

ГЕОДЕЗИЯ
ГЕОДЕЗИЯ
GEODESY

DOI 10.51885/1561-4212_2023_2_257

MPHTI 36.23.27

Р.Р. Ханнанов¹, А.В. Михнев²

Карагандинский технический университет имени А. Сагинова, г. Караганда, Казахстан

¹E-mail: khannanov_rustem@mail.ru²E-mail: andmihnev@mail.ruГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ
КОТЛОАГРЕГАТА ТОО «ГРЭС ТОПАР»«ГРЭС ТОПАР» ЖШС ҚАЗАНДЫҚ АГРЕГАТЫНЫҢ
МЕТАЛЛ ҚҰРЫЛЫМДАРЫН ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУGEODETTIC SURVEY OF METAL STRUCTURES OF THE BOILER UNIT
OF LLP «GRES TOPAR»

Аннотация. В статье рассматривается методика геодезического обследования каркаса котлоагрегата № 5 котельного цеха ТОО «Главная распределительная энергостанция Топар». Цель обследования – определение геометрических параметров несущих конструкций каркаса котлоагрегата № 5. При проведении работ специалисты столкнулись с определенными трудностями: видимость колонн ограничена перекрытиями и ограждающими конструкциями каркаса, а также неустойчивое основание на верхних уровнях котлоагрегата. В ходе геодезического обследования было принято решение выверять вертикальность колонн локально по уровням. По результатам было выявлено, что каждое значение крена колонн по уровням совпадает как по направлению, так и его значение прямо пропорционально высоте обследуемому уровню колонны.

Ключевые слова: котлоагрегат, геодезическое обследование, крен, прогиб, балка, колонна, координатный метод, выверка вертикальности колонн, электронный тахеометр, геометрические параметры конструкций, условная система координат.

Аңдатпа. Мақалада «Басты тарату энергостанциясы Топар» ЖШС қазандық цехының №5 қазандық агрегатының қаңқасын геодезиялық зерттеу әдістемесі қарастырылады. Зерттеудің мақсаты – №5 қазандық агрегатының қаңқасының көтергіш конструкцияларының геометриялық параметрлерін анықтау. Жұмыстарды жүргізу кезінде мамандар белгілі бір қиындықтарға тап болды-бағандардың көрінуі төбелермен және раманың қоршау конструкцияларымен, сондай-ақ қазандық агрегатының жоғарғы деңгейлеріндегі тұрақсыз негізмен шектеледі. Геодезиялық зерттеу барысында бағандардың вертикалдылығын Жергілікті деңгейде тексеру туралы шешім қабылданды. Нәтижелер бойынша бағандар қисаюының әрбір мәні деңгейлер бойынша бағыт бойынша да, оның мәні бағанның зерттелетін деңгейінің биіктігіне тура пропорционал екені анықталды.

Түйін сөздер: қазандық агрегаты, геодезиялық зерттеу, орама, иілу, арқалық, баған, координаталық әдіс, колонналардың вертикалдылығын тексеру, электрондық тахеометр, конструкциялардың геометриялық параметрлері, координаттардың шартты жүйесі.

Abstract. The article discusses the method of geodetic survey of the frame of boiler unit No. 5 of the boiler shop of LLP «Main distribution power station Topar». The purpose of the survey is to determine the geometric parameters of the load-bearing structures of the boiler unit No. 5 frame. During the work, the specialists encountered certain difficulties – the visibility of the columns is limited by the ceilings and enclosing structures of the frame, as well as an unstable base on the upper levels of the boiler unit. During the geodetic survey, it was decided to verify the verticality

of the columns locally by levels. According to the results, it was revealed that each value of the roll of the columns by levels coincides both in direction and its value is directly proportional to the height of the examined level of the column.

Keywords: boiler unit, geodetic survey, roll, deflection, beam, column, coordinate method, vertical alignment of columns, electronic total station, geometric parameters of structures, conditional coordinate system.

Введение. Геодезический контроль имеет важное значение при строительстве и монтаже конструкций инженерных сооружений, а также в процессе их эксплуатации. В первом случае измерения проводятся для сопровождения строительного производства и составления исполнительной документации. При эксплуатации инженерных сооружений геодезический контроль производится для проверки стабильности положения и определения деформаций несущих и ограждающих конструкций сооружений.

