначено направление крена её верхней части в продольном и поперечном направлении, а также подписано значение крена в промилле. Вдоль поясов кровельных ферм в осях 1–1 ... 9–9 подписано значение горизонтального уклона их левого и правого ската.

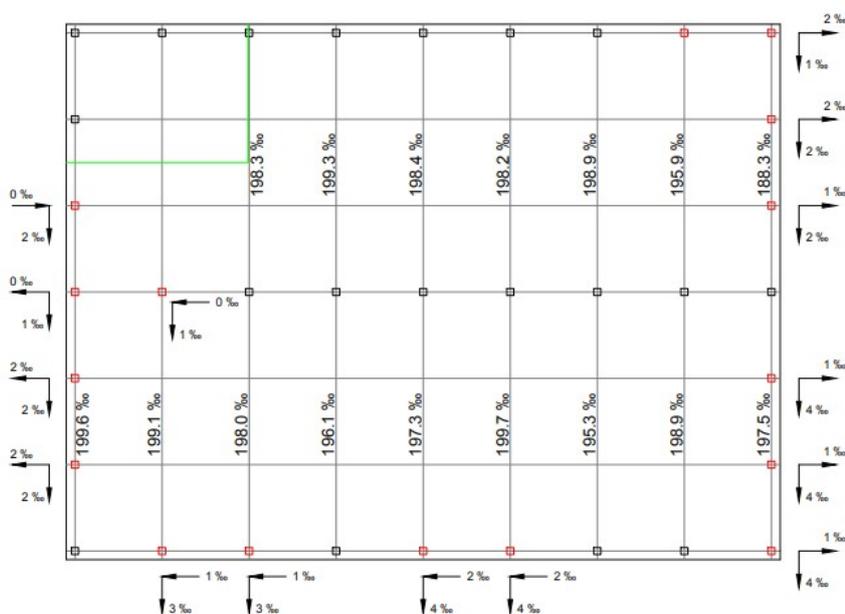


Рисунок 4 - Результаты контроля осадок и кренов колонн

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.27.4>

На схеме можно увидеть: подтверждение первоначального предположения о связности кренов, так как крен в отдельных разрезах имеет общую тенденцию; расширенный верхний пояс в результате термодформаций после первоначального сбора металлоконструкций в холодный период.

По данным результатам сделано заключение, что в целом вертикальные металлоконструкции имеют легкий крен в юго-восточном направлении, который не превышает допустимого значения крена в 5 ‰ [12].

При анализе горизонтальных уклонов кровельных ферм была обнаружена единственная аномалия (188 ‰ при среднем 196 – 199 ‰) при детальном анализе которой и точной нивелировке примыкающих к ней колонн было выявлено выдавливание вверх колонны Ж–9 (северный угол) на 56 мм по отношению к соседней колонне Е–9, что является результатом морозного пучения вследствие повреждений дренажной системы.

3.3. Контроль деформаций пола выполнен для подтверждения результатов предыдущего этапа контроля осадок

Контроль деформаций пола осуществлялся путем нивелировки с шагом ~5м вдоль наиболее характерных линий проходящих по свободным участкам пола (на рис.5 выделено синим), с последующей взаимной увязкой.

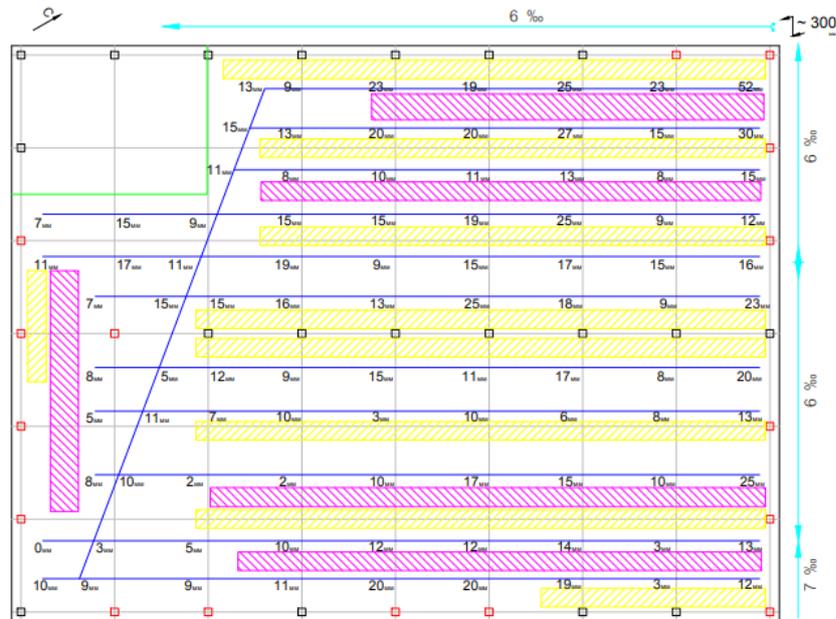


Рисунок 5 - Схема состояния бетонного пола
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.131.27.5>

Конечный результат представлен на схеме (рис. 5) в виде отметок пола в условной системе высот: где 0 самая низкая из наблюдаемых отметок, а остальные превышают её на указанное значение в миллиметрах.

