

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОМЕРНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

Л. А. ГРИБКОВА¹, М. В. МАКСИМОВА², А. А. МОРОЗОВ¹

¹Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: *larisa.gri2012@mail.ru, alexander_frost_real@mail.ru*

²Московский государственный университет геодезии и картографии,
105064, Российская Федерация, г. Москва, Гороховский переулок, 4;
электронная почта: *maksimova@miigaik.ru*

Инженерно-геодезические исследования являются одним из важнейших этапов любого строительства. Современные приборы позволяют производить максимально точные расчеты. Тем не менее, наличие в них погрешностей является практически неизбежным. Именно поэтому при работе с тахеометром важно применение определенных методов, позволяющих минимизировать, или же вовсе устранить существующие погрешности. Выделяют три основных метода: поверка геодезического прибора, построение математической модели, построение искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: геодезия, оборудование, строительство, электронные тахеометры, угломерные погрешности.

Проведение инженерно-геодезических исследований является одним из важнейших этапов любого строительства. В настоящее время существует множество современных приборов, которые позволяют облегчить производство необходимых при строительстве вычислений, а также сделать их максимально точными, что, в свою очередь позволяет гарантировать безопасность и прочность возводимой конструкции (геодезическое GPS-оборудование, электронные тахеометры, электронные (цифровые) теодолиты, электронные (цифровые) нивелиры, лазерные сканеры). В данной статье будут рассмотрены электронные тахеометры [1].

Электронный тахеометр объединяет теодолит, светодальномер и микроЭВМ, позволяет выполнять угловые и линейные измерения и осуществлять совместную обработку результатов этих измерений [5].



Рисунок 1 - Электронный тахеометр



Рисунок2 - Роботизированный тахеометр

В настоящее время наиболее широкое распространение получили электронные тахеометры зарубежных фирм Sokkia (рис. 1), Topcon (рис. 2), Leica, Trimble. Они имеют встроенное программное обеспечение для производства практически всего спектра геодезических работ: развитие геодезических сетей; съемка и вынос в натуру; решение задач координатной геометрии (прямая и обратная геодезическая задача, расчет площадей, вычисление засечек). Угловая точность у таких приборов может быть от 1" до 5" в зависимости от класса точности. Тем не менее, наличие определенных угломерных погрешностей все же неизбежно [2-4]. Применяемые в геодезии тахеометры имеют оптические системы, позволившие добиться сверх малых погрешностей. При замере расстояний лучшие модели показывают результаты до 0,6 мм + 1 мм на каждый дополнительный км. А при измерении углов точность тахеометров уже достигла ($0^{\circ}00'00,5''$), то есть всего пол угловой секунды.

Согласно государственному стандарту Российской Федерации, в зависимости от максимальной допускаемой средней квадратической погрешности измерения горизонтального угла одним приемом и максимальной допускаемой средней квадратической погрешности измерения расстояния одним приемом тахеометры должны изготавливаться следующих типов:

- Та2 и Та5 – тахеометры точные,
- Та20 – тахеометры технические.

Таблица 1 – Технические характеристики электронных тахеометров.

Наименование параметра -	Значение для типа		
	Та2	Та5	Та20
1 Допускаемая средняя квадратическая погрешность измерения угла одним приемом, не более:			
горизонтального	2"	5"	20"
вертикального	3"	5"	20"
2 Диапазон измерений углов:	0° – 360°		
горизонтальных	От -45° до +45		
вертикальных	2		
3 Наименьшее расстояние визирования, м, не более			
4 Допускаемая средняя квадратическая погрешность измерения расстояния одним приемом (по формуле (1)), мм, не более	$2 + 1 \cdot 10^{-6} D$	$5 + 3 \cdot 10^{-6} D$	$10 + 5 \cdot 10^{-6} D$
5 Верхний предел измерений расстояния, км, не менее ⁻⁶⁾ :			
с комплектом призм	2	5	
с одной призмой	1	1	3
6 Нижний предел измерений расстояния, м, не более		2	1
7 Потребляемая мощность, Вт, не более	8	5	4
8 Масса, кг, не более:			
тахеометра	8	6,5	5,5
футляра	6,4	5,2	4,4

¹⁾ При метеорологической дальности видимости не мене 20 км.

