

ДЕФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ МНОГОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ЗДАНИЯ В ПЕРИОД СТРОИТЕЛЬСТВА

Инна Евгеньевна Дорогова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры космической и физической геодезии, тел. (383)361-01-59, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Александр Алексеевич Ильин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, ассистент кафедры геоматики и инфраструктуры недвижимости, тел. (383)343-39-77, e-mail: alexander_ilin73@mail.ru

Рустам Ильсурович Искандаров

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры космической и физической геодезии, тел. (383)361-01-59, e-mail: rustam.iskandarov.96@mail.ru

В статье приводится описание технологии деформационного геодезического мониторинга многоэтажного жилого здания в период строительства. Выполнено описание основных этапов работ: выбор расположения исходных реперов и оценка их устойчивости, размещение деформационных марок на наблюдаемом сооружении, проложение по деформационным маркам нивелирных ходов, реализация нескольких циклов геодезических измерений и определение по их результатам наблюдаемых осадок деформационных марок.

Выполнен анализ полученных результатов, позволяющий говорить о том, что на момент выполнения измерений наблюдаемые деформационные процессы носят прогнозируемый характер. Даны рекомендации по усовершенствованию комплекса измерительных мероприятий, а также рассмотрена возможность прогнозирования и вычислены прогнозные значения осадок деформационных марок, которые практически совпадали с фактическими значениями, полученными в следующем цикле наблюдений.

Ключевые слова: деформационный мониторинг, многоэтажное строительство, осадки зданий, деформационная марка, график осадок.

DEFORMATION MONITORING OF MULTILEVEL RESIDENTIAL BUILDING DURING CONSTRUCTION

Inna E. Dorogova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (383)343-29-11, e-mail: inna_dorogova@mail.ru

Aleksandr A. Ilin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Assistant, Department of Geomatics, Property and Infrastructure, phone: (383)343-39-77, e-mail: alexander_ilin73@mail.ru

Rustam I. Iskandarov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (383)343-29-11, e-mail: rustam.iskandarov.96@mail.ru

The article describes the technology of deformation geodetic monitoring of a multi-storey residential building during construction. The description of the main stages of work: the choice of the location of the reference frames and the assessment of their stability, the placement of deformation marks on the observed structure, the location of leveling moves along deformation marks, the implementation of several cycles of geodetic measurements and the determination of deformation marks observed by their results

The analysis of the obtained results has been performed, which suggests that at the time of the measurements, the observed deformation processes are predictable. Recommendations on improvement of the measuring measures complex are given, and the possibility of forecasting is considered, and the predicted values of the sediment deformation marks are calculated, which practically coincide with the actual values obtained in the next observation cycle.

Key words: deformation monitoring, multi-storey construction, precipitation of buildings, deformation mark, graph of sinking.

Введение

Строительный этап мониторинга проводится с целью получения и сбора информации о возможном негативном влиянии строительства [1, 2]. На этом этапе осуществляются контроль и наблюдения за возможной активизацией и развитием деформационных процессов под воздействием техногенных факторов, возникающих при строительстве [3–5]. Контролю при этом обычно подлежат осадки зданий и сооружений и горизонтальные смещения зданий и сооружений [6–8].

Мониторинг осадок зданий и сооружений на строительном этапе предусматривает контроль за положением осадочных марок и реперов всех объектов. На этих участках контроль осуществляется посезонно, до 4 раз в год. Для процессов, активизация которых характеризуется сезонностью, контроль осуществляется в соответствии с сезонностью. При необходимости, при активно развивающихся процессах, наблюдения могут проводиться с повышенной частотой: до одного раза в месяц [9, 10].

Особый интерес при организации мониторинга сооружений представляют вопросы, связанные с интерпретацией результатов измерений с точки зрения происходящих деформационных процессов, а также прогнозирования изменений смещений отдельных марок и развития деформационных процессов для всего сооружения со временем [11–13].

В данной статье рассмотрен комплекс геодезических работ для осуществления деформационного мониторинга строящегося жилого здания, выполнен анализ полученных результатов, даны рекомендации по улучшению системы мониторинга, а также выполнена оценка возможности вычисления прогнозных значений осадок деформационных марок и определены их величины.

Методы и материалы

Наблюдения за вертикальными деформациями (осадками, подъемами) фундаментов строящегося здания выполнены для многоэтажного жилого здания по ул. Дуси Ковальчук в г. Новосибирске.

Основной целью наблюдений являлось получение данных для оценки устойчивости сооружения и своевременного принятия профилактических мер по устранению или предупреждению критических деформаций.

На рис. 1 представлен общий вид объекта на различных этапах строительства и мониторинга.