При интерпретации результатов стоит учитывать, что для данного метода возможны случайные ошибки, обусловленные выбором места установки измерительной рейки и технической неровностью поверхности пола.

В целом пол ровный с незначительным уклоном в сторону входа, единственная значимая аномалия наблюдалась в северном углу здания, где отметка резко прирастает на ~30мм (результат морозного пучения вследствие повреждений дренажной системы).

Заключение

В результате выполненной работы по обследованию состояния конструкций здания складского назначения сделаны выводы о возможности применения косвенного геодезического мониторинга строительных конструкций в случаях, когда осуществление прямого наблюдения за отдельными конструктивными элементами невозможно или сильно затруднено. Данный вид мониторинга является перспективным, особенно для объектов производственного назначения с загроможденным внутренним пространством, затрудненным доступом к исследуемым конструкциям и отсутствием условий для традиционных методов геодезических измерений.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Михайлов В.И. Опыт применения цифрового нивелира DNA03 при измерении осадочных деформаций производственных объектов ОАО «Гродно Азот» / В.И. Михайлов, Г.В. Скребков, С.А. Тимошенко // Наука — образованию, производству, экономике: материалы 6-й Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. — Минск: БНТУ, 2008 — Т. 2. — С. 50.
2. Михайлов В.И. Опыт применения электронного тахеометра для измерения вертикальности стен / В.И. Михайлов, С.И. Кононович, Ю.Н. Чиберкус // Главный инженер в строительстве. — 2013. — № 9. — С. 26-31.
3. Шеховцов Г.А. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений / Г.А. Шеховцов, Р.П. Шеховцова. — Н. Новгород: ННГАСУ, 2009. — 156 с.
4. Шоломицкий А.А. Алгоритм определения оседаний днища вертикального стального резервуара по облаку точек лазерных отражений / А.А. Шоломицкий, Н.Т. Кемербаев // Маркшейдерия и недропользование. — 2022. — № 2(118). — С. 33-36.
5. Пимшин Ю.И. О коэффициентах оценки безопасности зданий / Ю.И. Пимшин, В.Д. Зотов, Е.Б. Ключин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. — 2016. — № 6. — С. 32-37.

6. Пимшин Ю.И. Контроль вертикальности инженерных объектов / Ю.И. Пимшин, Г.А. Науменко, И.В. Корженевская // Инженерный вестник Дона. — 2016. — № 2(41). — С. 65.
7. Устинов А.В. Результаты мониторинга вертикальных перемещений в процессе компенсационного нагнетания на опытном участке Загорской ГАЭС-2 / А.В. Устинов // Вестник СГУГиТ. — 2018. — Т. 23. — № 4. — С. 128-142.
8. Амбарцумян С.А. О мониторинге состояния строительных конструкций на некоторых уникальных объектах города Москвы / С.А. Амбарцумян, Н.Г. Нерсисян // Бетон и железобетон. — 2005. — № 4. — С. 6-8.
9. Кемербаев Н.Т. Геодезическая информация в системе автоматизированного технического обеспечения и ремонтов / Н.Т. Кемербаев // Вестник СГУГиТ. — 2020. — Т. 25. — № 4. — С. 27-36.
10. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: федер. закон: [от 30.12.2009 № 384-ФЗ] // Российская газета. — 2009. — № 5079 (255).
11. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200100941> (дата обращения: 17.02.2023)
12. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097510> (дата обращения: 17.02.2023)