Допускаемую среднюю квадратическую погрешность измерения расстояния одним приемом m_D , мм, определяют по формуле

$$m_D = a + b 10^{-6} D,$$

где a – параметр, характеризующий составляющие средней квадратической погрешности измерения, не зависящие от расстояния, мм;

b – параметр, характеризующий составляющие средней квадратической погрешности измерения, зависящие от расстояния;

D – измеряемое расстояние, мм.

Стоит подчеркнуть, что наличие данных угломерных погрешностей не влияет на прочность и качество построения зданий и сооружений, но это в очередной раз показывает, что работа с тахеометром требует повышенной внимательности и профессионализма, так как ошибки, совершаемые по вине человека могут привести к нежелательным последствиям: наличию грубых ошибок в произведенных вычислениях и, как результат, ненадежности конструкции [10, 13, 14].

Прежде всего, для определения и предотвращения возможных угломерных погрешностей, следует произвести учет систематической погрешности [6, 7] по результатам поверки геодезического прибора, а именно:

- Проверка устойчивости штатива и подставки.
- Проверка юстировки уровней и оптического центрира.
- Проверка наклона сетки нитей зрительной трубы.
- Проверка юстировки сетки нитей зрительной трубы.
- Поверка 2С и место нуля (поверки рекомендуется проводить после длительного транспортирования, до и после продолжительных периодов работы и при изменении температуры более чем на 10° С).
- Поверка значения частотной поправки дальномера.
- Поверка поправки дальномера.
- Проверка масштабной частоты дальномера.

В качестве еще одного пути определения возможных угломерных погрешностей можно рассматривать построение математической модели. Под математическим моделированием в данном случае понимается процесс установления соответствия реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью, и исследование этой модели, позволяющее получать характеристики рассматриваемого реального объекта. Основными требованиями, предъявляемыми к математической модели

являются: адекватность, универсальность, экономичность и точность. Соответствие математической модели данным требованием обеспечит точность производимых расчетов, а также выявить наличие в них различных угломерных погрешностей [12, 15].

Искусственные нейронные сети могут успешно справляться с задачами, направленными на повышение точности измерений, а также определения существующих погрешностей. Под искусственной нейронной сетью понимается «математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Это понятие возникло при изучении процессов, протекающих в мозге, и при попытке смоделировать эти процессы. Каждый процессор подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам. Такие локально простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи» [16].

Таким образом, произведенное исследование показывает, что определение угломерных погрешностей электронных тахометров является актуальным в процессе производства расчетов при построении зданий и сооружений. Наличие погрешностей может быть обусловлено не только неправильной работой самого прибора, но также и множеством различных факторов [8, 9,11]. Именно поэтому важно наличие у специалиста глубоких знаний, которые помогут выявить и устранить существующие ошибки, что позволит повысить качество работы, а также точность производимых вычислений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алкачев Т.Э., Шишов Н.А., Пастухов М.А. История и пути развития электронных геодезических приборов / Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар: Издательский Дом – Юг. – 2013. – № 3. – С. 37-39.

2. Гура Д. А., Аветисян Г.Г., Желтко Ч.Н. Исследования упругих деформаций электронных тахеометров / Геодезия и картография. – 2011. – № 5. – С. 10–12.

3. Гура Д. А., Аветисян Г.Г., Желтко Ч.Н. Об исследованиях угломерных ошибок горизонтального круга электронных тахеометров разложением в ряды Фурье / Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 4. – С. 3–6

4. Гура Д. А., Аветисян Г.Г., Желтко С.Ч. Об исследованиях угломерных ошибок электронных тахеометров. – Геодезия и картография, 2011. – № 4. – С. 16 – 18.

