

М.А. Сайлыгараева^{1*}, Н.Н. Нысанбай², Ж.Д. Байгурин¹

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²ТОО "GeoConstruct Almaty", Алматы, Казахстан

E-mail: *mariya_23365@mail.ru, nmalikov03@bk.ru, baygurin@mail.ru

Методика инструментальных наблюдений за деформациями и техническим состоянием зданий и сооружений

Аннотация. Статья направлена на решение задач по созданию эффективной методики для проведения инструментальных наблюдений за прогибами в несущих конструкциях плитах перекрытия, главных и второстепенных ригелях верхнего уровня уникального здания подземного многофункционального общественного центра в условиях предгорной местности со сложными инженерно-геологическими характеристиками и энергетическим классом движений земной поверхности равной 4-5.

Периодические наблюдения за техническим состоянием способствуют своевременному выявлению критических отклонений конструктивных элементов здания и обеспечению безопасной эксплуатации сооружения. Предложена методика проведения тригонометрического нивелирования прогибов несущих конструктивных элементов здания для производства проведения периодических наблюдений за осадочными движениями здания и определения количественных значений осадок с учетом территориального расположения, инженерно-геологических условий, сейсмичности района и влияния внешней среды.

Ключевые слова: геодезический мониторинг, нивелирование, осадочные марки, плиты перекрытия, ригель.

DOI: doi.org/10.32523/2616-7263-2023-145-4-204-213

1. Введение

При строительстве зданий и сооружений (жилых, административных, промышленных зданий и т.д.) применяют множество инструментальных методов наблюдений за обеспечением должного технического состояния и сохранностью, а также безопасностью на длительный срок существования и эксплуатации. Наблюдения или мониторинг является одним из важнейших инструментов обеспечения надежности и безопасности высотных, уникальных и жилых зданий и сооружений в период их строительства и эксплуатации. Во многих городах и населенных пунктах, где выполняются крупные градостроительные объекты проводятся различные и специальные виды наблюдений (геодезические, автоматизированный мониторинг, космические методы и т.д.) для фиксирования отрицательных воздействий техногенного влияния, внешней среды, грунтового основания, гидрогеологических факторов. На практике имеются случаи оседания или вертикального изменения положения строительных конструкций, что приводило к нарушениям отдельных частей зданий и сооружений или разрушениям их проектных параметров (рис.1).



Рисунок 1. Обрушение крыши здания Центрального стадиона, г.Шымкент

Значительный объем инструментального мониторинга в период строительства и эксплуатации выполняется геодезическими методами. Геодезическими методами определяются как местные, так и общие деформации зданий и сооружений, отклонения несущих, ограждающих конструкций от вертикали и проектного положения, осадки фундаментов и грунтов, по которым конкретно судят о техническом состоянии здания или сооружения.

Накоплен большой опыт проведения инструментальных наблюдений за возможными деформационными процессами как в нашей стране, так и ближнем и дальнем зарубежье. Разработаны методики и технологии инструментальных наблюдений, которые учитывают архитектурные особенности высотных и уникальных строительных объектов. Учитывая разработанные методики на основе отечественных и зарубежных норм строительства высотных и уникальных сооружений во многих городах успешно сопровождаются научными исследованиями и накопленным практическим опытом. Разработаны специальные СНиПы мониторинга геодезическими методами и точностью выполнения геодезических работ (инструментальный геодезический мониторинг). В нормативных документах определены и рекомендованы комплекс периодических инженерно-геодезических измерений, выполняемых с целью определения количественных параметров общих деформаций зданий и сооружений, их несущих ограждающих конструкций [1,2,3,4,5].

В нашей стране широко используют автоматизированные системы контроля за состоянием зданий и сооружений в процессе строительства и эксплуатации и установления возможных процессов деформаций, основанных на геодезических методах измерения (гидростатика, видеоизмерительные системы и т.д.).

Объект исследования - здание подземного многофункционального общественного центра (рис.1), расположенного на центральной площади г. Алматы. Вдоль площади наблюдается интенсивное движение автотранспорта. Грунтовое основание подземного здания сложено плотными валуногалечниками. Здание относится к уникальным сооружениям как первое и единственное здание подземного типа, построенное в сложных инженерно-геологических условиях вблизи тектонического разлома. Надземная часть площади представляет собой единый живописный архитектурный ансамбль: здание Акимата со ступенчатым каскадным фонтанным комплексом, Монумент Независимости, Стелла, 17-этажное здание аппаратно-студийного комплекса телевидения. Площадь Республики имеет прямоугольную форму, длину 580 м и ширину 210 м.



