

## КООДИНИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО ПАСПОРТА

*Анастасия Андреевна Бакулина*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, обучающийся, тел. (952)905-79-75, e-mail: nastybak-1998@mail.ru

*Евгений Ильич Аврунев*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры кадастра и территориального планирования, тел. (383)344-31-73, e-mail: kadastr204@yandex.ru

В статье проанализирован метод координирования объектов капитального строительства при проведении деформационного мониторинга. Применительно к данному методу рассмотрены основные требования и оценка точности.

**Ключевые слова:** деформация, деформационный мониторинг, деформационный паспорт, координирование объектов капитального строительства, полигонометрия

## COORDINATING CAPITAL CONSTRUCTION FACILITIES TO DRAW UP A DEFORMATION PASSPORT

*Anastasia A. Bakulina*

Siberian State University of Geosystems and Technology, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Student, phone: (952)905-79-75, e-mail: nastybak-1998@mail.ru

*Evgeny I. Avrunev*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cadastre and Territorial Planning, phone: (383)344-31-73, e-mail: kadastr204@yandex.ru

The article analyzes the method of coordinating capital construction facilities during deformation monitoring. In this case, the basic requirements and the accuracy assessment are considered.

**Keywords:** deformation, deformation monitoring, deformation passport, coordination of capital construction facilities, polygonometry

### *Введение*

Координирование объектов капитального строительства (ОКС) позволяет определить их пространственное положение, а соответственно, позволяет решить многие задачи в области деформационного мониторинга. Деформационный мониторинг проводят для обеспечения безопасности объектов капитального строительства, которые расположены в неустойчивых и сейсмических зонах, а также на склоновых и оползневых массивах. Результаты проведения такого мониторинга необходимы для проведения соответствующих профилактических мероприятий за объектами недвижимости, которые подвержены к появлению и раз-

виту деформационного процесса, так как таким объектам может угрожать опасность значительного повреждения или даже разрушения [5, 6].

Целью исследования является рассмотрение метода координирования объектов капитального строительства для составления деформационного паспорта. Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- рассмотреть, что представляет собой метод координирования;
- изучить основные требования и виды координирования;
- рассмотреть приборы, применяемые при координировании ОКС.

Кроме того, пространственное положение ОКС необходимо для формирования геопространства территориального образования, так как на основании таких данных создается 3D-кадастр [2–4, 8].

### *Методы и материалы*

При подготовке деформационного паспорта координирование объектов капитального строительства является обязательным этапом работ [9]. Координирование осуществляется путем выполнения геодезических измерений, в результате которых вычисляются координаты соответствующих точек. Координаты определяются в пространственной (X, Y, Z) или в плоской прямоугольной (x, y, H) координатных системах.

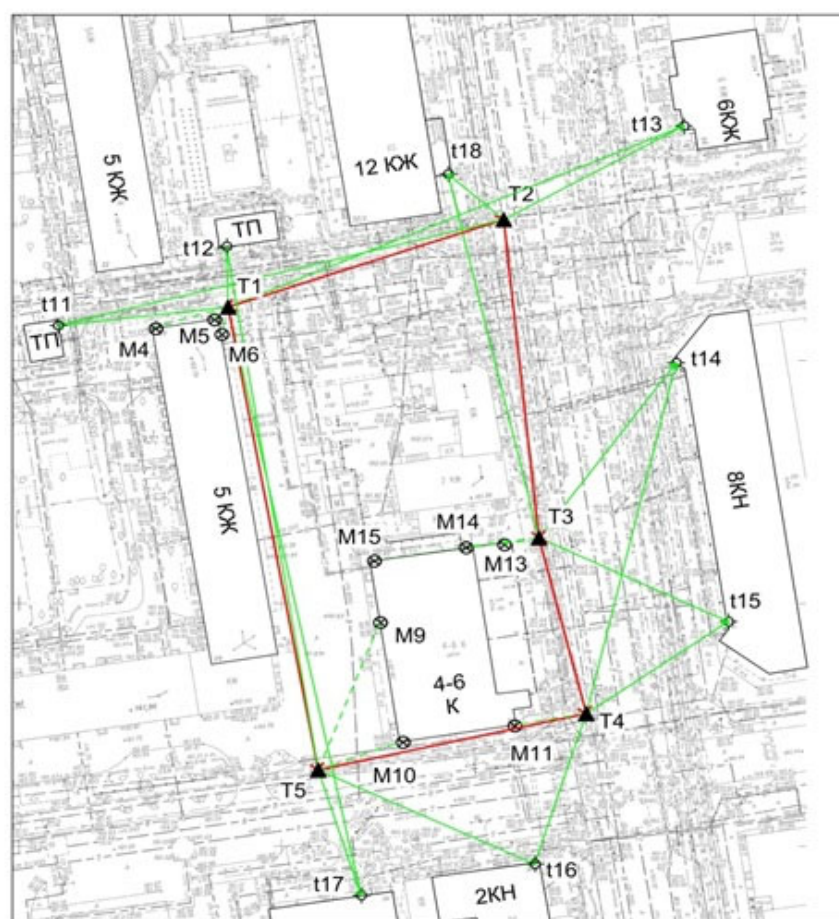
Деформации ОКС определяют с помощью геодезических измерений, выполняемых через определенный интервал времени  $\Delta t$  и вычисление координат деформационных марок. Определение деформаций необходимы как для строящихся объектов, так и для объектов которые уже введены в эксплуатацию, так как на основании полученных деформаций, возможно, оценить безопасность функционирования объекта недвижимости с дальнейшей корректировкой кадастровой стоимости для создания справедливой налогооблагаемой базы [1, 7].

