

Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Применение аппроксимирующих поверхностей в методиках исполнительных съемок строительных конструкций

В.И. Стародубцев¹, Н.Д. Беляев², Е.Б. Михаленко³

¹ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21 линия, 2.

²⁻³ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье	История	Ключевые слова
УДК 528.482 Научная статья	Подана в редакцию 7 июля 2014 Принята 24 сентября 2014	геодезия, аппроксимирующие поверхности, исполнительные съемки, уникальные здания и сооружения, контроль

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена методика выполнения геодезических исполнительных съемок наклонных поверхностей строительных конструкций и контроля их эксплуатационного состояния, предусматривающая обработку результатов измерений с использованием аппроксимирующих поверхностей. При этом отклонение конструкции от проектного положения в каждом конкретном месте осуществляется по вычисленному расстоянию от закоординированной точки на поверхности конструкции до аппроксимирующей поверхности. Уравнение аппроксимирующей поверхности может быть получено разными способами: на основании полученных из геодезических измерений трех координат всех точек на поверхности этой конструкции либо по проектным размерам конструкций, которые связаны с началом системы геодезических координат. Значения отклонений контролируемых точек от аппроксимирующих поверхностей или взаимное положение поверхностей на разных этапах исследований и представляют собой те параметры, которые требуется отражать в материалах исполнительных съемок.

Содержание

Введение	51
Краткий обзор литературы	51
Описание проблемы	51
Предлагаемое решение	52
Выводы	54

2

Контактный автор:

+7 (921) 982 7244, dnd@mail.ru (Беляев Николай Дмитриевич, к.т.н., доцент)

1

+7 (812) 328 8413, vist1957@mail.ru (Стародубцев Виктор Иванович, к.т.н., доцент)

3

+7 (921) 777 6891, evg.mihalenko@mail.ru (Михаленко Евгений Борисович, к.т.н., доцент)

Введение

В настоящее время предоставление результатов исполнительных съемок осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 51872-2002 Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения. При исполнительных геодезических съемках конструкций должны регистрироваться значения геометрических параметров элементов, конструкций, частей зданий и сооружений и отражаться в исполнительной документации в виде действительных значений или действительных отклонений от проекта. В большинстве случаев по проекту поверхность строительной конструкции должна быть горизонтальной и иметь проектную высотную отметку (случай «а») или должна быть вертикальной (случай «б») и должна располагаться по оси сооружения, имеющей конкретное цифровое или буквенное обозначение. В случае «а» на исполнительной схеме показывают отклонение от проектного положения со знаками «+» или «-», а в случае «б» стрелкой показывают направление отклонения, а цифрами его количественное значение.

Краткий обзор литературы

В период строительства и эксплуатации уникальных зданий и сооружений, как правило, производится периодический эксплуатационный контроль пространственного положения конструкций. Изучению вопросов, связанных с геодезическими методами измерений деформаций сооружений и их оснований посвящены многочисленные публикации, например [1-7], в литературе представлены руководства и указания по организации и проведению наблюдений как за различными видами объектов, таких как тепловые электростанции [8], гидротехнические сооружения [9], так и в общем случае [10].

Точность геометрических параметров на всех этапах строительного проектирования и производства в соответствии с ГОСТ 21778-81 [11] следует устанавливать в зависимости от функциональных, конструктивных, технологических и экономических требований, предъявляемых к зданиям, сооружениям и их отдельным элементам. Считается, что положение сооружений во времени может меняться, но при этом оставаться в пределах тех допусков, которые заложены в нормативных документах на выполнение строительно-монтажных работ и по окончании этих работ отражены в исполнительной документации [2, 3]. Под допусками понимается абсолютное значение разности предельных значений геометрических параметров между которыми должны находиться его действительные значения [11].

По результатам анализа технической литературы и руководящих документов можно сделать вывод о том, что проведение наблюдений за деформациями уникальных сооружений, и аналитическая обработка получаемых при этом результатов, имеют в некоторых случаях весьма сложную организацию.

Описание проблемы

Геодезические исполнительные съемки строящихся объектов производятся по мере монтажа какой-либо конструкции, выполнения этапа строительно-монтажных работ и завершения строительства, например, после подготовки котлована, возведения фундаментов, выполнения всего комплекса нулевых работ, составления плана осей и т.д. [5-7].