Рисунок 1. Надземная часть здания подземного многофункционального общественного центра

Здание было построено в 2009 году. После нескольких лет эксплуатации было принято решение о возведении декоративных «лепестков» на надземной части (рис.2).

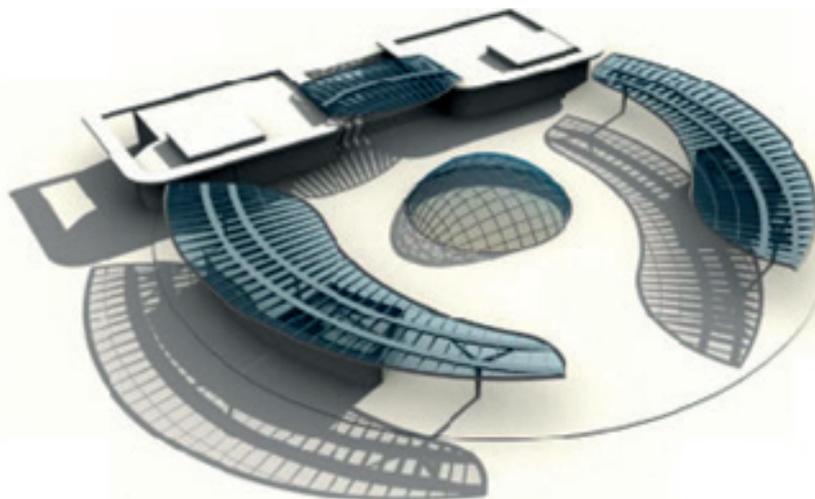


Рисунок 2. Модель надстраиваемого сооружения в виде лепестков над зданием подземного многофункционального общественного центра

Монтаж тяжелых металлических элементов оказывает значительную нагрузку на несущие железобетонные конструкции здания, поэтому были проведены работы по техническому обследованию входного блока и блока 1 подземного многофункционального общественного центра.

2. Методы

Установлено, в целом состояние верхнего яруса подземной части здания удовлетворительное, выявлены трещины в конструктивных элементах: ригелях, плитах перекрытия, диафрагмах жесткости (рис.3). Ширина раскрытия трещин в элементах перекрытий замерялась микроскопом МПБ-3 с точностью 0,02 мм. Составлена схема расположения трещин в плитах перекрытия верхнего яруса блока 1 (рис. 4), предложена интерполированная поверхность значений ширины раскрытия трещин по всей площади верхнего яруса (рис.5).



