

УДК 528

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ

ENSURING THE ACCURACY ELECTRONIC TOTAL STATION

Кононец Марина Юрьевна
студент,
Кубанский государственный
технологический университет
kononets.marina@mail.ru

Kononets Marina Yurevna
Student,
Kuban state technological university
kononets.marina@mail.ru

Аннотация. Статья знакомит с обеспечением точности электронных тахеометров. Также проанализированы современные средства и методы электронной тахеометрии. Даёт возможность определить эффективность электронного тахеометра по различным критериям.

Annotation. The article introduces the provision of precision electronic tacheometers. Also analyzes the current means and methods of electronic tacheometry. Gives you the opportunity to determine the effectiveness of the electronic instrument according to various criteria.

Ключевые слова: измерение, точность, электронные тахеометры.

Keywords: measurement accuracy, electronic tacheometers.

Электронный тахеометр предоставляет возможность качественной съёмки требуемой местности. При этом возможно получить полную картину исследуемого участка. Измерять можно как горизонтальные, так и вертикальные расстояния. Полученные данные автоматически сохраняются устройством, а также могут передаваться на какой-нибудь удаленный компьютер [1].

Определение средних квадратических ошибок углов наклона и превышений

Экспериментальные определения превышений выполнялись электронным тахеометром Leica TS 06 ($m: = 2''$, $D = 1,5 \text{ MM}$) 9 июня (97 М), 17 июня (120 М), 30 июня (53 М), 31 июля (203 М) и 5 августа (309 М) 2012 г. [2, 3].

Первых три опыта прибор устанавливали на железобетонную плиту, а 30 июля и 6 августа – в естественный грунт. Но изменение положения прибора по высоте не окажет заметного влияния на результаты эксперимента, так как составляет около 0,05 мм и лишь в плохих случаях может достигать значений 0,1–0,2 мм.

Условия погоды во время проведения исследований будут указаны в таблице 1. Поверхность в первом опыте – песок, глина; для всех других опытах – суглинок, неплотно поросший травой. Кроме того, для расстояния 300 м первые 36 м от прибора поверхностью является заболоченный участок поросший мхом [4, 5].

Таблица 1 Условия погоды во время проведения исследований

12	Дата	Солн. Влияние на прибор	Ветер	°С	Облачность	Время опыта	Высота луча, м
1	10.06	В тени градири	Средний (10 м/с)	+29	ясно	16 ³⁰ – 18 ³⁰	≈1,7
2	18.06	На солнце	Слабый (до 5 м/с)	+28	После 13 ⁰⁰ облачно	12 ³⁰ – 14 ²⁰	≈1,5–2
3	29.06	На солнце	Слабый (до 5 м/с)	+24	облачно	09 ²⁰ – 11 ⁰⁰	≈1,6–2,2
4	31.07	На солнце	безветренно	+25	Ясно	10 ⁰⁰ – 11 ³⁰	≈1,5–1,8
5	6.08	На солнце	Средний (10 м/с)	+16	После 12 ⁴⁵ облачно	11 ¹⁰ – 13 ¹⁰	≈1,5–2,3

Программное обеспечение наблюдений электронным тахеометром состоит из измерения зенитных расстояний и наклонных дальностей. При одном положении отражателя выполнялось 15 полных приемов (при КЛ и КП), потом высота отражателя менялась. Значит, было выполнено 5–6 серий измерений по 15 приемов в каждой для расстояний 50, 100, 120, 200 и 300 м [6, 7].

В этом случае рассматривают нивелирование способом «из середины» с равенством плеч, значит введение поправки за кривизну Земли и рефракцию не значимо. Для определения превышения между двумя положениями отражателя используется формула:

$$h = -(D_3 \cos z_3 - D_n \cos z_n) = D_n \cos z_n - D_3 \cos z_3, \quad (1),$$

где D – наклонное расстояние; z – зенитное расстояние; индексы «п», «з» означают переднюю и заднюю цель. В формуле (1) принимается одинаковая высота визирных целей над данными точками [8, 9].

После всех измерений вычисляем превышения между горизонтальной осью вращения трубы тахеометра и осью вращения призмы отражателя по формуле (2):

$$h_{\text{приб}} = D_i \cos z_i, \quad (2),$$

где z – зенитное расстояние, которое получаем как среднее из значений углов при круге лево и круге право; D – наклонно расстояние; i – номер приема [10, 11].