5. Гура Д.А. Методика обработки результатов исследования горизонтального круга электронных тахеометров Leica TS06 power // В сборнике: Науки о Земле на современном этапе 2012. – С. 109–112.

6. Гура Д.А. Разработка методики исследования погрешностей измерения горизонтальных углов электронными тахеометрами // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. 2015. – № 8. – С. 89–91.

7. Гура Д.А. Результаты исследования угломерных ошибок электронных тахеометров // Материалы V Междунар. науч. конф. Т.2. Естественные и технические науки. – Ставрополь.: СевКавГТУ. – 2011. –162 с.

8. 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.

9. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А., Шевченко Г.Г. Исследования влияния внецентричности алидады электронных тахеометров // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2015. № 6. С. 18-23.

10. Гура Д.А., Шевченко Г.Г. Современные измерительные технологии на кафедре кадастра и геоинженерии в КубГТУ «Геопрофи». – №6. – 2012. – С 23–24.

11. Гура Д.А. Результаты исследований по выявлению упругих деформаций электронных тахеометров // Материалы V Междунар. науч.-практ. конф. (22 марта 2011 г.): сб. науч. тр. – М.: Изд-во «Спутник+». – 2011. – 613 с.

12. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Пастухов М.А., Шевченко Г.Г. История проблемы исследования погрешностей измерений углоизмерительных приборов // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 5. – С. 43–45

13. Инженерная геодезия . Учебник для студентов вузов / [Клюшин Е. Б. и др.]; под ред. Д. Ш. Михелева. Москва, 2006. Сер. Высшее профессиональное образование. Геодезия (6-е изд., стер.).

14. Серебрякова Л.И., Козлова Л.Ю. Измерительные технологии в геодезии и вопросы оценки точности // Геодезия и картография. – 2002. – № 12. – С. 5–10.

15. Желтко Ч.Н., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Бердзенишвили С.Г. Экспериментальные исследования погрешностей измерений горизонтальных углов электронными тахеометрами // Метрология. – 2014. – № 2. – С. 17–20.

16. Шокин Я.В., Андропова И.Д. Применение методики анализа неценовых факторов потребительского поведения на примере рынка общественных благ. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://bookmate.com/books/T8exLUJhttp://www.regec.ru/articles/2015/vol3/3.pdf> (дата обращения: 17.05.2016).

REFERENCES

1. Alkachev T.E., Shishov N.A., Pastukhov M.A. Istoriya i puti razvitiya elektronnykh geodezicheskikh priborov / Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (politekhnicheskii vestnik). – Krasnodar: Izdatelskii Dom – Yug. – 2013. – № 3. – S. 37-39.

2. Gura D. A. Avetisyan G.G., Zheltko Ch.N. Issledovaniya uprugikh deformatsiy elektronnykh takheometrov / Geodeziya i kartografiya. – 2011. – N 5. – S. 10–12.

3. Gura D. A. Avetisyan G.G., Zheltko Ch.N. Ob issledovaniyakh uglomernykh oshibok gorizontalnogo kruga elektronnykh takheometrov razlozheniem v ryady Fure / Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotosemka. – 2011. – N 4. – S. 3–6

4. Gura D. A., Avetisyan G.G., Zheltko S.Ch. Ob issledovaniyakh uglomernykh oshibok elektronnykh takheometrov. – Geodeziya i kartografiya, 2011. – № 4. – S. 16 – 18.

5. Gura D.A. Metodika obrabotki rezultatov issledovaniya gorizontalnogo kruga elektronnykh takheometrov Leica TS06 power // V sbornike: Nauki o Zemle na sovremennom etape 2012. – S. 109–112.

6. Gura D.A. Razrabotka metodiki issledovaniya pogreshnostey izmereniya gorizontalnykh uglov elektronnyimi takheometrami // Prilozhenie k zhurnaluzvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotosemka. Sbornik statey po itogam nauchno-tehnicheskoy konferentsii. 2015. – № 8. – S. 89–91.