Рисунок 3. Трещины в плите перекрытия верхнего уровня подземного здания

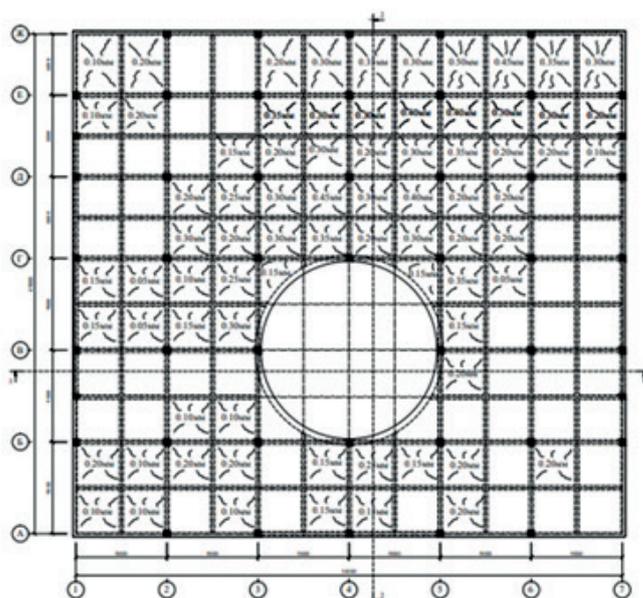


Рисунок 4. Схема расположения трещин в плите перекрытия верхнего яруса

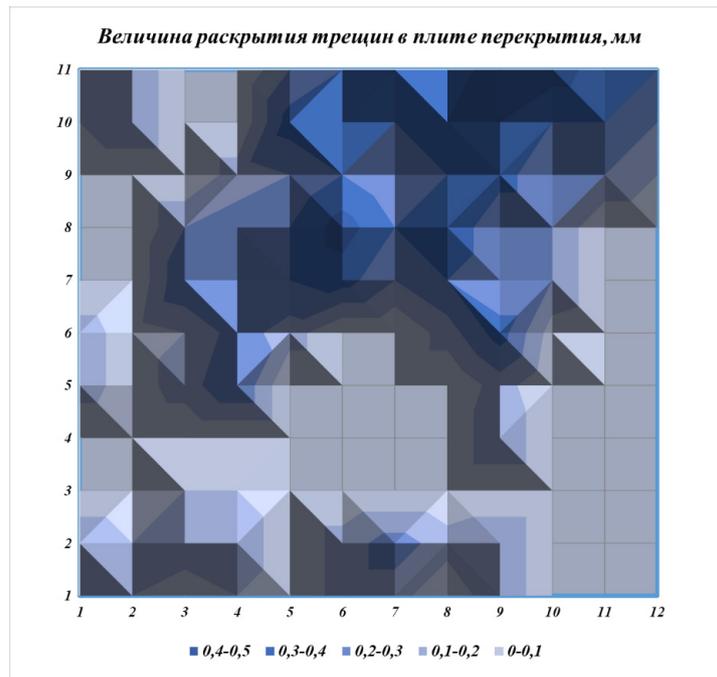


Рисунок 5. Интерполированная поверхность плит перекрытия верхнего яруса здания подземного многофункционального общественного центра

Считаем, как показал опыт проведения инструментальных наблюдений, геодезический мониторинг является составной частью общего геотехнического мониторинга и исходных данных, от качества их проведения зависит решение поставленных задач по геомеханическому исследованию деформационных процессов. После возведения зданий и сооружений надлежит преимущественно использовать автоматизированные системы контроля деформации [6-12].

Основным положительным решением является при проведении геодезического мониторинга куда входит комплекс работ, включающий измерения (наблюдения), фиксацию результатов измерений, их математическую обработку, вычисление параметров деформаций, исключающих их превышении допустимых значений.

Наблюдения за прогибами середины пролетов изгибаемых элементов для определения количественных характеристик деформационных процессов здания выполнялись с помощью лазерного тахеометра «Leica Flexline TS02plus» с точностью 0,5 мм.

Геотехнический мониторинг выполнялся методом тригонометрического нивелирования в прямом и обратном направлении по маркерам, нанесенным на исследуемую поверхность плиты перекрытия, главных и второстепенных ригелей. Тахеометр устанавливали на станцию визирования, приводили в рабочее состояние и точно наводили лазерный луч тахеометра на обследуемые точки, фиксировали наклонное расстояние S до марки и вертикальный угол Z . По результатам угловых и линейных измерений вычисляем превышения h точек нивелирования над станцией визирования тахеометра (рис.6).

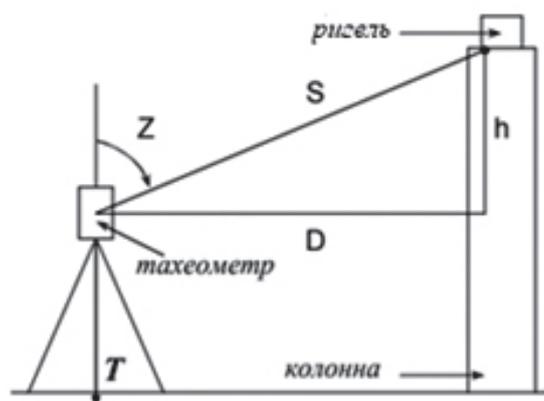


Рисунок 6. Схема наблюдений за прогибом ригеля верхнего уровня подземного сооружения с помощью лазерного электронного тахеометра

3. Результаты

В таблице 1 отобразена ведомость осадок марок подземного здания, расположенного в сложных инженерно-геологических условиях на территории с энергетическим классом сейсмических колебаний в районе 4-5. Величины вертикальных прогибов железобетонных перекрытий даны в числителях дроби, ширина раскрытия трещин-в знаменателях дроби, П-плита, Гр-главные ригели, Вр-второстепенные ригели. Аналогично измерены величины прогибов несущих элементов конструкции верхнего уровня по осям Д-Ж/4-5, 5-6, 6-7, Г-Д/2-3, 3-4, 4-5, 5-6, В-Г/1-2, 2-3, 5-6, Б-В/2-3, А-Б/1-2, 2-3, 3-4, 4-5.