Цель геодезических исполнительных съемок – своевременная корректировка выполнения работ для обеспечения качественного монтажа последующих элементов. Исполнительные съемки могут производиться многократно, их иногда называют текущими. После окончания строительно-монтажных работ выполняют окончательную исполнительную съемку здания или сооружения, составляют исполнительный генеральный план объектов.

Текущие и окончательные геодезические съемки ведутся теми же методами и в том же масштабе, что и обычные разбивки и геодезические съемки. Чаще всего для съемок используют существующие проектные чертежи, на которых под проектными данными пишут фактические размеры и другие отклонения. Геодезической основой исполнительных съемок могут быть:

- в пределах отдельных зданий и сооружений – точки внутренней сети или пересечения разбивочных осей;
- в пределах строительной площадки – знаки плано-высотной внешней разбивочной сети или знаки закрепления разбивочных осей.

При строительстве уникальных зданий и сооружений, в машиностроении и в судостроении нередко проектом бывает предусмотрено некоторое наклонное положение поверхности конструкции. Например,

при строительстве взлетно-посадочных полос (ВПП) аэродромов [12, 13], лотков водоводов гидроэлектростанций [4, 9, 10], газоотражателей космических стартовых комплексов и других объектов. Это создает определенные трудности при разработке методики полевых измерений и аналитической обработке результатов.

Данную проблему авторы статьи предлагают решать путем применения плоскостей, аппроксимирующих поверхности конструкций и на этой основе получать данные для составления исполнительных схем в ходе строительства или отчетов о пространственном положении эксплуатируемых объектов. Для этого предлагается по закоординированным на этапе 1 (окончание этапа строительства) точкам на какой-либо поверхности составить уравнение этой поверхности. На каждом этапе контроля пространственного положения сооружения также может быть получено уравнение этой поверхности.

Как известно, общее уравнение плоскости

$$ax + by + cz + d = 0,$$

где x, y, z – переменные, a, b, c, d – постоянные.

Имея n точек с координатами x_i, y_i, z_i ($i = 1, 2, \dots, n$) и решая систему уравнений вида

$$\begin{cases} ax_1 + by_1 + cz_1 + d = 0; \\ ax_2 + by_2 + cz_2 + d = 0; \\ \dots \\ ax_i + by_i + cz_i + d = 0, \end{cases}$$

можно найти a, b, c, d и определить, как плоскость, заданная координатами точек x, y, z , ориентирована в пространстве.

При решении же практических задач по причине наличия в данных ошибок измерений и монтажа представленная выше система уравнений примет следующий вид

$$\begin{cases} ax_1 + by_1 + cz_1 + d = v_1; \\ ax_2 + by_2 + cz_2 + d = v_2; \\ \dots \\ ax_i + by_i + cz_i + d = v_i, \end{cases}$$

где v_i – величина пропорциональная расстоянию от точки до плоскости.

Предлагаемое решение

Предлагается использовать вышеприведенные уравнения одной и той же контролируемой поверхности следующим образом:

1. Находить отклонения всех участвовавших в математической обработке точек от этой поверхности по нормали к ней.
2. Сравнивать эти отклонения с допустимыми по абсолютной величине.
3. Находить количество отклонений со знаком + и -.
4. Если составить уравнение проектной поверхности, то по средней разности расстояний от точек на i -ом этапе контроля до проектной поверхности можно с полной уверенностью говорить о соблюдении (не соблюдении) каких-то допусков. Например, можно говорить о переливе (недоливе) бетона при выполнении строительно-монтажных работ.

Если требуется оценить количество бетонной смеси в данном перекрытии в целом, то тогда дополнительно необходимо выполнить съемку перекрытия снизу, по методу наименьших квадратов (МНК) вывести уравнение этой поверхности и «сравнить» две поверхности (верхнюю и нижнюю). Следует заметить, что исполнительную съемку поверхности перекрытий снизу и сверху для определения объема

уложенного бетона геодезисту приходится выполнять достаточно часто для разрешения споров между поставщиком бетона и заказчиком.