Рис. 1. Общий вид объекта:
а) цикл 2; б) цикл 10; в) цикл 13

Работы производились в два этапа: полевой и камеральный. Полевой этап включал рекогносцировку, закладку и наблюдения 3 исходных реперов высотной основы вне зоны распространения давления от строящегося здания, а также 15 деформационных марок в стенах наблюдаемого здания, предварительную обработку результатов нивелирования.

Определение высотного положения заложенных марок реализовывалось с точностью нивелирования II класса [14]. Привязка сети исходных реперов нивелирования II класса выполнена к пункту полигонометрии № 12010 в первом (начальном) цикле наблюдений с целью определения отметок реперов сети в местной системе высот г. Новосибирска (Правобережная система высот).

В качестве исходной основы заложен куст ственных реперов, состоящий из трех ственных марок, удаленных от наблюдаемого объекта на расстоянии 210 м (регламентировано нормативными документами – не менее, чем 1,5 высоты объекта) [15]. В последующих циклах нивелирования за исходный репер при

вычислении отметок принимается тот репер на площадке, высота которого по результатам анализа стабильности, изменилась между смежными циклами незначительно. Отметка этого репера в предыдущем цикле наблюдений принимается за исходную при вычислении отметок реперов в данном цикле [16].

Куст реперов (Рп1, Рп2, Рп3) использовался с первого по девятый цикл наблюдений. В десятом цикле репера были уничтожены, и в качестве исходной основы были заложены новые (Рп1Н, Рп2Н, Рп3Н) с привязкой к пункту полигонометрии № 12010 [17].

Анализ стабильности реперов и вычисление их вероятнейших отметок выполнены способом В. Ф. Черникова. Порядок анализа и формулы изложены в [18]. При уравнивании результатов нивелирования второй ступени и вычислении отметок и осадок деформационных марок использованы вероятнейшие отметки реперов.

Деформационные марки для определения вертикальных перемещений фундамента установлены в нижней части несущих конструкций по всему периметру наблюдаемого сооружения (примерно через 15 м), в том числе на углах, стыках конструкций, по обе стороны осадочных или температурных швов, в местах примыкания продольных и поперечных стен [19].

Схема размещения исходных реперов и деформационных марок приведена на рис. 2.

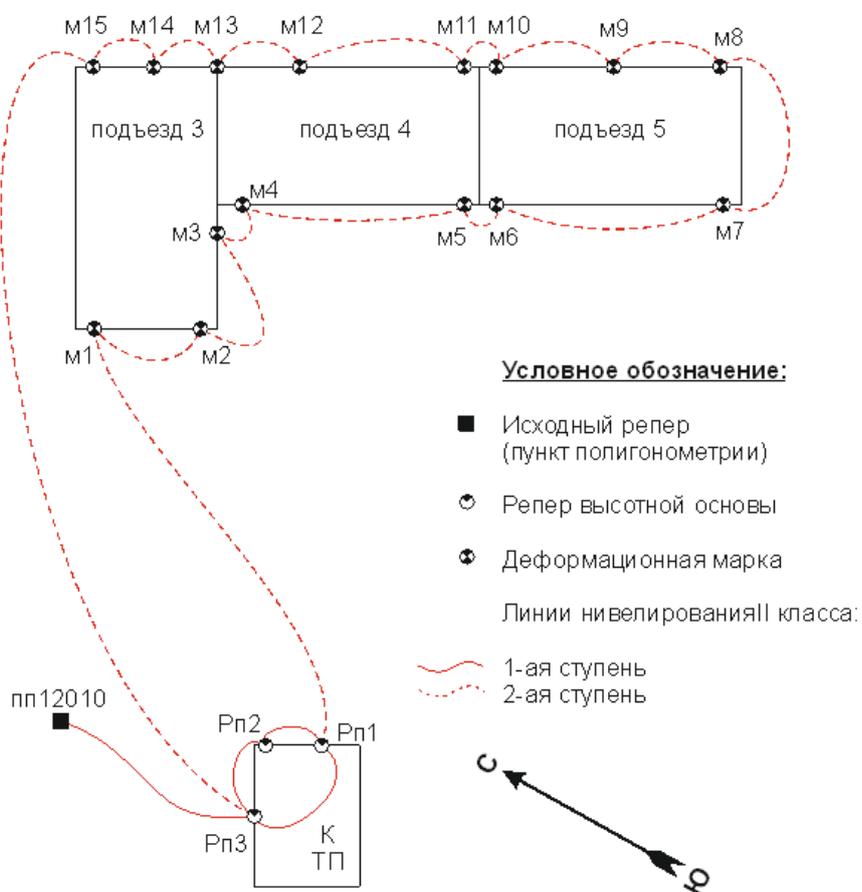


Рис. 2. Размещение исходных реперов и линий нивелирования

Нивелирование по исходным реперам сети и определение высотного положения заложённых марок выполнено цифровым нивелиром DNA03 компании Leica (Швейцария), обеспечивающим в комплекте со штрихкодowymi инварными рейками, снабженными круглыми уровнями, среднюю квадратическую ошибку 0,3 мм на 1 км двойного нивелирного хода. Цикличность наблюдений составляла один раз в месяц.