Специалистами кафедры «Маркшейдерского дела и геодезии» Карагандинского технического университета было проведено геодезическое обследование каркаса котлоагрегата № 5 котельного цеха первой очереди ТОО «Главная распределительная энергостанция Топар» (рис. 1). Целью данного вида работ является определение геометрических параметров несущих конструкций каркаса котлоагрегата № 5. В ходе геодезического обследования были решены следующие задачи: определение прогиба балок и выверка вертикальности колонн каркаса.



Рисунок 1. Каркас котлоагрегата № 5 котельного цеха первой очереди ТОО «Главная распределительная энергостанция Топар»

Геодезические работы выполнены согласно требованиям нормативных и методических документов: строительных правил, государственных стандартов и методических указаний [1-3].

В связи с тем, что по техническому заданию не требовалась привязка к определенной системе координат и высот, а также отсутствовали данные о наличии реперов на территории ТОО «Главная распределительная энергостанция Топар», было решено принять си-

стему координат – условную; систему высот – относительную. За относительную отметку 0,000 м принят уровень пола существующего здания котельного цеха первой очереди.

Геодезические измерения проводились в июле 2022 года электронным тахеометром Leica TCR1201. Камеральные работы проводились сразу после производства полевых работ в программных комплексах AutoCAD Civil 3D и Leica Infinity.

Методы и материалы. Первым этапом геодезического обследования стало определение прогиба балок каркаса котлоагрегата № 5. В конструкции каркаса котлоагрегата представлены два типа балок, отличающихся по длине: пяти- и восьмиметровые. Измерения проводились по методике тригонометрического нивелирования. Согласно [4-7], методом тригонометрического нивелирования измеряется наклонное расстояние и угол наклона на наблюдаемых точках. В связи с тем, что при геодезическом обследовании каркаса использовался электронный тахеометр Leica TCR1201 с безотражательным режимом измерений, работа упростилась, так как при наведении на точку были получены не только угол наклона и наклонное расстояние, но и координаты измеряемых точек X , Y , Z .

Алгоритм данного способа заключался в следующем (рис. 2):

1. Тахеометр устанавливался на «свободную» станцию, с которой была хорошая видимость на балку. Данное условие актуально в случае, если техническое задание не регламентирует привязку к единой системе координат.

2. После установки и настройки прибора производилась геодезическая съемка балки по трем контрольным точкам, расположенным во внешней плоскости нижней полки: две – в местах сопряжения с несущими колоннами, одна – посередине балки [8-10].

3. После съемки балки прибор переставляется на следующую «свободную» станцию для геодезической съемки следующей балки по представленному выше алгоритму.

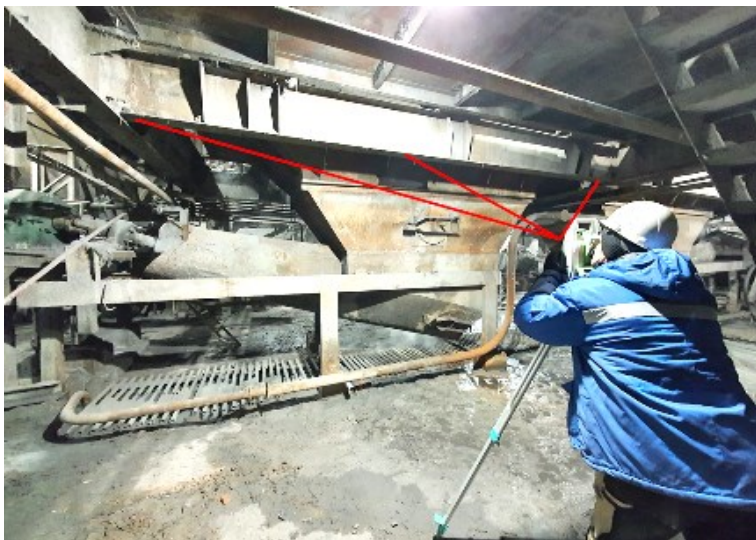


Рисунок 2. Геодезическое обследование балки методом тригонометрического нивелирования

После проведения геодезических измерений в условиях производственной базы проводится камеральная работа. Камеральная работа включает в себя обработку полученных данных, проведение расчетов и анализ состояния каждой балки каркаса котлоагрегата № 5.

