

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВЫСОКОТОЧНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА SOKKIA NET 1200 ПРИ СЪЕМКЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Д.Ю. Каткова

STUDY ON THE APPLICATION OF HIGHLY PRECISE ELECTRONIC TACHEOMETER SOKKIA NET 1200 WITH THE SURVEY OF SPATIAL CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND FACILITIES

D. Y. Katkova

Представлены результаты исследования точностных характеристик электронного тахеометра Sokkia NET 1200 при горизонтальных и вертикальных смещениях.

Ключевые слова: электронный тахеометр, точностные характеристики, средняя квадратическая погрешность.

The results of research of the accuracy characteristics of the electronic tacheometer Sokkia NET 1200 with the horizontal and vertical displacements are given.

Keywords: electronic tacheometer, accuracy characteristics, root-sum square uncertainty.

Сегодня электронные тахеометры широко применяются в строительстве, архитектуре, инженерно-геодезических изысканиях, наблюдениях за деформациями, землеустроительных и кадастровых работах. Тем не менее не проводились специальные исследования высокоточных приборов при производстве высокоточных геодезических работ.

Целью работы является исследование точностных характеристик электронного тахеометра Sokkia NET 1200 при производстве высокоточных геодезических работ, а именно исследование точности при измерении горизонтальных и вертикальных смещений зданий и сооружений.

Исследования проводились путем проведения экспериментальных работ, моделирования процессов деформаций и аналитических расчетов, оценки точности измеренных величин и их функций. Измерения проводились в режиме измерений углов и расстояний.

Исследование точностных характеристик при горизонтальных смещениях

Измерение осадок оснований и сооружений проводится с точностью 1; 2; 5 и 10 мм в зависимости от грунтов, расчетных величин осадок, уникальности и времени эксплуатации зданий и сооружений. Применению тригонометрического нивелирования в контроле за осадками способствует появление безотражательных тахеометров с погрешностями $m_z = 1...3''$, $m_s = 1...4$ мм и меньше [1].

Для того чтобы определить точность тахеометра при измерении горизонтальных смещений, смоделируем ситуацию:

1) задаем интервал $l_0 = 10$ мм. В качестве модели используем нивелирную рейку с ценой деления 10 мм;

2) проводим измерение l с помощью электронного тахеометра Sokkia NET 1200. Измеряем горизонтальный угол β , расстояние до рейки S и горизонтальное проложение D . Далее по формуле (1) вычислим l (рис. 1). Измерения проводим на расстояниях 10, 20, 30 и 40 м, так как дальность безотражательных измерений электронным тахеометром NET 1200 составляет 40 м [2];

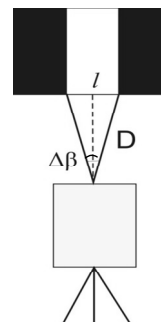


Рис. 1. Схема измерений горизонтальных смещений

3) сравниваем $l_{\text{измер}}$ с l_0 ;

4) проводим оценку точности по формуле Гаусса (2);

5) для проверки точности измерений на этих же расстояниях воспользуемся режимом измерений на пленочный отражатель. Размер пленочного отражателя составляет 20×20 мм.

$$l = D \frac{\Delta\beta}{\rho}, \quad (1)$$

где l – искомое расстояние, мм; D – горизонтальное проложение, мм; $\Delta\beta$ – измеренный угол, ″; $\rho = 206\,265$ ″.

Определение величины среднего квадратического отклонения (СКО) вычисляется по формуле

$$m_l = \sqrt{\frac{\sum(l_i - l_0)^2}{n}}, \quad (2)$$

где l_i – измеренное значение, мм; l_0 – эталонное значение, мм (для горизонтальных смещений $l_0 = 10$ мм, для вертикальных смещений $l_0 = 5$ мм); n – количество измерений.

Полученные значения средней квадратической погрешности (СКП) на разных расстояниях отражены в табл. 1.

По результатам исследования, выполненным на модели горизонтальных смещений, был получен график зависимости СКП определения смещения от расстояния (рис. 2).

На графике видно, что, работая в безотражательном режиме, электронный тахеометр NET 1200 обеспечивает довольно высокую точность определения смещения l , ее величина составляет от 0,54 до 1,13 мм. Измерения, выполненные с такой точностью, могут быть использованы для измерения смещений в соответствии с ГОСТ 24846–86 «Грунты. Методы измерений деформаций оснований и сооружений» [3].

