

И.А. Кузнецова¹, М.Р. Гильязов²

^{1,2} Международная образовательная корпорация (кампус КазГАСА),
г. Алматы, Республика Казахстан

**ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ, УГЛА И ОТРАЖАЮЩЕЙ
ПОВЕРХНОСТИ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ
БЕЗОТРАЖАТЕЛЬНЫМ ТАХЕОМЕТРОМ**

Аннотация. В данной статье выполняется исследование влияния расстояния, угла и отражающей поверхности на точность измерений безотражательным тахеометром фирмы Leica модели TS09plus. Были получены графики влияния расстояния, отражающей поверхности и угла на среднеквадратическую ошибку.

Ключевые слова: тахеометр, расстояние, угол.

В данное время тахеометры с безотражательным режимом применяются во всех геодезических работах: топографии, мониторинге сооружений, строительной геодезии и других работах. Использование тахеометров с безотражательным режимом упрощает и облегчает работу геодезистов, теперь нет необходимости искать способы для установки отражателей на поверхность или контура, подвергать риску жизни человека при их установке. Эта функция в тахеометре дает возможность получать как плановые, так и высотные данные. Принцип работы заключается в том, что пучок лазера, идущий от прибора, отражается от поверхности и возвращается в прибор. При мониторинге деформаций сооружений необходимо выполнять измерения не только на вертикальные поверхности объектов наблюдений, но и на наклонные. Объекты наблюдений бывают построены из различных материалов, окрашены в разные цвета.

Для исследования применялся тахеометр Leica TS09plus: с техническими характеристиками измерений 2мм+2ppm, с диапазоном измерений горизонтального и вертикального углов 5", дальность без отражательного режима 500 м.

На основании лабораторных исследований точности измерения расстояний тахеометром в безотражательном режиме, среднеквадратическая ошибка дается в соответствии с техническими характеристиками прибора, при расстоянии $S < 20$ метров [1], поэтому начало отчета было выбрано равным 20 м.

Первое исследование заключалось в проверке влияния цвета покрытия и расстояния на точность полученных результатов. Для этого на ровной поверхности на расстояниях 20, 40, 60, 80, 100 метров устанавливался штатив с марками, окрашенными в белый, красный, желтый, синий и черный цвета. Высота марок была равна высоте прибора, что обеспечивало постоянство угла наклона визирования трубы тахеометра равным нулю. На каждую марку, окрашенную в определенный цвет, было выполнено по десять измерений. Был произведен расчет среднеквадратической ошибки (СКО) по данным измерениям для пяти установок штатива с марками. СКО рассчитывалась по формуле Гаусса:

$$m = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_n^2}{n}}, \quad (1)$$

где Δ – разница между полученными расстояниями и фактическим расстоянием, n – количество измерений одной величины.

Результаты вычисления представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета среднеквадратической ошибки измерений расстояний

Расстояния	Разница между полученным и фактическим расстояниями	Белая марка	Красная марка	Желтая марка	Синяя марка	Черная марка
	СКО					
20	Δ	0,016	0,025	0,025	0,049	0,09
	m	0,040	0,050	0,050	0,070	0,09
40	Δ	0,22	0,34	0,35	0,60	0,60
	m	0,15	0,18	0,19	0,24	0,25
60	Δ	2,40	3,26	3,36	6,19	6,55
	m	0,49	0,57	0,58	0,79	0,81
80	Δ	4,06	6,53	7,26	8,90	17,08
	m	0,64	0,81	0,85	0,94	1,31
100	Δ	8,72	14,04	13,15	17,37	24,32
	m	0,93	1,18	1,15	1,32	1,56

На основе вычисленных СКО была построена диаграмма, представленная на рисунке 1.