Для определения абсолютной величины стрелы прогиба (выгиба) f_{abc} и относитель-

ного прогиба (выгиба) $f_{отн}$ расчеты производились по формулам:

$$f_{abc} = \frac{2Z_2 - (Z_1 + Z_3)}{2} * 1000, \text{ мм}, \quad (1)$$

$$f_{отн} = \frac{f_{abc}}{L} * 1000, \text{ мм}, \quad (2)$$

где: Z_1, Z_3 – высотная отметка крайних точек наблюдаемой конструкции линейной геометрии, м; Z_2 – высотная отметка средней точки конструкции, м; L – расстояние между крайними точками наблюдения (длина возможной деформированной конструкции), м [11].

Вторым этапом геодезических измерений являлось определение отклонений колонн котлоагрегата № 5 от вертикали.

Выверка вертикальности колонн производится различными методами с применением электронных и оптических геодезических приборов, а также приборов вертикального проектирования [12].

При выверке вертикальности колонн каркаса котлоагрегата № 5 котельного цеха ТОО «Главная распределительная энергостанция Топар» использовался координатный метод (рис. 3) [13].

Геодезическое определение вертикальности колонн координатным способом производится с помощью электронного тахеометра с безотражательным режимом измерений. При установке и ориентировке электронного тахеометра в условной системе координат производится взятие отчетов верхней осевой риски и нижней осевой риски. По полученным прямоугольным координатам ХВ, УВ, ХН, УН производится расчет крена колонн по следующим формулам (рис. 3):

$$КХ = (ХВ - ХН) * 1000, \text{ мм}, \quad (3)$$

$$КУ = (УВ - УН) * 1000, \text{ мм}. \quad (4)$$

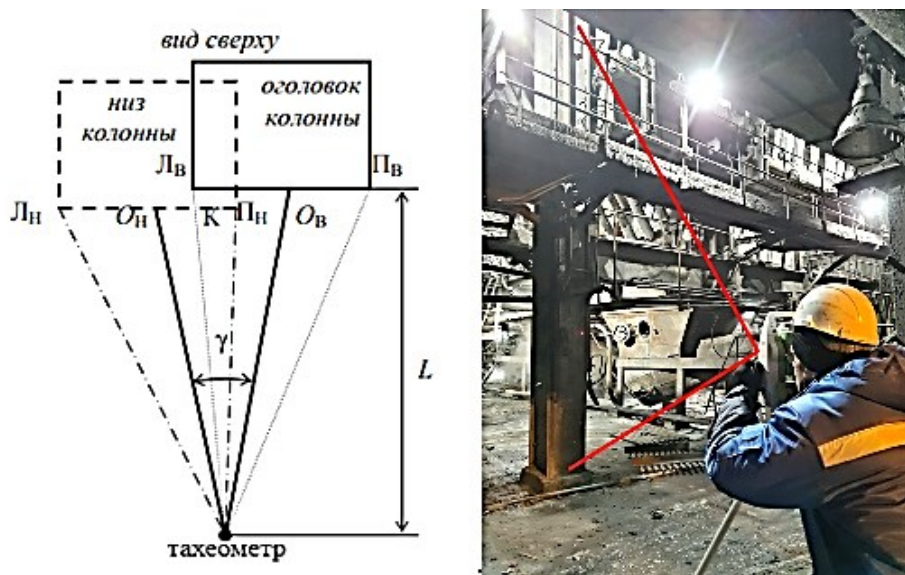


Рисунок 3. Геодезическое определение вертикальности колонн координатным способом

Для исполнителя удобнее выверять вертикальность колонн, если оси условной систе-

мы координат будут параллельны осям сооружения. При отсутствии осевых рисков необходимо произвести измерения верхних ЛВ, ПВ и нижних ЛН, ПН точек колонны. Эти данные помогут рассчитать средние значения координат ХВ, УВ и ХН, УН. После обнаружения препятствий, которые не позволяют увидеть верх колонны, производят обследование комбинированным методом [3]. В этом случае берут отсчёты по рейке ПН при правостороннем её расположении (ХП, ХЛ) либо отсчёты по рейке ЛН при левостороннем её расположении (УЛ УП). Если абсцисса условной системы координат перпендикулярна колоннам, а ордината параллельна направлению ряда колонн, то координата ХН оси колонны будет равна координате ХП или ХЛ отсчёта по рейке ПН или ЛН. Координату УН можно определить, зная расстояния ОПН или ОЛН от оси колонны до соответствующего отсчёта по рейке [14, 15]:

$$УН=УП-ОПН, \text{ м}, \quad (5)$$

$$УН=УЛ+ОЛН, \text{ м}. \quad (6)$$

Во время проведения измерений были выявлены определенные трудности – видимость колонн ограничена перекрытиями и ограждающими конструкциями каркаса, а также неустойчивое основание на верхних уровнях котлоагрегата. Это не позволило проложить тахеометрический ход на верхние уровни котлоагрегата, чтобы увязать полученные данные. В связи с этим было принято решение проводить обследование по уровням (рис. 4). Поднимаясь с уровня на уровень, были измерены все колонны. В данном случае полученные данные не увязаны между собой, но это не помешало провести анализ состояния колонны на вертикальность [1, 16].

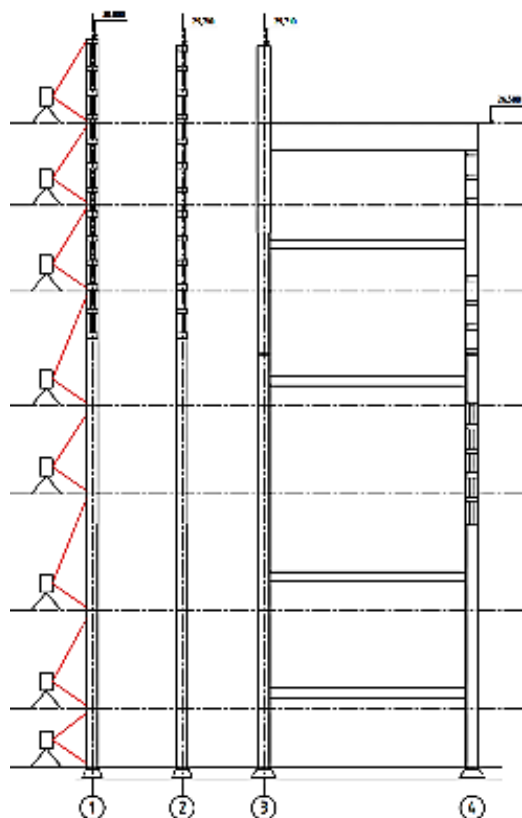


Рисунок 4. Выверка вертикальности колонн по уровням

Принцип анализа колонн по уровням заключался в следующем. Если колонна имеет крен по определенным осям, то это будет отражено на каждом участке колонны. Крен конкретного участка высчитывается по формулам (3), (4), и таким образом определяется крен по всем уровням каркаса котлоагрегата. Величина крена участка прямо пропорциональна крену всей колонны и высчитывается по следующей формуле:

$$K_X = \sum_{i=1}^n K_i, \text{ мм}, \quad (7)$$

$$K_Y = \sum_{i=1}^n K_i, \text{ мм}, \quad (8)$$

где K_i – величина крена по уровням, мм.

Результаты. После проведения геодезических измерений следует этап камеральной обработки и анализа полученных результатов. Все построения и расчеты производятся в ПО AutoCAD Civil 3D и Leica Infinity.

Согласно формулам (1) и (2) были рассчитаны абсолютные величины стрелы прогиба f_{abc} и относительные прогибы $f_{отн}$ балок всего каркаса котлоагрегата № 5. По полученным результатам был проведен анализ деформирования балок, который показал, что величина прогиба больше у балок, имеющих наибольшую длину. Эти же балки, согласно табл. 1 (пункт 1), имеют величину деформаций больше относительно предельных отклонений, регламентируемых в [1].

Таблица 1. Предельные значения положения металлоконструкций каркаса котлоагрегата

№	Параметры	Предельное значение, мм
1	Стрела прогиба (кривизна) между точками закрепления сжатых участков балки	0,0013 длины измеренного участка, но не более 15
2	Отклонение осей колонн от вертикали в верхнем сечении при длине колонн, мм:	
	св. 4000 до 8000	10
	св. 8000 до 16 000	12
	св. 16 000 до 25 000	15
	св. 25 000 до 40 000	20

Заключение. Расчет и анализ данных выверки колонн по вертикали заняли гораздо больше времени, так как необходимо было рассчитать крен колонн по уровням. По данной методике было проанализировано 12 колонн. На каждом уровне локальный крен абсолютно точно совпал с направлением крена на последующих уровнях. Это говорит о том, что данный метод геодезических измерений можно применять в условиях недоступности для обзора всей конструкции сооружения и отсутствия возможности создания опорной сети для обследования. Если говорить о абсолютной величине крена колонн, то обследование показало, что 11 из 12 колонн превышают предельное значение крена колонн (табл. 1, пункт 2) [1-3]. Эти колонны деформированы в ходе эксплуатации сооружения, и для предотвращения аварийных ситуаций необходимо проводить соответствующие мероприятия.