Если по проекту поверхность должна быть горизонтальной, то такую оценку можно выполнить и «вручную», используя нивелир и калькулятор. В случае же, когда поверхность по проекту наклонная, то можно сделать такую оценку проще и быстрее с использованием данных из тахеометра и соответствующей программы аналитической обработки.

Есть ещё один фактор в пользу применения аппроксимирующих поверхностей: в некоторых случаях при контроле эксплуатационного состояния конструкций требуется определять «прогиб конструкции» по заданному направлению с определённым шагом, что является стандартным приемом в практике контроля качества строительства. Например, при контроле ровности покрытия ВПП аэродрома [13] требуется на нескольких трехсотметровых участках определять прогиб покрытий под трехметровой рейкой вдоль оси ВПП или осуществлять такой же контроль рельсовых подкрановых путей и аналогичный контроль рельсовых путей установщика ракеты-носителя космического корабля на стартовом космическом комплексе.

Применительно к плавучему космическому стартовому комплексу проекта «Sea Launch», схематичное изображение которого дано на рисунке 1, использование аппроксимирующих поверхностей и лазерных сканирующих систем становится просто необходимым, так как за чрезвычайно короткий промежуток времени необходимо зафиксировать взаимное положение базовых реперов Рп.1, Рп.2, Рп.3 вокруг стартового стола, опорных поверхностей захватных устройств 1-4 ракеты – носителя и рельсового пути установщика ракеты (точки рл1 и рлi). Эти три поверхности должны находиться на определённой разности высот и быть параллельными. Временной фактор здесь имеет существенное значение, так как стартовый комплекс плавучий и его пространственное положение не стабильно. При практическом выполнении исполнительных съемок опорных поверхностей захватных устройств и рельсового пути базовые реперы в один и тот же момент времени никогда не находились в одной горизонтальной плоскости. Плавучая стартовая платформа всегда имела крен на какой-либо борт. Поэтому иным образом кроме как с использованием аппроксимирующих поверхностей задача контроля положения интересующих нас агрегатов технологического оборудования просто не могла быть решена.

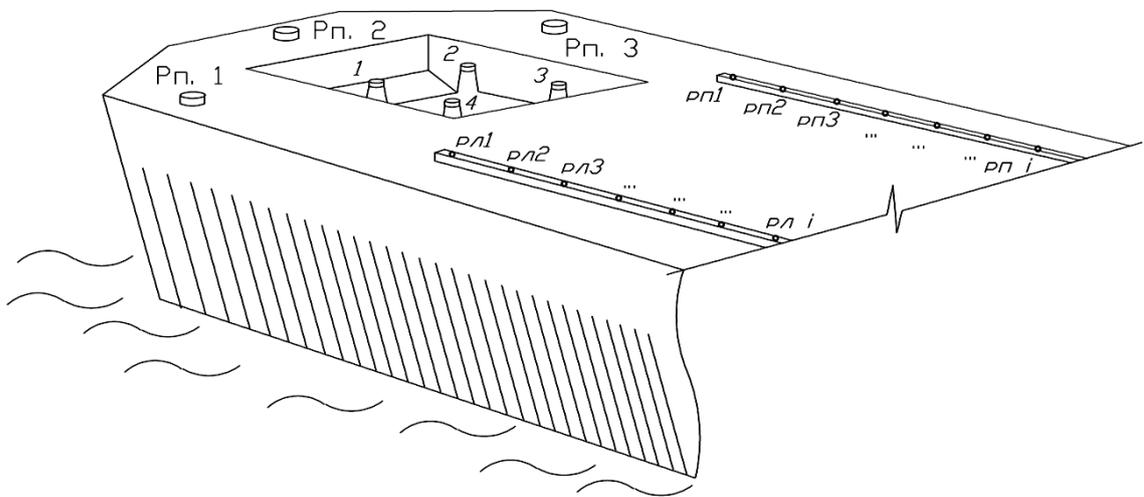


Рисунок 1. Схематичное изображение носовой части плавучего космического стартового комплекса

Таким образом, задача сводится к стандартной процедуре нахождения параметров a, b, c, d ,

удовлетворяющих условию $\sum_{i=1}^n v_i^2 \rightarrow \min$ по МНК для вычисления: проектного уравнения поверхности по

проектным размерам конструкций и известному и связанному с этими размерами началу геодезических координат; уравнения поверхности по координатам, полученным при исполнительной съемке из геодезических измерений и затем в нахождении среднего расстояния между двумя поверхностями либо расстояний от конкретных точек до той аппроксимирующей поверхности, которая в данном случае нас интересует как поверхность относимости. Эти расстояния в классическом понимании и являются теми самыми параметрами, которые необходимо отразить в исполнительной документации.