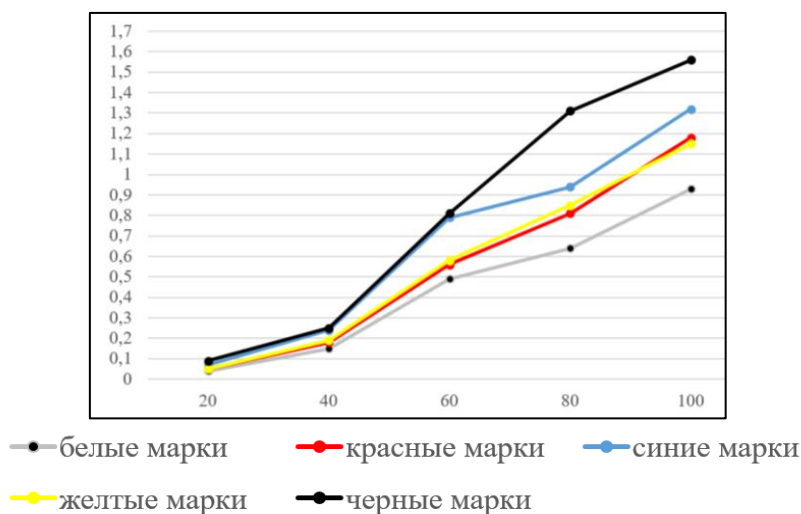


Рис. 1 – Диаграмма результатов, полученных СКО в зависимости от цвета и расстояния

По оси абсцисс показаны расстояния установки марок через 20 метров, а по оси ординат среднеквадратические ошибки измерений в соответствии с выбранным цветом марок.

Анализ диаграммы показал, что темные цвета имеют слабую отражающую способность, чем белые, что дает увеличение ошибки измерений. В результате исследований самая идеальная поверхность из использованных цветов является белая.

Для исследования угла наклона на отражающие поверхности существующих колонн были закреплены марки одинакового цвета. Электронный тахеометр устанавливался стационарно на выбранном месте. Координаты марок были определены с максимально удобных мест установки тахеометра, чтобы лазерный луч был максимально перпендикулярен снимаемой поверхности и не проходил под острым углом относительно поверхности [2]. При этом высота прибора не учитывалась при вычислении координат. Согласно ГОСТ 24846-2012 «Грунты» [3] была принята точность триангуляции III класса, в соответствии с которой горизонтальное перемещение составляет 10 мм. Полученные данные измерений были приняты за исходные [4].

На рисунке 2а, показано размещение марок на колонне, которые располагались в трех позициях – сверху, посередине и внизу колонны. На рисунке 2б показана схема измерения колонн с одного положения тахеометра.

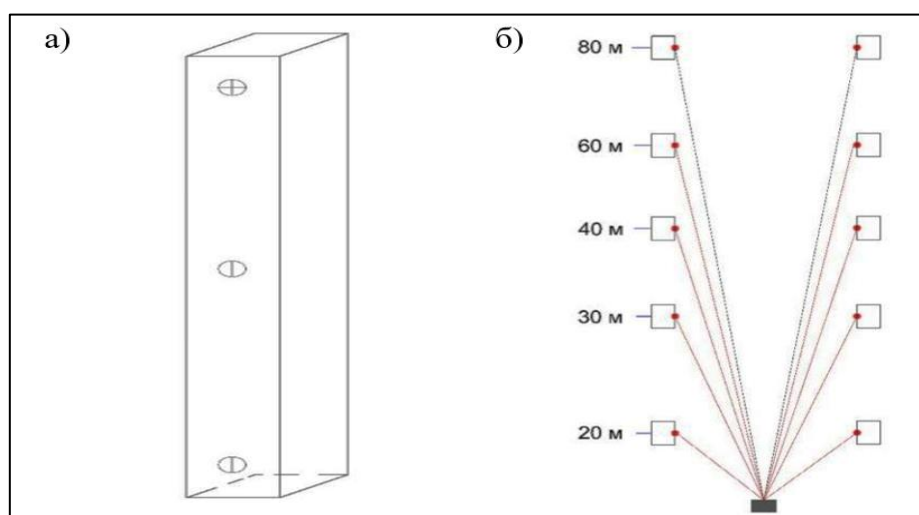


Рис. 2 – Исследование угла наклона:

а) схема расположения марок на колонне; б) схема расположения тахеометра и колонн

На площадке колонны были расположены не через одинаковые интервалы, в одних случаях расстояние между колоннами составляло 10 метров, в других случаях колонны располагались через 20 метров. На каждую марку было выполнено по десять измерений. Используя полученные данные, были вычислены СКО определения координат марок, представленные в таблице 2. СКО было рассчитано по формуле Гаусса.

Таблица 2 – Результаты расчета среднеквадратической ошибки измерений при различных наклонах визирной оси тахеометра

Расстояния	Колонна слева (низ, середина, верх)			Колонна справа (низ, середина, верх)		
	20	0,43	0,33	0,41	0,35	0,41
30	1,04	1,01	1,02	1,01	0,99	1,03
40	1,91	1,85	1,88	1,83	1,80	1,87
60	15,42	11,58	21,15	16,47	15,11	18,12
80	29,64	21,74	27,56	25,10	22,08	38,20

Проанализировав данные таблицы, было установлено, что измерения, полученные при отстоянии тахеометра от снимаемой поверхности, на 60 и 80 метров превышают допуски, установленные для триангуляции III класса. Это связано с наличием «острого угла» между тахеометром и отражающей поверхностью [5].

