

*А. С. Горилько<sup>2\*</sup>, Н. М. Рябова<sup>1</sup>, А. М. Астапов<sup>1</sup>, Т. Д. Денисович<sup>2</sup>*

## **Исследование стабильности положения пунктов обоснования при их закреплении на разных горизонтах инженерных сооружений**

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,  
Российская Федерация

<sup>2</sup>Новосибирский техникум геодезии и картографии Сибирского государственного  
университета геосистем и технологий, г. Новосибирск,

Российская Федерация  
\* e-mail: cahek28@mail.ru

**Аннотация.** Строительство зданий и сооружений различного назначения сопряжено целым комплексом инженерно-геодезических работ, при которых нередко применяется метод обратной линейно-угловой засечки. Данный способ определения координат хорошо себя зарекомендовал в виду повсеместного внедрения электронных тахеометров в геодезическое производство, так как исключается ошибка центрирования. Однако существуют иные источники ошибок определения координат искомым пунктов, среди которых большее влияние могут иметь ошибки исходных данных. Эти ошибки в частности могут возникать если исходные пункты расположены на достаточно большой высоте. В статье приводятся результаты исследований, при которых определяется подвижность исходных пунктов, закрепленных на стенах высотного здания. Предполагается, что из-за действия солнечной радиации и ветра, высотное здание подвержено качаниям (подвижности). Это в свою очередь может привести к ошибкам результатов геодезических измерений, если пункты закреплены на поверхностях качающегося высотного здания.

**Ключевые слова:** тахеометр, визирная цель, высотное здание, обратная линейно-угловая засечка, ошибки исходных данных, отклонения результатов измерений

*A. S. Gorilko<sup>2\*</sup>, N. M. Ryabova<sup>1</sup>, A. M. Astapov<sup>1</sup>, T. D. Denisovich<sup>2</sup>*

## **Investigation of the stability of the position of grounding points when they are fixed at different horizons of engineering structures**

<sup>1</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: cahek28@mail.ru

<sup>2</sup>Novosibirsk College of Geodesy and Cartography of the Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk,  
Russian Federation

**Abstract.** Construction of buildings and structures for various purposes involves a whole complex of engineering and geodetic works, which often uses the method of inverse linear-angular notching. This method of determining coordinates has proven itself well in view of the widespread introduction of electronic total stations in geodetic production, since centering error is excluded. However, there are other sources of errors in determining the coordinates of the desired points, among which errors in the source data may have a greater impact. In particular, these errors can occur if the starting points are located at a relatively high altitude. This article presents the results of studies that determine the mobility of the starting point fixed on the walls of a high-rise building. It is assumed that due to the action of solar radiation and wind, a high-rise building is subject to swings (mobility). This, in turn,

can lead to errors in the results of geodetic measurements if the points are fixed on the surfaces of a swinging high-rise building.

**Keywords:** total station, sighting target, high-rise building, reverse linear-angular serif, error in initial data, deviations of measurement results.

### *Введение*

При выполнении инженерно-геодезических работ на промышленных площадках все чаще применяется метод обратной линейно-угловой засечки [1, 4, 5]. Исходные пункты для выполнения такой засечки могут быть закреплены следующими способами:

- на уровне земной поверхности с последующим использованием отражателя со штангой, либо на штативе;
- светоотражающими марками, закрепленными на световых опорах;
- светоотражающими марками, закрепленными на соседних зданиях [5].

В стесненных условиях промышленной площадки наиболее широко используется последний вариант закрепления. При этом закрепление может выполняться на разной высоте [5].

Для целей строительства пункты геодезической разбивочной основы должны быть определены с СКО не хуже, чем 2,5 – 3,0 мм [2, 6, 7]. В противном случае производство разбивочных работ, а затем, при необходимости, и ведения деформационного мониторинга не будет соответствовать требованиям по определению фактического положения конструктивных элементов зданий.

В условиях промплощадки на величину СКО определения координат выносимых точек значительное влияние оказывают ошибки исходных данных. Появление ошибок исходных данных часто вызывается нарушением их планового положения, вызванных:

- деформацией (в основном, их наклоном) отдельных строительных конструкций [3];
- механическим смещением, возникающим при монтаже строительных конструкций;
- ветряные нагрузки;
- солнечным нагревом здания, особенно в летний период времени.

Последний фактор особенно имеет место при возведении высотных зданий. Это обусловлено тем, что при решении обратной линейно-угловой или полярной засечки (с целью передачи координат на монтажные горизонты) пункты разбивочной сети, как уже указывалось ранее, приходится устанавливать на соседних зданиях на разной высоте [4]. При дальнейшем использовании этих пунктов важным фактором является пространственная стабильность их положения во времени. Нарушение этой стабильности приведет к появлению в результатах измерений ошибок исходных данных.