7. Gura D.A. Rezultaty issledovaniya uglomernykh oshibok elektronnykh takheometrov // Materialy V Mezhdunar. nauch. konf. T.2. Estestvennyye i tekhnicheskiye nauki. – Stavropol.: SevKavGTU. – 2011. – 162 s.

8. Zheltko Ch.N., Pastukhov M.A., Gura D.A., Shevchenko G.G. Otsenka pogreshnosti izmereniya gorizontalnykh uglov pri geodezicheskom soprovozhdenii vysotnogo stroitelstva // V sbornike: Regionalnyye aspekty razvitiya nauki i obrazovaniya v oblasti arkhitektury, stroitelstva, zemleustroystva i kadastr v nachale III tysyacheletiya. Nauchnyye chteniya pamyati professora V.B. Fedosenko. 2015. S. 389-394.

9. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A., Shevchenko G.G. Issledovaniya vliyaniya vnetsentrennosti alidady elektronnykh takheometrov // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotosemka. 2015. № 6. S. 18-23.

10. Gura D.A., Shevchenko G.G. Sovremennyye izmeritelnyye tekhnologii na kafedre kadastra i geoinzhenerii v KubGTU «Geoprofi». – №6. – 2012. – S 23–24.

11. Gura D.A. Rezultaty issledovaniy po vyyavleniyu uprugikh deformatsiy elektronnykh takheometrov // Materialy V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (22 marta 2011 g.): sb. nauch. tr. – M.: Izd-vo «Sputnik+». – 2011. – 613 s.

12. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Pastukhov M.A., Shevchenko G.G. Istoriya problemy issledovaniya pogreshnostey izmereniy ugloizmeritelnykh priborov // Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotosemka. – 2013. – № 5. – S. 43–45

13. Inzhenernaya geodeziya . Uchebnik dlya studentov vuzov / [Klyushin E. B. i dr.]; pod red. D. Sh. Mikheleva. Moskva, 2006. Ser. Vysshee professionalnoe obrazovanie. Geodeziya (6-e izd., ster.).

14. Serebryakova L.I., Kozlova L.Yu. Izmeritelnyye tekhnologii v geodezii i voprosy otsenki tochnosti // Geodeziya i kartografiya. – 2002. – № 12. – S. 5–10.

15. Zheltko Ch.N., Gura D.A., Shevchenko G.G., Berdzenishvili S.G. Eksperimentalnye issledovaniya pogreshnostey izmereniy gorizontalnykh uglov elektronnyimi takheometrami // Metrologiya. – 2014. – № 2. – S. 17–20.

16. Shokin Ya.V., Andropova I.D. Primenenie metodiki analiza netsenovykh faktorov potrebitelskogo povedeniya na primere rynka obshchestvennykh blag. [Elektronnyy resurs] Rezhim dostupa: <https://bookmate.com/books/T8exLUJhttp://www.regec.ru/articles/2015/vol3/3.pdf> (data obrashcheniya: 17.05.2016).

METHODS OF TOTAL STATION GONIOMETRICAL ERRORS DETERMINATION

L. A. GRIBKOVA¹, M.V. MAKSIMOVA² A. A. MOROZOV¹

¹*Kuban State Technological University,
350072, Russian Federation, Krasnodar, street Moskovskaya, 2;
e-mail: larisa.gri2012@mail.ru, alexander_frost_real@mail.ru*

²*Moscow State University of Geodesy and Cartography,
4, Gorokhovskiy alleyway, Russian Federation, Moscow, 105064,
e-mail: maksimova@miigaik.ru*

Geodesic investigations are among the most important steps in the process of building. Modern equipment allows making accurate calculations. Nevertheless, in many cases, some errors are inevitable. That is why specialists should use certain methods to diminish their number or even exclude all of them. Three methods can be singled out: geodesic equipment check, construction of a mathematical model, construction of neuronal networks.

Key words: geodesy, equipment, building, total stations, goniometrical errors.