Таблица 1. Замеры прогибов и ширины раскрытия трещин в элементах покрытия блока 1 Павильона 1 (в мм)

Оси здания	Марка точки замера	Цикл наблюдений нулевой, мм
Д-Ж/1-2	П ₁	30,0/0
	П ₂	30,0/0
	П ₃	28,0/0,20
	П ₄	26,0/0,10
	П ₅	27,0/0,10
	П ₆	24,0/0,20
	Вр ₇	19,0/0,10
	Гр ₈	46,0/0
	Гр ₉	38,0/0
	Вр ₁₀	10,0/0,15

Д-Ж/3-4	P_1	28,0/0,2
	P_2	6,0/0,3
	P_3	23,5/0,3
	P_4	3,0/0,35
	P_5	4,5/0,3
	P_6	18,5/0,2
	Gr_7	17,0/0,4
	Bp_8	43,5/0,25
	Bp_9	43,5/0
	Gr_{10}	25,5/0,8
	Gr_{11}	13,0/0
	Gr_{12}	3,0/0
	Gr_{13}	3,0/0,45

4. Выводы

По результатам обследования проведена оценка технического состояния несущих конструкций входного блока и блока 1 подземного многофункционального общественного центра:

1. На верхнем уровне на потолке на нижней стороне плит перекрытия обнаружены диагональные трещины, наибольшая ширина раскрытия трещин в ячейках между осями Д-Ж/3-4, 4-5, 5-6, 6-7, Г-Д/2-3, 3-4, 4-5, В-Г/1-2, 2-3, 5-6, где она достигает величины 0,30-0,50 мм.

2. Предложена интерполированная поверхность плит перекрытия верхнего яруса здания.

3. Ширина раскрытия трещин в плитах перекрытия при первичном обследовании здания в среднем составляет 0,19 мм. Ширина раскрытия трещин в главных ригелях покрытия при первичном обследовании здания в среднем составляла 0,29 мм. Ширина раскрытия трещин во второстепенных ригелях покрытия при первичном обследовании здания в среднем составляла 0,16 мм.

4. Предложена эффективная методика проведения геодезических наблюдений за прогибами несущих конструктивных элементов здания, плит перекрытия, главных и второстепенных ригелей, с помощью лазерного тахеометра с учетом расположения в предгорной местности со сложными инженерно-геологическими характеристиками.

5. В соответствии с требованиями действующих строительных норм уникальные подземные сооружения, расположенные в сложных инженерно-геологических условиях в зоне сейсмических сдвигов с энергетическим классом 4-5, конструктивные элементы с трещинами шириной раскрытия от 0,30 мм и более подлежат усилению.

Усиление железобетонных несущих элементов выполняется с целью повышения прочности и восстановления эксплуатационной пригодности конструкций. Усиление железобетонных несущих конструкций подземного сооружения рекомендуется проводить наклеиванием на нижнюю часть плит перекрытия на нижнюю поверхность главных и второстепенных балок предварительно напряженных лент ламината или путем наращивания высоты плиты покрытия с предварительным приподнятием ячейки с поврежденными конструкциями телескопическими стойками на величину прогиба элементов. Результаты по научно-исследовательской работе по усилению несущих железобетонных конструкций здания будут освещены в следующих публикациях авторов.

Список литературы

1. СНиП РК 2.03-30-2017 Строительство в сейсмических зонах. Алматы, 2018 г.
2. РДС РК 1.03.-XX-20XX.
3. СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства
4. СНиП 2.01.09-91 Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах.
5. СНиП 2.02.01-83 Сооружения и устройства систем защиты горных выработок, зданий и сооружений от подземных вод.
6. СНиП РК 3.02-05-2010 «Автоматизированная система мониторинга зданий и сооружений».
7. Лапин В.А., Ержанов С.Е. Методологические основы использования станций инженерно-сейсмометрической службы на зданиях // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2018. № 4. С. 44-49.
8. Фельдман В.Д., Мережко Л.М. Методика геодезического мониторинга технического состояния высотных и уникальных зданий и сооружений. - М.: ООО «Тектоплан», 2009, 80 с.
9. Марфенко С.В. Геодезические работы по наблюдению за деформациями сооружений. Учебное пособие. М.: МИИГАиК, 2004, 36 с;
10. Гридчин А.Н. Исследование осадок инженерных сооружений методом случайных функций // Труды НИИГАиК. – 1967. – Т. 20. – С. 45–57.
11. Гуляев Ю.П. Определение закономерностей развития величины и скорости посадки основания здания // Инженерно-строительные изыскания. – М.: Стройиздат, 1975а. – С. 3–8.
12. Шеховцов Г. А. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений: монография; Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т –Н.Новгород: ННГАСУ, 2009. – 156 с.