## Методы и материалы

Рассмотрим влияние солнечного нагрева высотного здания на характер и величину изменения положения пунктов разбивочной сети.

Исследования выполнялись в июне месяце при малооблачной погоде, слабым ветре и перепаде температур от 17 – 18°C в 6<sup>h</sup>00<sup>m</sup> до 26 – 28°C в полуденное время и 22 – 24°C в 21<sup>h</sup>00<sup>m</sup>. Для проведения эксперимента было выбрано 25-этажное жилое здание с одним подъездом, на самой высокой части которого были выбраны визирные цели (рис. 1). После этого на расстояниях, превышающих 200 м, в двух взаимно перпендикулярных плоскостях на жестком основании устанавливались тахеометры. Один из тахеометров был установлен по направлению север-юг, а другой по направлению запад-восток. Для исключения влияния на тахеометры солнечной радиации применялся геодезический зонт.

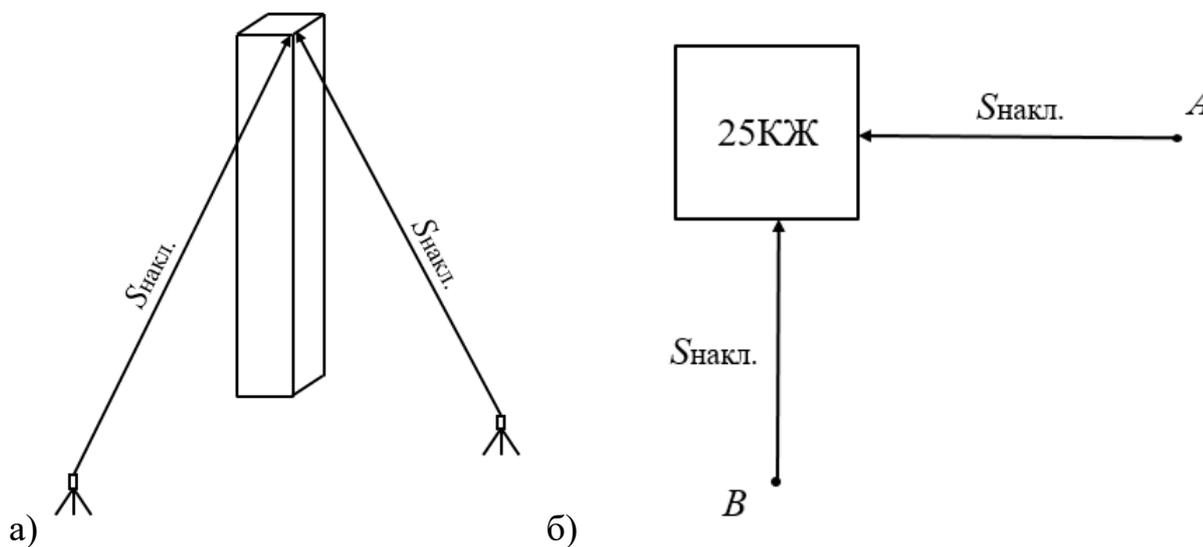


Рис. 1. Схема выполнения измерений

После этого зрительные трубы тахеометров наводились на хорошо видимые визирные цели и, начиная с 6<sup>h</sup>00<sup>m</sup>, с интервалом 60 минут в течение трех дней производились измерения расстояний в безотражательном режиме. Расстояния измерялись три раза с последующим нахождением среднего значения. Такие измерения проводились до 21<sup>h</sup>00<sup>m</sup>.

За эталонное значение в каждый день измерений принимался средний результат измерений, выполненных в 6<sup>h</sup>00<sup>m</sup>.

Отклонения каждых последующих измерений, начиная с 7<sup>h</sup>00<sup>m</sup> и до 21<sup>h</sup>00<sup>m</sup> определялись как разность текущего результата измерений и результата, полученного в 6<sup>h</sup>00<sup>m</sup>, то есть

$$i_n^{h_{00}^m} - i_6^{h_{00}^m} = \Delta_i \quad (1)$$

где  $i_n^{h00^m}$  – средний результат измерений, выполняемых раз в 60 минут;

$i_6^{h00^m}$  – средний результат измерений, полученный в 6<sup>h00</sup><sup>m</sup>;

$\Delta_i$  – отклонение каждого последующего измерения (величина разности с первым средним результатом измерений, выполненных в 6<sup>h00</sup><sup>m</sup>).

Вычисленные отклонения результатов измерений после 6<sup>h00</sup><sup>m</sup> и 21<sup>h00</sup><sup>m</sup> представлены в табл. 1.