Среднеквадратические ошибки угла наклона m_z и превышения m_h получаем по формуле (3) Бесселя:

$$m = \sqrt{\frac{v^2}{n-1}}, \quad (3),$$

где v – уклонение от среднего арифметического; n – число измерений [12].

Разности превышений, измеренных тахеометром и штангенциркулем

Таблица 2 Разности превышений

№ цели	Δ_{ij} , мм (50 м)	Δ_{ij} , мм (100 м)	Δ_{ij} , мм (120 м)	Δ_{ij} , мм (200 м)	Δ_{ij} , мм (300 м)
1	-0,68	0,09	0,47	1,31	-0,45
2	-0,16	0,19	1,23	-0,91	-0,01
3	-0,22	-0,21	-0,73	-1,67	0,30
4	0,08	0,29	-0,85	0,52	-1,63
5	-0,23			-1,14	-0,22
6					

Каждое превышение в правой части равенства, посчитанное как среднее от 15 приемов показывается средней квадратической ошибкой по формуле (4):

$$m_{h_{\text{прибл}}} = \frac{m_h}{\sqrt{15}}. \quad (4)$$

Значит, ошибка разности $\Delta h_{\text{прибл сред } ij}$ – будет:

$$m_{h_{\text{прибл сред}}} = \pm \sqrt{2m_{h_{\text{прибл}}}}. \quad (5)$$

Ошибку $\Delta h_{штанг}$ – измерения «превышения» штангенциркулем примем равной:

$$m_{h_{штанг}} = \pm \sqrt{2m_{h_{штанг}}} \quad (6)$$

где $m_{h_{штанг}}$ – ошибка данного измерения штангенциркулем. Которую принимают за $m_{h_{штанг}} = 0,1\text{мм}$, удвоенное значение цены деления нониуса. Тогда $m_{h_{штанг}} = 0,14\text{мм}$ [13, 14].

Посчитаем среднюю квадратическую ошибку разности:

$$m_{\Delta ij} = \sqrt{m_{\Delta h_{прибл\ сред}}^2 + m_{\Delta h_{штанг}}^2} \quad (7)$$

Литература:

1. Астахова И.А. Геодезия : учебно-методическое пособие. – Майкоп : Федеральное агентство по образованию, ГОУ ВПО Майкопский государственный технологический университет, 2009.
2. Шевченко А.А., Кривцов Я.А. Требования к проведению исследований электронных тахеометров в условиях отсутствия специальной лаборатории : в сборнике: Европейские научные исследования / сборник статей Международной научно-практической конференции; под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. – 2016. – С. 200–203.
3. Грибкова И.С., Логинова П.А., Андриянова З.С., Чеботова А.А., Саид А.Н., Раздора Д.А. Геодезические приборы и технологии при строительстве автомобильных дорог // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2016. – № 2. – С. 128–132.
4. Грибкова Л.А., Максимова М.В., Морозов А.А. Методы определения угломерных погрешностей электронных тахеометров // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 6. – С. 187–195.
5. Пастухов М.А., Вербицкий М.В., Пастухова О.И., Гура А.Ю. Методологические проблемы инженерного обустройства территории населённых пунктов // Научные труды КубГТУ. – 2017. – № 2. – С. 67–77.
6. Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura A.Y. Development research methodology elastic deformation total station // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – Vol. 11, Issue 13. – P. 2885–2888.
7. Гура Т.А., Бобух Д.Н. Сравнительная характеристика электронных тахеометров Sokkia, Nikon и Topcon : в сборнике: International innovation research / сборник статей победителей V Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2016. – С. 170–175.
8. Гура Т.А., Ремизов И.И. Полевое программное обеспечение для обработки данных измерений при осадках зданий и сооружений. Исследований электронных тахеометров : в сборнике: International innovation research / сборник статей победителей V Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2016. – С. 187–190.
9. Гура Т.А., Мокрицкий А.А. Особенности работы в координатах и с использованием линейно-угловой засечки при определении осадок сооружений : в сборнике: Европейские научные исследования / сборник статей Международной научно-практической конференции; под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. – 2016. – С. 195–199.
10. Гура Д.А. Разработка методов исследования электронных тахеометров в условиях производства для оценки и повышения точности измерения горизонтальных углов : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.32 Геодезия. – М. : Московский государственный университет геодезии и картографии, 2016. – 24 с.
11. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А., Шевченко Г.Г. Об исследованиях угломерных погрешностей электронных тахеометров : Монография. – Краснодар, 2016. – 143 с.
12. Пастухов М.А., Денисенко В.В., Гура Д.А., Шевченко Г.Г. Определение погрешности геодезических приборов за неправильность формы цапф и боковое гнутие зрительной трубы // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 11. – С. 155–171.
13. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А., Шевченко Г.Г. Исследования влияния внецентренности алидады электронных тахеометров // Геодезия и аэрофотосъемка : Известия высших учебных заведений. – 2015. – № 6. – С. 18–23.