В настоящее время существуют множество методик определения деформаций в области установления высотной составляющей, но это не касается плановых координат, на основании которых проводится деформационный мониторинг в пространстве. Метод координирования ОКС выбирается в зависимости от класса точности измерений, целесообразных для конкретного объекта недвижимости. Методы триангуляции и трилатерации характерны для I-IV классов, а метод полигонометрии для III-IV классов. Наиболее распространен метод полигонометрии, так как контролируемые объекты находятся в зоне плотной градостроительной застройки и иной метод не применим. Также класс точности выбирается исходя из характеристик ОКС. I-II класс допускается устанавливать для уникальных зданий и сооружений, эксплуатирующихся более 50 лет, возводимых на плотных сжимаемых грунтах, например, скальных, глинистых и других. III класс устанавливается для сооружений и зданий, возводимых на сильно сжимаемых грунтах, например, насыпные и другие. IV класс применяют исключительно для земляных сооружений. Точность деформационных характеристик при использовании метода полигонометрии приведена в табл. 1 [10, 11].

Точность определения деформационных характеристик

Класс точности геодезических измерений	Допускаемая погрешность геодезических измерений горизонтальных деформационных характеристик, мм	Допускаемая погрешность геодезических измерений вертикальных деформационных характеристик, мм
I	2	1
II	5	2
III	10	5
IV	15	10

Для отображения метода координирования был выбран исследуемый объект, расположенный по улице Семьи Шамшиных в городе Новосибирске (рис. 1). Деформационный мониторинг проводился в связи со строительством многоэтажного здания, расположенного в непосредственной близости уже существующих ОКС.



Условные обозначения:

- ▲ - точки полигонометрического хода,
- ◇ - стенные марки,
- ⊗ - деформационные марки,
- ↔ - сторона полигонометрического хода,
- - привязки к стенным маркам,
- - координирования деформационных знаков.

Рис. 1. Схема полигонометрического хода

Для координирования ОКС был выбран метод полигонометрии с использованием традиционных наземных измерительных технологий. Такой метод широко применим, так как средствами измерений выступают электронные высокоточные тахеометры. При применении такого метода необходимо соблюдать следующие требования: прямая оптическая видимость между пунктами и высококвалифицированные исполнители. Работы на контролируемом объекте проходили поэтапно. Первым этапом являлось построение исходной сети (полигонометрический ход) на устойчивом геологическом основании. На втором этапе вычислялись пространственные координаты деформационных марок способом полярных координат (рис. 1).

На схеме полигонометрического хода отображены точки полигонометрического хода (Т1-Т5), стенные марки (t11-t18) и деформационные марки (М4-М15). Точки полигонометрического хода закрепляют на местности металлическими штырями и располагают их вблизи контролируемого объекта на физической поверхности земли. Стенные марки располагают на устойчивом геологическом основании, наклеивают на стенах ОКС в виде светоотражающих пленок, а также выступают исходной основой для определения плановых деформаций в случае уничтожения точек полигонометрического хода. Деформационные марки заложены в несущие стены исследуемого объекта, их перемещения определяют плановые деформации.