Как видно из рис. 2, точность измерений в безотражательном режиме и на пленочный отражатель различаются несущественно, на десятки доли миллиметра, это может быть вызвано мощностью отраженного сигнала (от пленки сигнал отражается сильнее). Сравнивая два графика безотражательных измерений и измерений на пленку, мы видим, что на расстояниях до 30 метров точность находится в пределах 1 мм, при удалении от прибора она снижается, но несущественно и достигает 1,13 мм. Как видно, точность у пленочного отражателя ниже, чем в безотражательном режиме. По нашему мнению, это происходит из-за геометрии и диаметра дальномерного луча. Так как пленка клеилась на край рейки, луч мог скользить за края пленки, отражаться от других поверхностей и искажать результаты. Также влияет и мощность отраженного сигнала. Луч отражался как от пленки с большей мощностью, так и от самой поверхности без отражателя уже с меньшей мощностью. В итоге сигнал получался интегрированным, что значительно снижало точность. Это явление позволяет сказать и о геометрии луча. Дальномерный луч, по нашему мнению, вытянут по горизонтальной оси.

Исследование точностных характеристик при вертикальных смещениях

Определение вертикальных смещений проводится аналогично горизонтальным, для этого также модулируется ситуация, только рейка расположена вертикально (рис. 3):

Таблица 1
СКП измерений горизонтальных смещений в зависимости от расстояния, мм

D , м	Режим измерений	
	Безотражательный	На пленочный отражатель
0–10	0,539	0,275
11–20	0,768	0,825
21–30	0,632	1,089
31–40	1,132	1,043
41–50	–	1,032

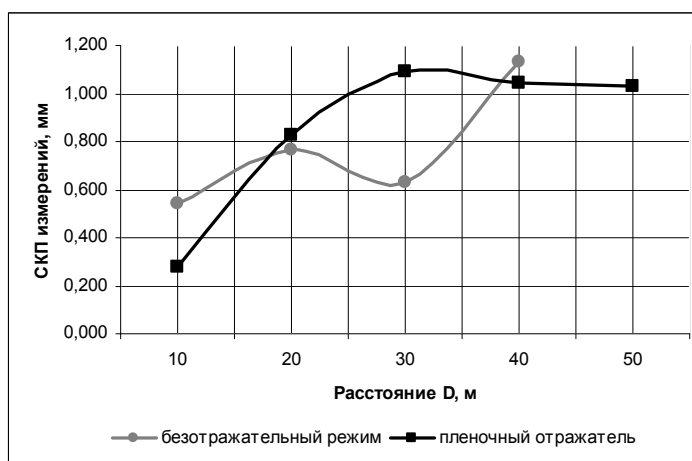


Рис. 2. СКП измерений горизонтальных смещений в зависимости от расстояния в безотражательном режиме и на пленочный отражатель

Экспертиза и оценка объектов недвижимости

1) задаем интервал $l_0 = 5$ мм. В качестве модели используем рейку для электронного нивелира с уровнем с ценой деления 5 мм;

2) проводим измерение l с помощью электронного тахеометра Sokkia NET 1200. Измеряем вертикальный угол z , расстояние до рейки S и горизонтальное проложение D . Далее по формуле (3) вычислим l ;

3) сравниваем $l_{\text{измер}} с l_0 ;$

4) проводим оценку точности по формуле Гаусса (2);

5) воспользуемся режимом измерений на пленочный отражатель для проверки точности измерений на этих же расстояниях.

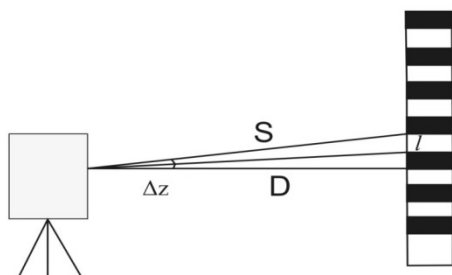


Рис. 3. Схема измерений вертикальных смещений

Определение величины вертикального смещения определяется по формуле

$$l = D \frac{\Delta z}{\rho}, \quad (3)$$

где l – искомое расстояние, мм; D – горизонтальное проложение, мм; Δz – измеренный угол, ″; $\rho = 206\,265$ ″.

Определение величины СКО вычисляется по формуле (2).

Полученные значения СКП на разных расстояниях отражены в табл. 2.

По результатам исследования, выполненным на модели вертикальных смещений был получен график зависимости СКП определения смещений от расстояния (рис. 4).

Из графика видно, что точность измерений достаточно высока и находится в пределах от 0,40 до 0,97 мм и с увеличением расстояния постепенно снижается. С ростом расстояния дальномерный сигнал доходит до прибора все меньше и поэтому погрешности измерений вертикальных смещений незначительно растут и на расстоянии 50 м составляют 0,97 мм.