Выводы

1. Результаты измерений тахеометров Leica TS09plus показали, что можно выполнять точные измерения в безотражательном режиме. При выполнении работ желательно производить измерения от марок, окрашенных в белый цвет.

2. При наблюдениях за деформацией желательно выполнять измерения при отстояниях тахеометра на 40 метров и менее от исследуемого объекта, чтобы исключить большие ошибки измерений.

3. При выполнении измерений желательно, чтобы визирная ось была перпендикулярна снимаемой поверхности.

Литература:

1. Никонов А.В. Исследование точности измерения расстояний электронными тахеометрами в безотражательном режиме // Вестник СГУГиТ. – Новосибирск, 2015. – С. 2-11.
2. Маконкова Н.С., Адигамов Р.Ш., Нечаева Е.А. Геодезические измерения при обследовании зданий и сооружений // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2014. – № 3. – С. 17-21.
3. ГОСТ 24846-2012. Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений [Электронный ресурс]: Межгос. стандарт. – Введ. 01.07.2013. – М.: Стандартинформ, 2014.
4. Шеховцов Г.А., Шеховцова Р.П. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений: монография. – Нижний Новгород, 2009. – 155 с.
5. Назаров И.А. Исследование влияния угла падения лазерного луча и отражающих свойств поверхности на точность измерения расстояний безотражательным электронным тахеометром // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. – 2011. – Вып. 2 (16). – С. 7-10.

References:

1. Nikonov A.V. Investigation of the accuracy of measuring distances by electronic total stations in reflectorless mode // Vestnik SGUGiT. – Novosibirsk, 2015. – Pp. 2-11.
2. Makonkova N.S., Adigamov R. Sh., Nechaeva E.A. Geodetic measurements in the inspection of buildings and structures // Bulletin of the Cherepovets State University. – 2014. – No. 3. – Pp. 17-21.
3. GOST 24846-2012. Soils. Methods for measuring deformations of the foundations of buildings and structures [Electronic resource]: Interstate. standard. – Introduction. 01.07.2013. – M.: Standartinform, 2014.
4. Shekhovtsov G.A., Shekhovtsova R.P. Modern geodetic methods for determining deformations of engineering structures: Monograph. – Nizhny Novgorod, 2009. – 155 p.
5. Nazarov I.A. Investigation of the influence of the angle of incidence of the laser beam and the reflecting properties of the surface on the accuracy of measuring distances with a non-reflective electronic total station // Internet Bulletin of VolgGASU. Ser.: Polythematic. Issue. – 2011. – 2 (16). – Pp. 7-10.

И.А. Кузнецова¹, М.Р. Гильязов²

^{1,2} Халықаралық білім беру корпорациясы (ҚазБСҚА кампусы),
Алматы қ., Қазақстан Республикасы

ТОҚТАУСЫЗ ТАХЕОМЕТРМЕН ҚАШЫҚТЫҚТЫҢ, БҰРЫШТЫҢ ЖӘНЕ ШАҒЫЛЫСУДЫҢ ӘСЕРІНЕ ӨЛШЕУ ДӘЛДІГІ

Аңдатпа. Бұл мақалада *Leica* фирмасының *TS09plus* моделінің тоқтаусыз тахеометрімен қашықтықтың, бұрыштың және шағылысатын беттің өлшеу дәлдігіне әсерін зерттеу жүргізіледі. Беттің және бұрыштың орта квадраттық қатеге әсер ету графиктері алынды.

Түйін сөздер: тахеометр, қашықтық, бұрыш.

I.A. Kuznetsova¹, M.R. Gilyazov²

^{1,2} International Educational Corporation (KAZGAS Campus),
Almaty, Republic of Kazakhstan

INFLUENCE OF DISTANCE, ANGLE AND REFLECTING SURFACE ON THE ACCURACY OF MEASUREMENT WITH A REFLECTIVE TOTAL STATION

Abstract. *This article investigates the influence of a distance, an angle and reflective surface on the accuracy of the measurements that were done with a Leica non-reflective total station, model TS09plus. There were obtained graphs of the effect of the distance, reflective surface and an angle on the mean squared error.*

Keywords: *total station, distance, angle.*