Измерительным оборудованием выступают два электронных тахеометра Trimble M3DR (1) и Sokkia SET 630RK (2). Их инструментальная точность для полигонометрического хода составляет:  $m_L = 2\text{ мм}$ ,  $m_\beta = 6''$ . Измерения были выполнены в 3 приема, предельное расхождение горизонтальных углов между приемами  $10''$ . Для выбранной методики координирования ОКС было выбрано два электронных тахеометра для определения реальной точности выполненных геодезических измерений. Средние квадратические ошибки (СКО) измерений были вычислены по формуле 1 и составили:  $m_L = 1,4\text{ мм}$ ,  $m_\beta = 4,2''$ .

$$m_{\beta(L)} = \frac{m_{\beta(L)}}{\sqrt{2}}, \quad (1)$$

где  $m_\beta$  – СКО измерения углов;

$m_L$  – СКО измерения длин линий.

Программным обеспечением для уравнивания результатов измерений полигонометрического хода является «Кредо». В первом цикле наблюдений точка t1 является исходным пунктом, а направления на точки t11-t13 являются исходным дирекционным углом.

## ***Результаты***

Координаты пунктов полигонометрического хода, деформационных знаков и стенных марок, вычисленные по результатам геодезических измерений, представлены в табл. 2.

## Результаты геодезических измерений

№	Электронные тахеометры				Расхождения, м		
	1		2		Δx	Δy	Δ
	X(м)	Y(м)	X(м)	Y(м)			
M10	6,323	226,122	6,320	226,120	0,003	0,002	0,004
M11	5,420	245,753	5,438	245,747	-0,002	0,006	0,006
M13	52,366	258,241	52,366	258,240	0,000	0,001	0,001
M14	53,111	246,655	53,114	246,654	-0,003	0,001	0,003
M15	53,625	228,147	53,621	228,147	0,004	0,000	0,004
M4	106,419	95,444	106,417	95,446	0,002	-0,002	0,003
M5	106,287	107,321	106,290	107,319	-0,003	0,002	0,004
M6	103,987	108,121	103,980	108,122	0,007	-0,001	0,007
T2	208,150	263,413	208,151	263,408	-0,001	0,005	0,005
T3	52,510	250,856	52,516	250,854	-0,006	0,002	0,006
T4	5,744	250,562	5,743	250,560	0,001	0,002	0,002
T5	3,447	201,101	3,450	201,102	-0,003	-0,001	0,003
t11	82,236	265,315	82,228	265,314	0,008	0,001	0,008
t12	222,667	201,312	222,663	201,311	0,004	0,001	0,004
t13	225,232	294,401	225,230	294,401	0,002	0,000	0,002
t14	83,952	291,674	83,952	291,670	0,000	0,004	0,004
t15	28,360	291,255	28,365	291,254	-0,005	0,001	0,005
t16	-34,888	247,742	-34,888	247,736	0,000	0,006	0,006
t17	-35,201	214,104	-35,198	214,105	0,003	-0,001	0,003
t18	229,032	257,698	229,032	257,702	0,000	-0,004	0,004

С использованием формулы Гаусса для проведения дальнейшего анализа были получены следующие результаты, приведенные в табл. 2:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta^2}{n}, \quad (2)$$

где  $\Delta$  – расхождение между координатами деформационных марок, вычисленными из наблюдений разными тахеометрами;

$n$  – количество выбранных элементов.

Таким образом, по формуле (2) была вычислена точность определения координат ственных и деформационных марок которая составила следующее значение  $m=0,001$  м.

При анализе перемещений деформационных марок важно становить значимость перемещений: является оно действительно перемещением, обусловленной плановой деформацией инженерного сооружения или это результат действия случайных ошибок геодезических измерений в двух смежных циклах наблюдений. Для решения этой научно-технической задачи используется следующая формула:

$$D \geq t \cdot m_D = 2 \cdot \Delta = 2 \cdot 0,004 \text{ мм} = 0,008 \text{ мм}, \quad (3)$$

где  $t$  – статистический коэффициент, зависящий от доверительной вероятности оценивания вычисленного перемещения (если  $\beta=95\%$ ,  $t=2$ );

$m_D$  – СКО определения перемещения деформационной марки;

$D$  – плановое перемещение деформационной марки, которое вычислено на основании двух циклов геодезических измерений.