Список литературы

1. СП РК 5.03-107-2013 «Несущие и ограждающие конструкции». – Астана, 2013. – 321 с.
2. Хмырова Е.Н. Наблюдения за деформациями сооружений. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2015. – 112 с.
3. Мустафин, М.Г. Оценка вертикальных смещений оснований зданий и сооружений на основе анализа элементов деформационной сети / М.Г. Мустафин, Х.В. Нгуен // Геодезия и картография. – 2019. – Т. 80. – № 3. – С. 11-19.
4. Хмырова Е.Н., Нагибин А.А., Ханнанов Р.Р. Наблюдения за деформациями сооружений: учебное пособие. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. – 99 с.
5. Вершинина, Ю.В. Геодезическое обеспечение мониторинговых наблюдений за деформационными процессами на геодинамических полигонах нефтегазовых месторождений: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург: 2018. – 20 с.
6. Мустафин, М. Г. Оценка вертикальных смещений оснований зданий и сооружений на основе анализа элементов деформационной сети. М.Г. Мустафин, Х.В. Нгуен. Геодезия и картография. – 2019. Т. 80. – № 3. – С. 11-19.
7. Бернд Хиллер, Ямбаев Х. К. Исследование автоматизированной системы деформационного мониторинга шлюзовых камер // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2018. – Вып. 3. – С. 33-38.
8. Браславская, К.Е. Возможности применения автоматизированных систем наблюдения за деформациями уникальных сооружений / К.Е. Браславская. – Текст: электронный // Молодой исследователь Дона. – 2018. – № 4 (13). – С. 24-27.
9. Купреева Е.Н., Мадиев А.Г. Геодезические методы определения вертикальных деформаций оснований фундаментов зданий и сооружений объектов нефтегазового комплекса. – Текст: электронный // Академический журнал Западной Сибири. – 2019. – № 6 (83). – С. 41-42.
10. Сопегин, Г.В. Использование автоматизированных систем мониторинга конструкций (АСМК) / Г.В. Сопегин, Д.Н. Сурсанов. – Текст: электронный // Вестник МГСУ. – 2017. – № 2 (101). – С. 230–242.
11. Резник Б.Е. Методика контроля фундаментов ВЭУ при непрерывном мониторинге // Геопрофи. – 2019. – № 6. – С. 40-47.
12. Савиных В.П., Ямбаев Х.К. Автоматизация геодезических измерений – цифровая реальность // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2019. – Т. 63. – № 6. – С. 627-635.
13. Геодезический мониторинг строительства жилого высотного здания / Г.А. Уставич, С.В. Середович, В.Г. Сальников, В.А. Скрипников // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр.: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17-21 апреля 2017 г.). – Новосибирск: СГУГиТ, 2017. – Т. 1. – С. 93-99.
14. Сергеев О.И. Визуальный осмотр технического состояния здания // World science: problems and innovations: сборник статей XLIX Международной научно-практической конференции, Пенза, 25 декабря 2020 г. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. – С. 63-65.
15. Середович В.А., Алтынцев М.А., Попов Р.А. Особенности применения данных различных видов лазерного сканирования при мониторинге природных и промышленных объектов // Вычислительные технологии. – 2019. – Т. 18.1. – С. 141-144.
16. Новиков Ю.А., Краев А.Н. Геодезические наблюдения за осадками здания в рамках проведения геотехнического мониторинга // Вестник СГУГиТ. – Новосибирск: изд-во СГУГиТ, 2019. – Т. 24. – № 1. – С. 28-41.