В тринадцатом цикле в результате производства строительных работ оказались недоступными деформационные марки М7 – М14 и уничтожены марки М6 и М15.

На камеральном этапе выполнены обработка, уравнивание и анализ точности результатов измерений, составлены схемы нивелирных ходов и графическое представление осадок деформационных марок в наблюдаемый период. Уравнивание нивелирной сети II класса выполнено на ПК строгим параметрическим способом с использованием сертифицированного программного продукта Нивелир 1.1 компании Кредо-Диалог.

Также был выполнен поиск прогнозных значений отметок деформационных марок. Для этого предварительно выполнялась оценка отношения средней квадратической ошибки к средней ошибке измерений после каждого цикла наблюдений. На основании этого критерия принималось решение о возможности определения прогнозных значений [11, 13].

Результаты

Анализ полученных невязок показывает, что все невязки значительно меньше допустимых, таким образом, заключительная оценка точности из уравнивания показала, что выполненное нивелирование II класса по точности соответствует требованиям действующих нормативных документов [14, 20] и отметки контрольных точек определены с достаточной точностью.

По уравненным отметкам осадочных марок были вычислены их осадки между смежными циклами наблюдений

$$S' = H_i - H_{i-1}, \quad (1)$$

где H_i – отметка осадочной марки в i -м цикле наблюдений;

H_{i-1} – отметка осадочной марки в $(i-1)$ -м цикле наблюдений [15].

По полученным данным построены развернутые графики осадок (рис. 3). Такие графики позволяют наглядно судить о величине и равномерности осадок.

Также были составлены ведомости осадок по блокам для симметрично расположенных марок и их графики [10].

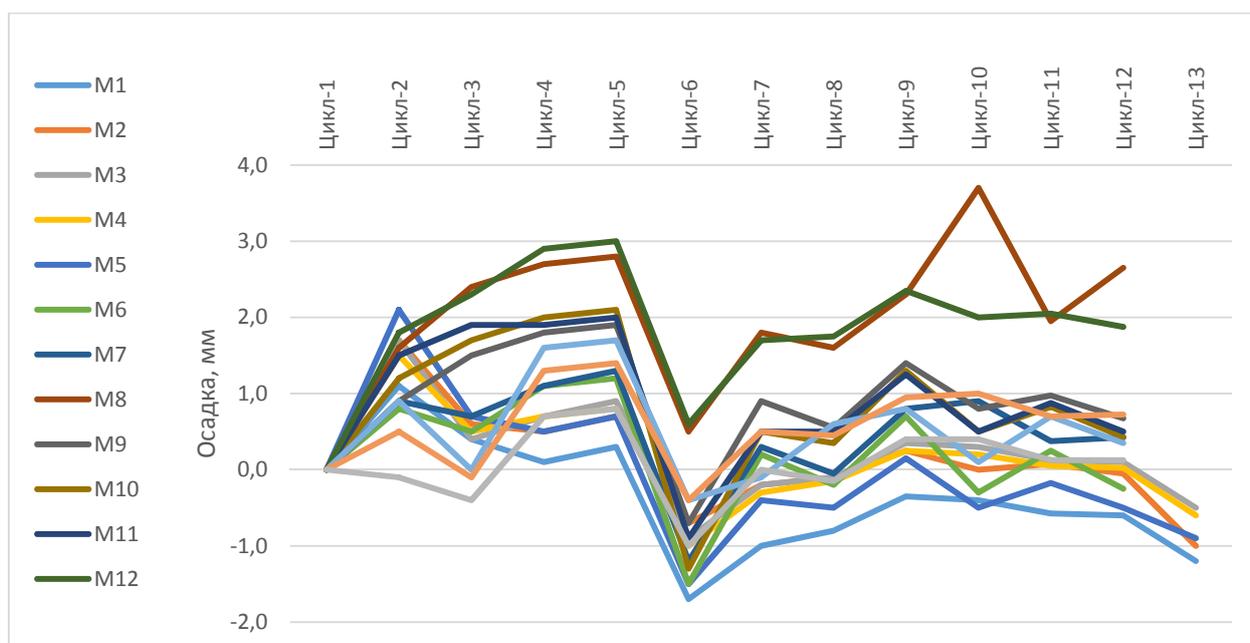


Рис. 3. Развернутый график осадок относительно начального цикла

После каждого цикла измерений определялся коэффициент, оценивающий отношение средней квадратической ошибки к средней ошибке измерений, в случае отсутствия скачков значений коэффициента можно говорить об отсутствии качественных изменений состояния объекта строительства, что позволяет определять прогнозные значения осадок деформационных марок [11]. В нашем случае значение коэффициента практически не изменялось и составляло 1,16 для всех циклов наблюдений.