Выводы

Во многих случаях выполнения исполнительных съемок целесообразно применять лазерные сканирующие системы [14-17], тахеометры [18, 19] а также обычные методы полевых геодезических измерений, компьютерные модели и математический аппарат аппроксимации поверхностей строительных конструкций (как правило, достаточно простой формы) [14, 20, 21]. При этом можно быстро и точно осуществлять контроль строительно-монтажных работ и эксплуатационный контроль пространственного положения конструкций [4, 22-24]. Такая технология контроля ещё недостаточно изучена и законодательно не закреплена, однако имеет право на существование.

Литература

- [1]. ГОСТ 21778-81 (СТ СЭВ 2045-79). Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения.
- [2]. Зайцев А.К. и др. Геодезические методы исследования деформаций сооружений М.: Недра, 1991. 270 с.
- [3]. Ганьшин В.Н. и др. Геодезические методы измерения вертикальных смещений и анализ устойчивости реперов. М.: Недра, 1991. 272 с.
- [4]. РД 34.21.322-94. Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадками фундаментов и деформациями зданий и сооружений строящихся и эксплуатирующихся тепловых электростанций.
- [5]. Руководство по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами. М.: Энергия, 1980. 200с.
- [6]. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований фундаментов зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1985. 160 с.
- [7]. Брайт П.И. Геодезические методы измерения деформаций оснований и сооружений. М.: Недра, 1965. 116 с.
- [8]. Пискунов М.Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. М.: Недра, 1980. 248 с.
- [9]. Ермаков В.С., Загрядская Н.Н., Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д. Инженерная геодезия. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации морских и воднотранспортных сооружений: учеб. пособие. СПб.: Санкт-Петербург. гос. техн. ун-т. 2001. 71 с.
- [10]. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Вилькевич В.В., Духовской Ф.Н., Загрядская Н.Н., Смирнов А.А. Инженерная геодезия. Геодезические разбивочные работы, исполнительные съемки и наблюдения за деформациями сооружений: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2008. 88 с.
- [11]. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д. Контроль качества строительства. Геодезическое обеспечение строительства и эксплуатации водохозяйственных и гидротехнических сооружений: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2014. 143 с.
- [12]. Savvaidis P. Long term geodetic monitoring of the deformation of a liquid storage tank founded on piles (2003) Proc. 11th FIG Symposium on Deformation Measurements, Santorini, Greece, 8 p.
- [13]. Kalkan Y., Baykal O., Alkan R.M. etc. Deformation monitoring with geodetic and geotechnical methods: a case study in Ambarly region (2002) Int. Symposium on GIS. Istanbul, Turkey. September 23-26. 11 p.
- [14]. Costantino D., Angelini M.G. Structural monitoring with geodetic survey of Quadrifoglio condominium (Lecce) (2013) The Role of Geomatics in Hydrogeological Risk, 27–28 February 2013, Padua, Italy. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W3. Pp. 179-187.
- [15]. Kajzar V., Doležalová H., Souček K. etc. Gabriela locality: starting geodetic observations to detect the surface manifestations from undermining (2012) Acta Geodyn. Geomater, Vol. 9, No. 3 (167). Pp. 401-407.
- [16]. ГОСТ 24846-81. Грунты. Методы измерения деформаций зданий и сооружений.
- [17]. СП 121.13330.2012. Аэродромы. Актуализированная редакция СНиП 32-03-96.
- [18]. Горькавый И.Н. Сравнительный анализ методов получения модели земной поверхности по трехмерным данным лазерного сканирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2011. Вып.4. С.58-62.
- [19]. Середович В.А., Комиссаров А.В., Комиссаров Д.В., Широкова Т.А. Наземное лазерное сканирование. Новосибирск: СГТА, 2009. 261 с.
- [20]. Anderson D., Herman H., and Kelly A. Experimental Characterization of Commercial Flash Ladar Devices (2005) International Conference of Sensing and Technology. 6 p.
- [21]. Bakambu J.N., Allard P., Dupuis E. 3D Terrain Modeling for Rover Localization and Navigation (2006) The 3rd Canadian Conference on Computer and Robot Vision (CRV'06), 61 p.
- [22]. Brebu F., Bertici M.R. Bala A.C.. Using modern topo-geodetic technologies in the process of monitoring building's deformations (2012) 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM2012, Vol. 2, Pp. 821-828.