Из этого следует, что у контролируемого объекта будет обнаружена деформация в плане только тогда, когда она превысит 8 мм. В ходе математической обработки геодезических измерений в программном комплексе «Кредо» были получены результаты оценки точности определения координат в полигонометрическом ходе (табл. 3).

Таблица 3

Оценка точности определения координат в полигонометрическом ходе

Пункт	$m_x$ , (м)	$m_y$ , (м)	$m$ , (м)
t11	0,002	0,009	0,009
t12	0,009	0,002	0,009
t13	0,003	0,009	0,010
t14	0,008	0,007	0,011
t15	0,005	0,006	0,009
t16	0,006	0,004	0,008
t17	0,009	0,001	0,009
t18	0,005	0,006	0,008
T2	0,001	0,005	0,005
T3	0,005	0,005	0,007
T4	0,005	0,005	0,008
T5	0,005	0,001	0,005

Следовательно, результаты оценки точности, полученные по программе «Кредо» получаются завышенными примерно на 50%.

### Заключение

В результате выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

- нормативно-правовая база в области координирования объектов капитального строительства для целей деформационного мониторинга является не совершенной, поскольку многие технические аспекты по методике выполнения геодезических измерений не получили достаточного отражения в инструкциях и методических указаниях;

- наиболее оптимальным способом определения плановых деформаций инженерных сооружений в условиях плотной градостроительной застройки и интенсивного движения транспорта, и механизмов, является способ построения полигонометрического хода;

- при построении полигонометрического хода независимое измерение его элементов двумя электронными тахеометрами обеспечивает надежный контроль фактической точности получаемых результатов;

- оценку точности координат определяемых деформационных марок целесообразно выполнять на основании формулы Гаусса, поскольку оценка результатов с использованием программы «Кредо» обеспечивает завышенные результаты примерно на 50%;

- при возникновении необходимости повышения точности определения плановых деформаций инженерных сооружений требуется применение электронных тахеометров с более высокими СКО измерения горизонтальных и вертикальных углов, а так же длин линий.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аврунев Е. И. Геодезическое обеспечение государственного кадастра недвижимости : метод. указания. – Новосибирск. : СГГА, 2010. – 143 с.

2. Карпик А. П. Основные принципы формирования геодезического информационного пространства // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. 1. – С. 73–78.

3. Аврунев Е. И., Чернов А. В., Дубровский А. В., Комиссаров А. В., Пасечник Е. Ю. Технологические аспекты построения 3D-модели инженерных сооружений в городах арктического региона РФ // Известия Томского политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329, № 7. – С.131–137.

4. Карпик А. П. Анализ состояния и проблемы геоинформационного обеспечения территорий // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4. – С. 3–7.

5. Карпик А. П., Варламов А. А., Аврунев Е. И. Совершенствование методики контроля качества спутникового позиционирования при создании геоинформационного пространства территориального образования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – №4/с (ВАК). – С. 185–188.

6. Аврунев Е. И., Гиниятов И. А. Основы земельного кадастра и мониторинга земель. Проектирование системы наземных наблюдений при мониторинге земель: метод. указания. – Новосибирск. : СГГА, 2002. – 21 с.

7. Аврунев Е. И., Гиниятов И. А., Труханов А.Э Современные проблемы землеустройства и кадастров : метод. указания. – Новосибирск : СГГА, 2014, – 24 с.

8. Чернов А. В. Исследование вариантов построения 3D-модели объектов недвижимости для целей кадастра // Вестник СГУГиТ. – 2018 – Т. 23 (3). – С. 192–210.

9. Предложения по составлению деформационного паспорта объекта недвижимости [Электронный ресурс]. URL: <http://nir.sgugit.ru/wp-content/uploads/2020/11/Avrunev-Bakulina-PREDLOZHENIYA-PO-SOSTAVLENIYU-DEFORMATSIONNOGO-PASPORTA.pdf> (дата обращения: 03.05.2021)

10. Федеральный закон "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" от 30.12.2009 N 384-ФЗ (последняя редакция)

11. ГОСТ 24846-2012 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. – М. : Стандартинформ, 2019.

© А. А. Бакулина, Е. И. Аврунев, 2021