Ғимараттар мен құрылыстардың деформацияларын және техникалық жағдайын аспаптық бақылау әдістемесі

М.А. Сайлығараева^{1*}, Н.Н. Нысанбай², Ж.Д. Байгурин¹

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²ТОО "GeoConstruct Almaty", Алматы, Қазақстан

E-mail: *mariya_23365@mail.ru, nmalikov03@bk.ru, baygurin@mail.ru)

Аңдатпа. Мақала жер асты көпфункционалды қоғамдық орталықтың бірегей ғимаратының жоғарғы деңгейіндегі жүк көтергіш конструкциялардағы, едендік тақталардағы, негізгі және қосалқы тіректердегі ауытқуларға аспаптық бақылау жүргізудің тиімді әдістемесін құру мәселелерін шешуге бағытталған. күрделі инженерлік-геологиялық сипаттамалары бар және жер бетінің қозғалыстарының энергетикалық класы 4-5-ке тең тау етегі аймағы.

Техникалық жағдайды мерзімді бақылау ғимараттың құрылымдық элементтеріндегі сыни ауытқуларды уақтылы анықтауға ықпал етеді және құрылымның қауіпсіз жұмысын қамтамасыз етеді. Ғимараттың шөгінді қозғалыстарын мерзімді бақылауды жүзеге асыру және аумақтық орналасуын, инженерлік құрылымын ескере отырып, шөгінділердің сандық мәндерін анықтау үшін ғимараттың жүк көтергіш құрылымдық элементтерінің ауытқуларын тригонометриялық нивелирлеуді жүргізу әдісі ұсынылады. және геологиялық жағдайлар, ауданның сейсмикалық деңгейі және сыртқы ортаның әсері.

Кілт сөздер: геодезиялық бақылау, нивелирлеу, шөгінді белгілері, еден плиталары, ригель.

Methodology of instrumental observations of deformations and technical condition of buildings and structures

M.A Sailygarayeva*, N.N. Nysanbai², Zh.D. Baigurin¹

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²TOO "GeoConstruct Almaty", Almaty, Kazakhstan

E-mail: *mariya_23365@mail.ru, nmalikov03@bk.ru, baygurin@mail.ru)

Annotation. The article is aimed at solving the problems of creating an effective methodology for conducting instrumental observations of deflections in load-bearing structures, floor slabs, main and secondary crossbars of the upper level of a unique underground building in the conditions of a foothill area with complex engineering and geological characteristics, with an energy class of movements of the earth's surface equal to 4- 5.

Periodic observations of the technical condition contribute to the timely identification of critical deviations in the structural elements of the building and ensure the safe operation of the structure. A method for carrying out trigonometric leveling of deflections of load-bearing structural elements of a building is proposed to carry out periodic observations of the sedimentary movements of the building and determine the quantitative values of sedimentation, taking into account the territorial location, engineering and geological conditions, seismicity of the area and the influence of the external environment.

Key words: geodetic monitoring, leveling, sediment marks, floor slabs, crossbar.