Список литературы на английском языке / References in English

1. Mihajlov V.I. Opyt primeneniya cifrovogo nivelira DNA03 pri izmerenii osadochnyh deformacij proizvodstvennyh ob'ektov ОАО «Grodno Azot» [Experience of Using Digital Leveler DNA03 to Measure Sedimentary Deformation of Grodno Azot Production Facilities] / V.I. Mihajlov, G.V. Skrebkov, S.A. Timoshchenko // Nauka — obrazovaniju, proizvodstvu, jekonomike: materialy 6-j Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. [Science to Education, Production, Economy: Proceedings of the 6th International Scientific and Technical Conference]: in 3 vols. — Minsk: BNTU, 2008 — Vol. 2. — P. 50. [in Russian]
2. Mihajlov V.I. Opyt primeneniya jelektronnogo taheometra dlja izmereniya vertikal'nosti sten [Experience of Using an Electronic Total Station to Measure Verticality of Walls] / V.I. Mihajlov, S.I. Kononovich, Ju.N. Chiberkus // Glavnyj inzhener v stroitel'stve [Chief Construction Engineer]. — 2013. — № 9. — P. 26-31. [in Russian]
3. Shehovcov G.A. Sovremennye geodezicheskie metody opredelenija deformacij inzhenernyh sooruzhenij [Modern Geodetic Methods for Determining Deformations of Engineering Structures] / G.A. Shehovcov, R.P. Shehovcova. — N. Novgorod: NNSASU, 2009. — 156 p. [in Russian]
4. Sholomickij A.A. Algoritm opredelenija osedaniy dnishha vertikal'nogo stal'nogo rezervuara po oblaku toček lazernyh otrazhenij [An Algorithm for Determining Settlement of the Bottom of a Vertical Steel Tank from a Cloud of Laser Reflection Points] / A.A. Sholomickij, N.T. Kemerbaev // Markshejderija i nedropol'zovanie [Surveying and Subsoil Use]. — 2022. — № 2(118). — P. 33-36. [in Russian]
5. Pimshin Ju.I. O koeficientah ocenki bezopasnosti zdaniy [On Building Safety Assessment Coefficients] / Ju.I. Pimshin, V.D. Zotov, E.B. Kljushin [et al.] // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Geodezija i ajerofotos'emka [Proceedings of Higher Education Institutions. Geodesy and Aerial Photography]. — 2016. — № 6. — P. 32-37. [in Russian]
6. Pimshin Ju.I. Kontrol' vertikal'nosti inzhenernyh ob'ektov [Verticality Control of Engineering Objects] / Ju.I. Pimshin, G.A. Naumenko, I.V. Korzhenevskaja // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of the Don]. — 2016. — № 2(41). — P. 65. [in Russian]
7. Ustinov A.V. Rezul'taty monitoringa vertikal'nyh peremeshhenij v processe kompensacionnogo nagnetaniya na opytnom uchastke Zagorskoj GAJeS-2 [Results of Monitoring of Vertical Displacement during Compensatory Injection at the Zagorskaya HPP-2 Pilot Area] / A.V. Ustinov // Vestnik SGUGiT [Bulletin of SSUGiT]. — 2018. — Vol. 23. — № 4. — P. 128-142. [in Russian]
8. Ambarcumjan S.A. O monitoringe sostojaniya stroitel'nyh konstrukcij na nekotoryh unikal'nyh ob'ektah goroda Moskvy [On the Monitoring of the Condition of Building Structures at Some Unique Facilities of Moscow] / S.A. Ambarcumjan, N.G. Nersesjan // Beton i zhelezobeton [Concrete and Reinforced Concrete]. — 2005. — № 4. — P. 6-8. [in Russian]
9. Kemerbaev N.T. Geodezicheskaja informacija v sisteme avtomatizirovannogo tehničeskogo obespechenija i remontov [Geodetic Information in an Automated Maintenance and Repair System] / N.T. Kemerbaev // Vestnik SGUGiT [Bulletin of SSUGiT]. — 2020. — Vol. 25. — № 4. — P. 27-36. [in Russian]
10. Rossijskaja Federacija. Zakony. Tehničeskij reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij [Russian Federation. Laws. Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures]: Federal Law: [from 30.12.2009 № 384-FL] // Rossijskaja gazeta [Russian newspaper]. — 2009. — № 5079 (255). [in Russian]
11. GOST 31937-2011 Zdaniya i sooruzhenija. Pravila obsledovanija i monitoringa tehničeskogo sostojaniya [GOST 31937-2011 Buildings and Structures. Rules for Inspection and Monitoring of Technical Condition]. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200100941> (accessed: 17.02.2023) [in Russian]
12. SP 70.13330.2012 Nesushhie i ograzhdajushhie konstrukcii. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 3.03.01-87 [SP 70.13330.2012 Bearing and Enclosing Structures. Revised edition of SNiP 3.03.01-87]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097510> (accessed: 17.02.2023) [in Russian]