Сравнивая два режима, видно, что точность измерения вертикальных смещений на пленочный отражатель несколько выше, чем в безотражательном режиме.

Выводы

Тахеометр обеспечивает высокую точность в безотражательном режиме. При измерении горизонтальных смещений СКП измерений на расстояниях от 10 до 40 м составляет от 0,54 до 1,13 мм. А в режиме измерений на пленочный отражатель точность получилась ниже. По нашему мнению, причиной тому является следующее: так как плен-

Таблица 2
СКП измерений вертикальных смещений в зависимости от расстояния, мм

D, м	Режим измерений	
	Безотражательный	На пленочный отражатель
0–10	0,547	0,403
11–20	0,852	0,531
21–30	0,664	0,686
31–40	0,888	0,876
41–50	–	0,968

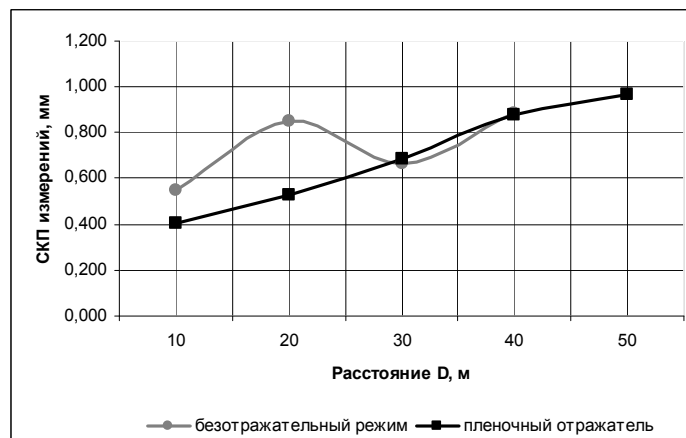


Рис. 4. СКП измерений вертикальных смещений в зависимости от расстояния в безотражательном режиме и на пленочный отражатель

ка клеится на край рейки, сигнал может проходить дальше нее и отражаться от других поверхностей, что приводит к некоторой потере точности аналогично случаям, рассматриваемым в [4].

Сравнивая измерения в двух режимах – безотражательном и на пленку, было выявлено: точность в безотражательном режиме оказалась выше на расстояниях от 20 до 40 м. Это могло быть вызвано мощностью отраженного сигнала. Для достижения высокой точности при определениях горизонтальных смещений, следует выполнять измерения в безотражательном режиме на расстояниях до 30 м.

При измерении вертикальных смещений в безотражательном режиме погрешности плавно возрастают от 0,55 до 0,89 мм на расстояниях от 10 до 40 м. А в режиме с пленкой измерения получаются точнее: погрешности составляют 0,40 мм на расстоянии 10 м и 0,97 мм – на расстоянии 50 м.

На пленочный отражатель лучше проводить измерения вертикальных смещений, так как точность там значительно выше, чем горизонтальных. Из этого следует, что точность измерения вертикальных и горизонтальных углов у этого тахеометра различна, у вертикальных углов она выше 1". Для сравнения, у электронных тахеометров Sokkia SET230RK и SET330RK точность измерения углов в безотражательном режиме равна 2" и 3" соответственно.

В целом высокоточный электронный тахеометр Sokkia NET 1200 показал очень хорошую точность, более чем достаточную для измерения смещений и деформаций зданий, сооружений, оснований, в то время как для тахеометров Sokkia SET230RK и SET330RK были получены худшие данные, приведенные в статье [4]. Следовательно, прибор можно использовать при монтаже высокоточного оборудования, металлических конструкций, зданий и помещений с большими пролетами, где требуется высокая точность согласно СНиП 3.01.03–84 «Геодезические работы в строительстве» [5].

Литература

1. Ворошилов, А.П. *Спутниковые системы и электронные тахеометры в обеспечении строительных работ* / А.П. Ворошилов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 163 с.
2. *Sokkia NET 1200 3 D Station. Руководство по эксплуатации* / Sokkia CO., LTD. – Япония, Sokkia CO., LTD, 2008. – 182 с.
3. ГОСТ 24846–86. *Грунты. Методы измерения деформаций оснований и сооружений*. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 26 с.
4. Ворошилов, А.П. *Повышение точности линейных измерений электронными тахеометрами на коротких расстояниях* / А.П. Ворошилов, Д.Ю. Каткова, Е.П. Хохлова // *Строительство и образование: сб. науч. тр.* – 2010. – № 13. – С. 5–7.
5. СНиП 3.01.03–84. *Геодезические работы в строительстве*. – М.: Госстрой СССР, 1985. – 28 с.

Поступила в редакцию 6 сентября 2010 г.