Обсуждение

Выполненный анализ осадок показал, что с первого по тринадцатый цикл (февраль – август) осадки имеют практически равнонаправленный характер, равномерны, незначительны и находятся в пределах от $-3,4$ до $+3,7$ мм, при допустимых значениях максимальной осадки для гражданских многоэтажных зданий с полным каркасом и монолитным перекрытием – 20 мм.

После каждого цикла измерений методом экспоненциального сглаживания выполнялось вычисление прогнозных значений осадок деформационных марок, которое практически совпадало с фактическим значением, определенным в следующем цикле наблюдений. Максимальное расхождение между прогнозными и фактическими значениями осадки составляло 0,3 мм.

Совпадение прогнозных и фактических значений осадок марок указывает на закономерность и предсказуемость развития деформационных процессов в период строительства данного сооружения.

Заключение

Выполненные исследования позволяют говорить о том, что на момент выполнения измерений наблюдаемые деформационные процессы носят предсказуемый характер и не представляют опасности для отдельных конструктивных элементов и сооружения в целом. Для осуществления дальнейшего мониторинга объекта необходима закладка утерянных в тринадцатом цикле деформационных марок.

Наблюдения за деформациями сооружений представляют собой комплекс измерительных и описательных мероприятий по выявлению их величин и причин возникновения. Поэтому, также, рекомендуется расширить комплекс полевых работ и включить в их состав измерения, направленные на определение планового положения деформационных марок. Это позволит в дальнейшем вести мониторинг горизонтальных сдвигов наблюдаемого объекта, возможных из-за дальнейшей нагрузки от подъема этажей и направленности уклона грунта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 [Электронный ресурс] : утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой России) от 10.12.2012 № 83/ГС. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. СП 126.13330.2012. Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 [Электронный ресурс] : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29.12.2011 № 635/1. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. [Электронный ресурс]: утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 28.12.2010 № 823. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. Деформационный мониторинг сухой вентиляторной градины прямоугольной формы / Г. А. Уставич, П. П. Сальникова, В. Г. Сальников, Н. М. Рябова // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. – С. 20–25.

5. Моисеев А. Г. Технологическая схема разбивочных работ при строительстве высотных сооружений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. – С. 46–50.

6. Кроличенко О. В. Методика наблюдений за деформациями инженерных сооружений специального назначения // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 6. – С. 27–29.

7. Шоломицкий А. А., Лагутина Е. К., Соболева Е. Л. Проект геодезических работ при мониторинге зданий и сооружений аквапарка // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 1. – С. 31–36.

8. 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.

9. ГОСТ 24846–2012. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений [Электронный ресурс] : приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.10.2012 № 599-ст . – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

10. Хорошилова Ж. А., Хорошилов В. С. Деформационный мониторинг инженерных объектов как составная часть геодезического мониторинга // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 1. – С. 77–80.

11. Гуляев Ю. П. Прогнозирование деформаций сооружений на основе результатов геодезических наблюдений. – Новосибирск : СГГА, 2008. – 256 с.

12. Хорошилов В. С. О разработке информационной экспертной системы для оптимального геодезического обеспечения инженерных объектов // Геодезия и картография. – 2008. – № 5. – С. 15–19.

13. Гуляев Ю. П., Хорошилов В. С., Родионова Ю. В. Методика выявления по геодезическим данным степени аварийности высотных зданий и направление повышения эффективности оценки их состояния // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 66–71.

14. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов: утв. рук. Федер. службы геодезии и картографии России 25.12.03: введ. в действие с 01.02.04. – М. : Картгеоцентр-Геодезиздат, 2004. – 244 с.

15. ГОСТ 31937–2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния [Электронный ресурс] : приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2012 № 1984-ст. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

16. Олейник А. М. Выбор мест закладки грунтовых реперов с учетом прогнозного изменения геокриологической обстановки от техногенной деятельности // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 37–40.

17. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической и нивелирной сетей. – М. : Картгеоцентр-Геодезиздат, 1993. – 104 с.

18. Ганьшин В. Н., Стороженко А. Ф., Буденков Н. А. Геодезические методы измерения вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов. – М. : Недра, 1991. – 190 с.

19. Пособие к МГСН 2.07-01 Основания, фундаменты и подземные сооружения. Обследование и мониторинг при строительстве и реконструкции зданий и подземных сооружений [Электронный ресурс] : приказ Москомархитектуры от 01.12.2004 № 180. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

20. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М. : Стройиздат, 1975. – 156 с.

© И. Е. Дорогова, А. А. Ильин, Р. И. Искандаров, 2019