- [23]. Dumalski A., Hejbudzka K. An attempt at using a terrestrial laser scanner for detecting minimal displacement and objects' deformations. FS 3D-TLS Application II (2010) FIG Congress. Facing the Challenges – Building the Capacity. Sydney, Australia, 11-16 April 2010. 12 p.
- [24]. ГОСТ Р 51774-2001. Тахеометры электронные. Общ. техн. условия.
- [25]. Михаленко Е.Б., Беляев Н.Д., Боголюбова А.А., Вилькевич В.В., Загрядская Н.Н., Ковязин А.В. Инженерная геодезия. Использование современного оборудования для решения геодезических задач: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2014. 98 с.
- [26]. Bao X., Pajarola R. LOD-based Clustering Techniques for Efficient Large-scale Terrain Storage and Visualization (2003) In Proceedings SPIE Conference on Visualization and Data Analysis, Pp. 225-235.
- [27]. Lohmann P., Koch A., Schaeffer M. Approaches to the Filtering of Laser Scanner Data (2000) IAPRS, pt. B3, vol.33. Amsterdam. Pp. 540-547.
- [28]. Гуляев Ю.П. Прогнозирование деформаций сооружений на основе результатов геодезических наблюдений. Новосибирск: СГГА, 2008. 256 с.
- [29]. Жарников, В.Б., Дьяков Б.Н., Жуков Б.Н. Геодезическое обеспечение эксплуатации промышленных предприятий. М.: Недра, 1992. 160 с.
- [30]. Жуков Б.Н., Карпик А.П. Геодезический контроль инженерных объектов промышленных предприятий и гражданских комплексов: учеб. пособие. Новосибирск: СГГА, 2006. 148 с.

Using of approximating surfaces for the executive surveys of building constructions

V.I. Starodubtsev¹, N.D. Belyaev², E.B. Mikhalenko³

¹National Mineral Resources University, line 21-2, Basil Island, St.Petersburg, 199106, Russia.

²⁻³Saint-Petersburg Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

ARTICLE INFO

Original research article

Article history

Received 7 July 2014
Accepted 29 September 2014

Keywords

geodesy,
approximating surfaces,
executive surveys,
unique buildings and structures,
inspection

ABSTRACT

The article describes the technique of geodetic executive surveys of inclined surfaces of building structures and the control of their condition, involving processing of measurement results using approximating surfaces. Meanwhile, deviation structures design provisions in a specific spot is on the calculated distance from the point whose coordinates are defined on the surface of structure to the approximated surface. The equation approximated surface can be obtained in different ways: on the basis of geodetic measurements of three coordinates of all points on the surface of these structures or on the basis of design size of structures which associated with these dimensions the beginning of geodetic coordinates. The variance of controlled points from approximating surfaces or mutual position of the surface at different stages of research represents the parameters that are required to be reflected in material of executive surveys.