References

1. SP RK 5.03-107-2013 «Nesushchie i ograzhdayushchie konstrukcii». – Astana, 2013. – 321 s.

2. Hmyrova E.N. Nablyudeniya za deformatsiyami sooruzhenij. – Karaganda: Izd-vo KarGTU, 2015. – 112 s.
 3. Mustafin, M.G. Ocenka vertikal'nyh smeshchenij osnovanij zdaniy i sooruzhenij na osnove analiza elementov deformatsionnoj seti. M.G. Mustafin, H.V. Nguen. Geodeziya i kartografiya. – 2019. – T. 80. – № 3. – S. 11-19.
 4. Hmyrova E.N., Nagibin A.A., Hannanov R.R. Nablyudeniya za deformatsiyami sooruzhenij: uchebnoe posobie. – Karaganda: Izd-vo KarGTU, 2018. – 99 s.
 5. Vershinina, YU.V. Geodezicheskoe obespechenie monitoringovyh nablyudenij za deformatsionnymi processami na geodinamicheskikh poligonah neftegazovyh mestorozhdenij: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. – Sankt-Peterburg: 2018. – 20 s.
 6. Mustafin, M.G. Ocenka vertikal'nyh smeshchenij osnovanij zdaniy i sooruzhenij na osnove analiza elementov deformatsionnoj seti. M.G. Mustafin, H.V. Nguen. Geodeziya i kartografiya. – 2019. – T. 80. – № 3. – S. 11-19.
 7. Bernd Hiller, YAmbaev H.K. Issledovanie avtomatizirovannoj sistemy deformatsionnogo monitoringa shlyuzovyh kamer // Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka. – 2018. – Vyp. 3. – S. 33-38.
 8. Braslavskaya, K.E. Vozmozhnosti primeneniya avtomatizirovannyh sistem nablyudeniya za deformatsiyami unikal'nyh sooruzhenij / K.E. Braslavskaya. – Tekst: elektronnyj // Molodoy issledovatel' Dona. – 2018. – № 4 (13). – S. 24-27.
 9. Kupreeva E.N., Madiev A.G. Geodezicheskie metody opredeleniya vertikal'nyh deformatsij osnovanij fundamentov zdaniy i sooruzhenij ob'ektov neftegazovogo kompleksa. – Tekst: elektronnyj // Akademicheskij zhurnal Zapadnoj Sibiri. – 2019. – № 6 (83). – S. 41-42.
 10. Sopegin, G.V. Ispol'zovanie avtomatizirovannyh sistem monitoringa konstrukcij (ASMK) / G.V. Sopegin, D.N. Sursanov. – Tekst: elektronnyj // Vestnik MGSU. – 2017. – № 2 (101). – S. 230-242.
 11. Reznik B. E. Metodika kontrolya fundamentov VEU pri nepreryvnom monitoringe // Geoprofi. – 2019. – № 6. – S. 40–47.
 12. Savinyh V. P., YAmbaev H. K. Avtomatizatsiya geodezicheskikh izmerenij – cifrovaya real'nost' // Izv. vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka. – 2019. – T. 63, № 6. – S. 627–635.
 13. Geodezicheskij monitoring stroitel'stva zhilogo vysotnogo zdaniya / G.A. Ustavich, S.V. Seredovich, V. G. Sal'nikov, V. A. Skripnikov // Interekspo GEO-Sibir'-2017. XIII Mezhdunar. nauch. kongr.: Mezhdunar. nauch. konf. «Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, markshejderiya»: sb. materialov v 2 t. (Novosibirsk, 17-21 aprelya 2017 g.). – Novosibirsk: SGUGiT, 2017. – T. 1. – S. 93-99.
 14. Sergeev O. I. Vizual'nyj osmotr tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniya // World science: problems and innovations: sbornik statej XLIX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Penza, 25 dekabrya 2020 goda. – Penza: «Nauka i Prosveshchenie» (IP Gulyaev G. YU.), 2020. – S. 63-65.
 15. Seredovich V. A., Altyncev M. A., Popov R. A. Osobennosti primeneniya dannyh razlichnyh vidov lazernogo skanirovaniya pri monitoringe prirodnyh i promyshlennyh ob'ektov // Vychislitel'nye tekhnologii. – 2019. – T. 18.1 – S. 141-144.
 16. YU.A. Novikov, A.N. Kraev. Geodezicheskie nablyudeniya za osadkami zdaniya v ramkah provedeniya geotekhnicheskogo monitoringa // Vestnik SGUGiT. – Novosibirsk: izd-vo SGUGiT, 2019. – T. 24. – №1. – S. 28-41.
-
-