14. Желтко Ч.Н., Пастухов М.А., Гура Д.А., Шевченко Г.Г. Оценка погрешности измерения горизонтальных углов при геодезическом сопровождении высотного строительства : в сборнике: Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия / Научные чтения памяти профессора В.Б. Федосенко. – 2015. – С. 389–394.

References:

1. Astakhova I.A. Geodesy : educational and methodical manual. – Maykop : Federal agency by training, Public Educational Institution of Higher Professional Training Maykopsky state technological university, 2009.
2. Shevchenko A.A., Krivtsov Ya.A. Requirements to carrying out researches of electronic tacheometers in the conditions of absence of special laboratory : in the collection: European scientific research / collection of articles of the International scientific and practical conference; under the general edition of G.Yu. Gulyaev. – 2016. – P. 200–203.
3. Gribkova I.S., Loginova P.A., Andriyanova Z.S., Chebotova A.A., Said A.N., Razdora D.A. Geodesic instruments and technologies in case of construction of highways // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2016. – No. 2. – P. 128–132.
4. Gribkova L.A., Maximova M.V., Morozov A.A. Methods of determination of goniometric errors of electronic tacheometers // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 6. – P. 187–195.
5. Pastukhov M.A., Verbitsky M.V., Pastukhova O.I., Gura A.Yu. Methodological problems of engineering arrangement of the territory of settlements // Scientific works of KubGTU. – 2017. – No. 2. – P. 67–77.
6. Gura D.A., Shevchenko G.G., Gura A.Y. Development research methodology elastic deformation total station // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – Vol. 11, Issue 13. – P. 2885–2888.
7. Gura T.A., Bobukh D.N. Comparative characteristic of electronic tacheometers of Sokkia, Nikon and Topcon : in the collection: International innovation research / collection of articles of winners of the V International scientific and practical conference. – Penza, 2016. – P. 170–175.
8. Gura T.A., Remizov I.I. The field software for data handling of measurements in case of precipitates of buildings and constructions. Researches of electronic tacheometers : in the collection: International innovation research / collection of articles of winners of the V International scientific and practical conference. – Penza, 2016. – P. 187–190.
9. Gura T.A., Mokritsky A.A. Features of operation in coordinates and with use of a linear and angular cut in case of determination of settlements of constructions : in the collection: European scientific research / collection of articles of the International scientific and practical conference; under the general edition of G.Yu. Gulyaev. – 2016. – P. 195–199.
10. Gura D.A. Development of methods of a research of electronic tacheometers in conditions of production for assessment and increase in measuring accuracy of horizontal angles : the abstract of the thesis for a degree of Candidate of Technical Sciences in 25.00.32 Geodesy. – M. : Moscow State University of geodesy and cartography, 2016. – 24 p.
11. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A., Shevchenko G.G. About researches of goniometric errors of electronic tacheometers : Monograph. – Krasnodar, 2016. – 143 p.
12. Pastukhov M.A., Denisenko V.V., Gura D.A., Shevchenko G.G. Definition of an error of geodetic devices for abnormality of a form of pins and side bending of the telescope // Scientific works of the Kuban state technological university. – 2016. – No. 11. – P. 155–171.
13. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A., Shevchenko G.G. Researches of influence of the extra prices-trennosti of an alidade of electronic tacheometers // Geodesy and aerial photography : News of higher educational institutions. – 2015. – No. 6. – P. 18–23.
14. Zheltko Ch.N., Pastuhov M.A., Gura D.A., Shevchenko G.G. Grade of an error of measurement of horizontal corners at geodetic maintenance of high-rise construction: in the collection: Regional aspects of development of science and education in the field of architecture, constructions, land management and inventories at the beginning of the III millennium / Scientific readings memory of professor V.B. Fedosenko. – 2015. – P. 389–394.