2

Corresponding author:

+7 (921) 982 7244, dnd@mail.ru (Nikolay Dmitrievich Belyaev, Ph.D., Associate Professor)

1

+7 (812) 328 8413, vist1957@mail.ru (Viktor Ivanovich Starodubtsev, Ph.D., Associate Professor)

3

+7 (921) 777 6891, evg.mihalenko@mail.ru (Evgeny Borisovich Mikhalenko, Ph.D., Associate Professor)

References

- [1]. GOST 21778181 (ST SEV 2045-79). *Sistema obespecheniya tochnosti geometricheskikh parametrov v stroitelstve. Osnovnyye polozheniya* [System for ensuring the accuracy of the geometric parameters of the construction. Key provisions] (rus)
- [2]. Zaytsev A.K. et. al. *Geodezicheskiye metody issledovaniya deformatsiy sooruzheniy* [Geodetic methods of research of structures' deformation]. Moscow: Nedra, 1991. 270 p. (rus)
- [3]. Ganshin V.N. et.al. *Geodezicheskiye metody izmereniya vertikalnykh smeshcheniy i analiz ustoychivosti reперov* [Geodetic methods for measuring of vertical displacements and stability analysis of frames]. Moscow: Nedra, 1991. 272 p. (rus)
- [4]. RD 34.21.322-94. *Metodicheskiye ukazaniya po organizatsii i provedeniyu nablyudeniy za osadkami fundamentov i deformatsiyami zdaniy i sooruzheniy stroyashchikhsya i ekspluatiruyushchikhsya teplovykh elektrostantsiy* [Methodical instructions on organizing and conducting observations of foundations and deformation of buildings and structures under construction and in operation of thermal power plants] (rus)
- [5]. *Rukovodstvo po naturnym nablyudeniya za deformatsiyami gidrotekhnicheskikh sooruzheniy i ikh osnovaniy geodezicheskimi metodami* [Guide for field observations of deformations of hydraulic structures and their foundations by geodetic methods]. Moscow: Energiya, 1980. 200 p. (rus)
- [6]. *Rukovodstvo po nablyudeniya za deformatsiyami osnovaniy fundamentov zdaniy i sooruzheniy* [Manual for control of buildings and structures foundations' deformation]. Moscow: Stroyizdat, 1985. 160 p. (rus)
- [7]. Brayt P.I. *Geodezicheskiye metody izmereniya deformatsiy osnovaniy i sooruzheniy* [Geodetic methods of foundations and facilities deformation's measurement]. Moscow: Nedra, 1965. 116 p. (rus)
- [8]. Piskunov M.Ye. *Metodika geodezicheskikh nablyudeniy za deformatsiyami sooruzheniy* [Technique of geodetic observations for facilities deformations]. Moscow: Nedra, 1980. 248 p. (rus)
- [9]. Yermakov V.S., Zagryadskaya N.N., Mikhalenko Ye.B., Belyaev N.D. *Inzhenernaya geodeziya. Geodezicheskoye obespecheniye stroitelstva i ekspluatatsii morskikh i vodnotransportnykh sooruzheniy*. [Engineering geodesy. Geodesic providing of construction and operation of marine and water transport facilities]. SPb.: Izd-vo SPbGPU. 2001. 71 p. (rus)
- [10]. Mikhalenko Ye.B., Belyaev N.D., Vilkevich V.V., Dukhovskoy F.N., Zagryadskaya N.N., Smirnov A.A. *Inzhenernaya geodeziya. Geodezicheskiye razvivochnyye raboty, ispolnitelnyye syemki i nablyudeniya za deformatsiyami sooruzheniy* [Engineering geodesy. Geodetic work, executive surveys and monitoring of deformations of structures]. SPb.: Izd-vo SPbGPU. 2008. 88 p. (rus)
- [11]. Mikhalenko Ye.B., Belyaev N.D. *Kontrol kachestva stroitelstva. Geodezicheskoye obespecheniye stroitelstva i ekspluatatsii vodokhozyaystvennykh i gidrotekhnicheskikh sooruzheniy* [Quality control of building. Geodetic support of the construction and operation of water utility and hydrotechnical structures]. SPb.: Izd-vo SPbGPU. 2014. 143 p. (rus)
- [12]. Savvaidis P. Long term geodetic monitoring of the deformation of a liquid storage tank founded on piles (2003) Proc. 11th FIG Symposium on Deformation Measurements, Santorini, Greece, 8 p.
- [13]. Kalkan Y., Baykal O., Alkan R.M. etc. Deformation monitoring with geodetic and geotechnical methods: a case study in Ambarly region (2002) Int. Symposium on GIS. Istanbul, Turkey. September 23-26. 11 p.
- [14]. Costantino D., Angelini M.G. Structural monitoring with geodetic survey of Quadrifoglio condominium (Lecce) (2013) The Role of Geomatics in Hydrogeological Risk, 27–28 February 2013, Padua, Italy. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W3. Pp. 179-187.
- [15]. Kajzar V., Doležalová H., Souček K. etc. Gabriela locality: starting geodetic observations to detect the surface manifestations from undermining (2012) Acta Geodyn. Geomater, Vol. 9, No. 3 (167). Pp. 401-407.
- [16]. GOST 24846-81. *Grunty. Metody izmereniya deformatsiy zdaniy i sooruzheniy* [Soils. Methods for measuring the deformation of buildings and structures]. Moscow: Izd-vo standartov, 1982. (rus)
- [17]. SP 121.13330.2012. *Aerodromy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 32-03-96* [Airfields. Updated edition SNIP 32-03-96] (rus)
- [18]. Gorkavyy I.N. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotosyemka*. 2011. Issue 4. Pp.58-62. (rus)
- [19]. Sereдович V.A., Komissarov A.B., Komissarov D.V., Shirokova T.A. *Nazemnoye lazernoye skanirovaniye* [Terrestrial laser scanning]. Novosibirsk: SGTA, 2009. 261 p. (rus)