Таблица 1

Вычисленные отклонения результатов измерений

Время выполнения измерений	Направление горизонта	Разность результатов измерений, относительного первых измерений в 6 <sup>h00</sup> <sup>m</sup> , мм		
		24.06.2023	26.06.2023	27.06.2023
6:00	север-юг	0	0	0
	запад-восток	0	0	0
7:00	север-юг	0	2	2
	запад-восток	-1	2	2
8:00	север-юг	4	5	6
	запад-восток	2	5	7
9:00	север-юг	7	9	12
	запад-восток	2	7	11
10:00	север-юг	14	15	18
	запад-восток	3	10	12
11:00	север-юг	23	20	23
	запад-восток	4	11	15
12:00	север-юг	30	26	30
	запад-восток	5	15	17
13:00	север-юг	37	31	36
	запад-восток	6	18	20
14:00	север-юг	46	39	41
	запад-восток	7	18	19
15:00	север-юг	41	50	47
	запад-восток	7	20	15
16:00	север-юг	31	40	44
	запад-восток	5	21	14
17:00	север-юг	28	38	39
	запад-восток	4	19	13
18:00	север-юг	27	35	36
	запад-восток	4	16	11
19:00	север-юг	23	32	33
	запад-восток	3	13	7
20:00	север-юг	19	28	30
	запад-восток	4	10	7
21:00	север-юг	18	22	24
	запад-восток	4	8	5

Выполнив обзор данных табл. 1, видим хаотичный характер изменения величины отклонений в каждый час измерений, что говорит о явной подвижности

высотного здания из-за внешних факторов, одним из которых является солнечный нагрев. Графики изменения величин отклонений (по дням) представлены на рис. 2-4.

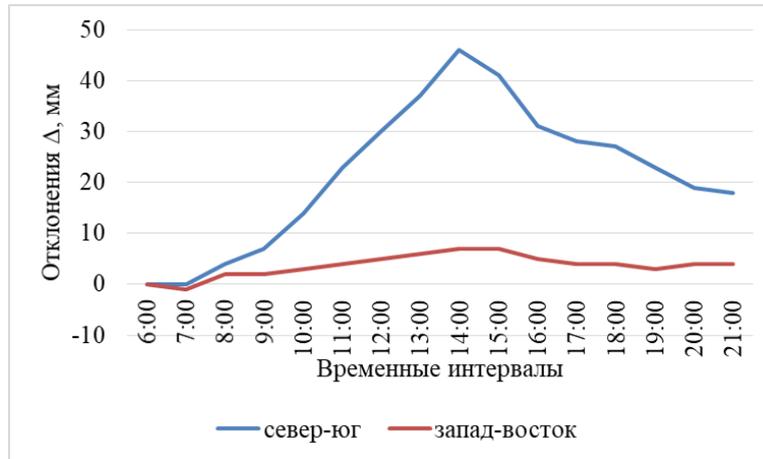


Рис. 2. График изменения величины отклонений (24.06.2023)

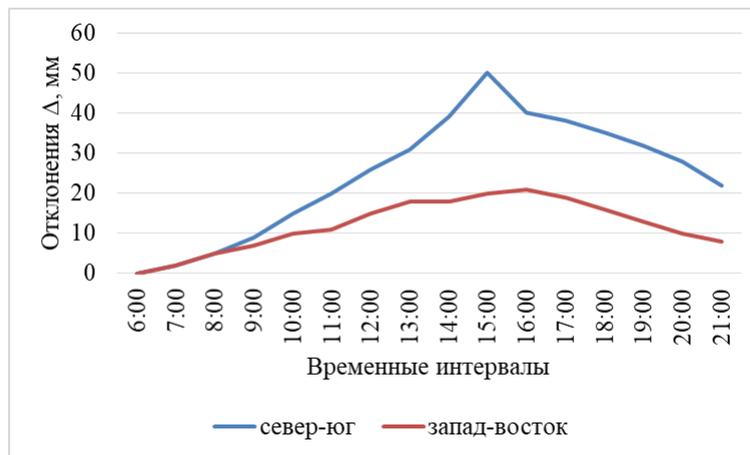


Рис. 3. График изменения величины отклонений (26.06.2023)

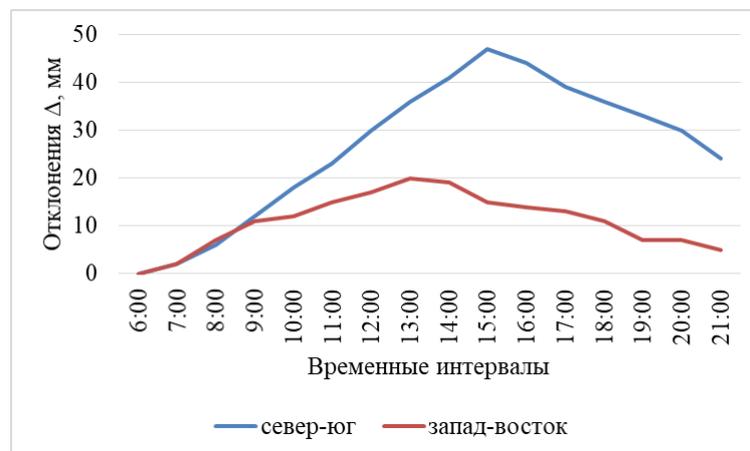


Рис. 4. График изменения величины отклонений (27.06.2023)

Как видно в табл. 1 и на графиках, представленных выше, визирные цели, расположенные на самой верхушке 25-этажного здания изменяют свое положение от 0,0 мм до 50,0 мм.