References

1. SNiP RK 2.03-30-2017. Stroitel'stvo v seismicheskikh zonah [System of regulatory documents in construction of RK 2.03-30-2017. Construction in seismic zones], Almaty, 2018 [In Russian].
2. SP RK 1.04-110-2017. Obsledovanie, ocenka tekhnicheskogo sostoyaniya i seismousilenie zdaniy i sooruzhenij [System of regulations of RK 1.04-110-2017. Inspection, assessment of technical condition and seismic strengthening of buildings and structures], Astana, 2017 [In Russian].
3. SP 11-104-97 Inzhenerno-geodezicheskie izyskaniya dlya stroitel'stva [System of regulatory documents in construction. Engineering and geodetic surveys for construction], Almaty, 2017 [In Russian].
4. SP 21.13330.2012. Zdaniya i sooruzheniya na podrabatyvaemykh territoriyah i prosadochnykh gruntah. Moskva [System of regulations of RK 21.13330.2012. Buildings and structures in mined areas and subsidence soils], Moscow, 2013 [In Russian].
5. Posobie po proektirovaniyu fundamentov na estestvennom osnovanii pod kolonny zdaniy i sooruzhenij k SNiP 2.02.01-83. Moskva [Design Guide on a natural foundation under the columns of buildings and structures to the System of regulatory documents in construction 2.02.01-83], Moscow, 1989 [In Russian].
6. SNiP RK 3.02-05-2010. Avtomatizirovannaya sistema monitoringa zdaniy i sooruzhenij [System of regulatory documents in construction of RK 3.02-05-2010. Automated monitoring system for buildings and structures], Almaty, 2010 [In Russian].
7. Lapin V.A., Yerzhanov S.Y. Metodologicheskie osnovy ispol'zovaniya stancij inzhenernoseismometricheskoy sluzhby na zdaniyah [Methodological fundamentals for using stations of engineering seismometric service on buildings] // Seismostoitoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii [Earthquake engineering. Constructions safety], 2018, no. 4, pp. 44-49. [In Russian].
8. Fel'dman V.D., Merezhko L.M. Metodika geodezicheskogo monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya vysotnyh i unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij [Methodology for geodetic monitoring of the technical condition of high-rise and unique buildings and structures]. MDS 13-22.2009/000 «TEKTOPLAN». - Moscow. 2010, - 76 p. [In Russian].
9. Marfenko S.V. Geodezicheskie raboty po nablyudeniyu za deformatsiyami sooruzhenij. Uchebnoe posobie [Geodetic work to monitor deformations structures. Tutorial], Moscow State University of Geodesy and Cartography, 2004, 36 p.
10. Gridchin A.N. Issledovanie osadok inzhenernykh sooruzhenij metodom sluchajnykh funktsij [Study of sediments of engineering structures using the method of random functions] // Trudy NIIGAiK [Proceedings of Novosibirsk State University of Geodesy and Cartography] - 1967. - p. 45-57.

11. Gulyaev YU.P. Opredelenie zakonomernostej razvitiya velichiny i skorosti posadki osnovaniya zdaniya [Determination of patterns of development of the magnitude and rate of subsidence of the foundation of a building]// Inzhenerno-stroitel'nye izyskaniya [Engineering and construction surveys]. – Moscow, Strojizdat, 1975a. – p. 3–8.

12. SHekhovcov G. A. Sovremennye geodezicheskie metody opredeleniya deformatsij inzhenernyh sooruzhenij: monografiya; Nizhegorod. gos. arhit.-stroit. un-t [Modern geodetic methods for determining deformations of engineering structures: monograph; Nizhny Novgorod. state architect-builds university], Nizhny Novgorod. 2009. – 156 p.

Сведения об авторах:

Каз.:

Сайлыгараева М.А. – «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының докторантты, Satbayev University, Сатпаев көш., 22, Алматы, Қазақстан, +7 707 454 67 08, mariya_23365@mail.ru.

Нысанбай Н.Н. – “GeoConstruct Almaty” ЖШСте инженер-геодезист, Даналық көш., 20, Алматы, Қазақстан, +7 747 427 62 96, nmalikov03@bk.ru.

Байгурин Ж.Д. – техникалық ғылым докторы, «Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасының профессоры, Satbayev University, Сатпаев көш., 22, Алматы, Қазақстан,+7 705 528 70 43, baygurin@mail.ru.

Рус.:

Сайлыгараева М.А. – докторант кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Satbayev University, ул. Сатпаева, 22, Алматы, Казахстан, +7 707 454 67 08, mariya_23365@mail.ru.

Нысанбай Н.Н. – инженер-геодезист в ТОО “GeoConstruct Almaty”, ул. Даналык, 20, Алматы, Казахстан, +7 747 427 62 96, nmalikov03@bk.ru.

Байгурин Ж.Д. – д.т.н., профессор кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия», Satbayev University, ул. Сатпаева, 22, Алматы, Казахстан, +7 705 528 70 43, baygurin@mail.ru.

Англ.:

Sailygarayeva M. – PhD student of the Department of “Surveying and Geodesy”, Satbayev University, 22 Satpayev st., Almaty, Kazakhstan, +7 707 454 67 08, mariya_23365@mail.ru.

Nysanbai N. – engineer-surveyor at “GeoConstruct Almaty” LLP, 20 Danalyk st., Almaty, Kazakhstan, +7 747 427 62 96, nmalikov03@bk.ru.

Baigurin Zh. – D. Sc., Professor of the Department of “Surveying and Geodesy”, Satbayev University, 22 Satpayev st., Almaty, Kazakhstan, +7 705 528 70 43, baygurin@mail.ru.