- [20]. Anderson D., Herman H., and Kelly A. Experimental Characterization of Commercial Flash Ladar Devices (2005) International Conference of Sensing and Technology. 6 p.
- [21]. Bakambu J.N., Allard P., Dupuis E. 3D Terrain Modeling for Rover Localization and Navigation (2006) The 3rd Canadian Conference on Computer and Robot Vision (CRV'06), 61 p.
- [22]. Brebu F., Bertici M.R., Bala A.C.. Using modern topo-geodetic technologies in the process of monitoring building's deformations (2012) 12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM2012, Vol. 2, Pp. 821-828.
- [23]. Dumalski A., Hejbudzka K. An attempt at using a terrestrial laser scanner for detecting minimal displacement and objects' deformations. FS 3D-TLS Application II (2010) FIG Congress. Facing the Challenges – Building the Capacity. Sydney, Australia, 11-16 April 2010. 12 p.
- [24]. GOST R 51774-2001. *Takheometry elektronnyye. Obshch. tekhn. usloviya*. [Tachymeters. General tehn. terms]. (rus)
- [25]. Mikhailenko Ye.B., Belyaev N.D., Bogolyubova A.A., Vilkevich V.V., Zagryadskaya N.N., Kovyazin A.V. *Inzhenernaya geodeziya. Ispolzovaniye sovremennogo oborudovaniya dlya resheniya geodezicheskikh zadach* [Engineering geodesy. Usage of modern equipment for solving of geodetic problems]. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta. 2014. 98 p. (rus)
- [26]. Bao X., Pajarola R. LOD-based Clustering Techniques for Efficient Large-scale Terrain Storage and Visualization (2003) In Proceedings SPIE Conference on Visualization and Data Analysis, Pp. 225-235.
- [27]. Lohmann P., Koch A., Schaeffer M. Approaches to the Filtering of Laser Scanner Data (2000) IAPRS, pt. B3, vol.33. Amsterdam. Pp. 540-547.
- [28]. Gulyayev Yu.P. *Prognozirovaniye deformatsiy sooruzheniy na osnove rezultatov geodezicheskikh nablyudeniy* [Prediction of structures deformation based on geodetic observations' results]. Novosibirsk: SGGGA, 2008. 256 p. (rus)
- [29]. Zharnikov V.B., Dyakov B.N., Zhukov B.N. *Geodezicheskoye obespecheniye ekspluatatsii promyshlennykh predpriyatiy* [Geodetic support of operation of business enterprises]. Moscow: Nedra, 1992. 160 p. (rus)
- [30]. Zhukov B.N., Karpik A.P. *Geodezicheskiy kontrol inzhenernykh obyektov promyshlennykh predpriyatiy i grazhdanskikh kompleksov* [Geodetic control of engineering objects of business enterprises and civil complexes]. Novosibirsk: SGGGA, 2006. 148 p. (rus)