Рассчитаем примерную величину отклонения высотного здания от вертикальности на 1 этаж в самом худшем случае, когда отклонение из результатов выполненного эксперимента составляет 50,0 мм.

$$50,0 \text{ мм} / 25 \text{ этажей} = 2,0 \text{ мм}$$

При отклонении верха высотного здания на 50,0 мм, путем аналитического интерполирования получим, что при размещении пунктов обоснования на высоте 2 этажа, отклонение составит 4,0 мм, что уже является не приемлемым для целого ряда инженерно-геодезических работ на строительных площадках. Для формулирования рекомендаций по размещению пунктов обоснования на разных горизонтах составим таблицу величин отклонений от вертикальности на первые этажи высотного здания в разное время суток.

*Таблица 2*  
*Вычисленные отклонения от вертикальности в разное время*

Временной промежуток дня	Максимальная Величина $\Delta_i$ , мм	Величины $\Delta_i$ примерных отклонений на уровне каждого рассматриваемого этажа, мм				
		1 этаж	2 этаж	3 этаж	4 этаж	5 этаж
6 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> – 11 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	23,0 мм	0,92	1,84	2,76	3,68	4,60
12 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> – 17 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	50,0 мм	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00
18 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> – 21 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	36,0 мм	1,44	2,88	4,32	5,76	7,20

Важно отметить, что геодезические работы на строительных площадках могут выполняться при условии СКО взаимного положения пунктов обоснования не более 2,5 – 3,0 мм. Анализируя данные в табл. 2, сформулируем вывод, что пункты обоснования можно размещать:

- в утреннее время не выше 3 этажа (величина  $\Delta_i$  составляет 2,76 мм);
- в дневное время не выше первого этажа (величина  $\Delta_i$  составляет 2,00 мм);
- в вечернее время не выше 2 этажа (величина  $\Delta_i$  составляет 2,88 мм).

Следует учесть, что в утренний период с 6<sup>h</sup>00<sup>m</sup> до 7<sup>h</sup>00<sup>m</sup> величина отклонения верха здания от вертикальности не превышает 2,0 мм, что позволяет размещать пункты обоснования на максимальной высоте исследуемого объекта.

### *Заключение*

В ходе выполненных экспериментальных исследований установлено, что на высотных зданиях необходимо закреплять исходные пункты в виде отражательных призм или пленочных марок не выше 1 – 3 этажа, в зависимости от времени суток. В этом случае влияние ошибок исходных данных, обусловленное нестабильностью их положения, будет минимальным.

Пункты обоснования можно размещать на максимальной высоте при условии, что линейно-угловые измерения выполняются до  $7^{\text{h}}00^{\text{m}}$ .

В дальнейшем планируется выполнить исследование стабильности вертикального положения здания в пасмурную погоду без солнца, с ветром и без ветра.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Войтенко А. В., Зотов Р. В., Столбов Ю. В. Опыт создания современной геодезической основы и съемочного обоснования для крупномасштабной съемки городской территории // Омский научный вестник. – 2012. – № 2 (114). – С. 227–232.
2. ГОСТ 24846-2019. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений/ Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 28 ноября 2019 г. N 124-П). – М.: Росстандарт, – 2020. – 13 с.
3. Зубов А.В., Зубова Т.В. Особенности точных линейно-угловых измерений электронными тахеометрами // Геопрофи. – 2005. № 4. – С. 50–51.
4. Моисеев А. Г. Технологическая схема передачи координат на монтажные горизонты // 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. 35–38.
5. Никонов А. В., Чешева И. Н., Лифашина Г. В. Исследование влияния стабильности положения геодезической основы на точность обратной линейно-угловой засечки // 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. 63–70.
6. СП 11-104-97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. – М.: ФГУП ЦПП, 2005. – 76 с.
7. СП 126.13330.2017 Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы в строительстве. [Текст]: нормативный документ РФ - Москва. – Введ. 27.01.2017. – Минрегион России, 2012. – 84с.

© А. С. Горилько, Н. М. Рябова, А. М. Астапов, Т. Д. Денисович, 2024