

УДК 528.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА АЛИДАДЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

В.С. СТЕГАШЁВА

(Представлено: К.И. Маркович)

Современные тахеометры широко используются в геодезии для высокоточных измерений углов и расстояний. Однако, как и любое измерительное оборудование, они подвержены различным типам погрешностей, которые могут оказывать значительное влияние на результаты измерений. Даже небольшие отклонения в угловых измерениях могут привести к серьёзным ошибкам при строительстве, создании картографических данных или выполнении инженерных работ. В условиях современных проектов, где требования к точности постоянно растут, минимизация погрешностей становится важным фактором.

Электронные тахеометры широко применяются для угловых измерений в геодезии и строительстве. Они позволяют производить точные измерения благодаря встроенным системам. Однако даже в таких современных устройствах могут возникать ошибки, связанные с конструктивными особенностями, такими как эксцентриситет алидады.

Алидада тахеометра должна вращаться строго вокруг вертикальной оси, но из-за несовпадения центра делений лимба с осью вращения прибора появляются отклонения, которые могут влиять на точность измерений. Эти отклонения особенно заметны при изменении ориентации алидады, когда ошибки в отсчётах становятся максимально выраженными. В современных приборах встроенное программное обеспечение может корректировать часть этих ошибок, но влияние эксцентриситета не устраняется полностью.

Эксцентриситет алидады — это несовпадение центра делений лимба с осью вращения алидады (рисунки 1) [1; 2]. Данная погрешность возникает в результате конструктивных особенностей приборов и неточностей в изготовлении их компонентов, таких как шарикоподшипники. Из-за эксцентриситета алидады угловые измерения могут быть искажены, особенно в электронных тахеометрах, где лимб неподвижен и невозможно выполнить необходимые перестановки для устранения погрешностей.

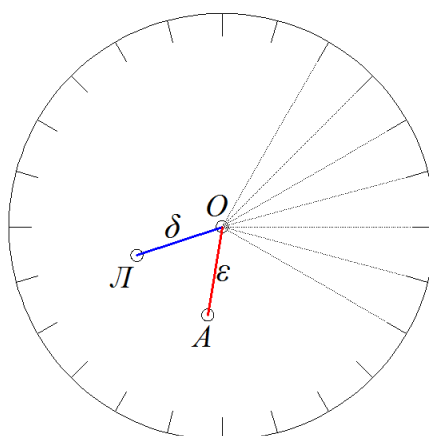


Рисунок 1. – Лимб с центром делений O и осями вращения лимба L и алидады A

Из теории эксцентриситета известно, что эксцентриситет алидады можно определить по колебанию коллимационной ошибки, полученной при различных установках алидады. В электронных тахеометрах с двусторонней системой отсчитывания будет лишь иметь место остаточное влияние эксцентриситета, связанное, с неточностью изготовления шарикоподшипника осевой системы. При работе тахеометром с односторонней системой отсчитывания при одном положении вертикального круга угловой элемент эксцентриситета будет оказывать полное влияние на измеренный угол.

Методика исследования эксцентриситета электронных тахеометров заключалась в определении его по колебанию коллимационной ошибки при различных установках алидады. Зависимость эксцентриситета алидады ε и коллимационной ошибки c представлена в формуле (1) [3]

$$\varepsilon + c = \frac{KL - KP \pm 180^\circ}{2} \quad (1)$$

где KL, KP – отсчеты при двух положениях зрительной трубы.

В качестве исследуемых приборов были выбраны точные и высокоточные электронные тахеометры с односторонней и двусторонней системой отсчитывания. Оба типа приборов были снабжены штрихкодowymi лимбами абсолютного типа. В исследовании участвовали:

Spectra Precision FOCUS 4 5" — точный тахеометр с односторонней системой отсчёта по лимбу [4].

Trimble M3 DR TA 5" и Trimble M3 DR TA 2" — точный тахеометр с двусторонней системой отсчёта по лимбу [5].

Leica TCR 1201 1" — высокоточный тахеометр с двусторонней системой отсчёта по лимбу [6].

Коллимационная ошибка определялась при различных установках алидады (через каждые 30°). Измерения проводились в лабораторных условиях на специально закреплённые на стенах марки. Тахеометры устанавливались на стационарные тумбы с принудительным центрированием (Рисунок 2). По каждому из направлений определение выполнялось шесть раз, после чего результаты осреднялись. Схема измерений представлена на рисунке 3.



Рисунок 2. – Принудительное центрирование тахеометра

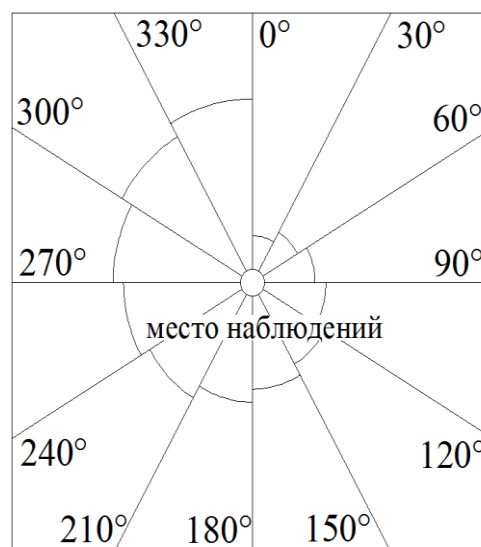


Рисунок 3. – Схема измерений

Ниже в таблице 1 и на рисунке 4 представлены результаты измерений электронным тахеометром Spectra Precision FOCUS 4 5".

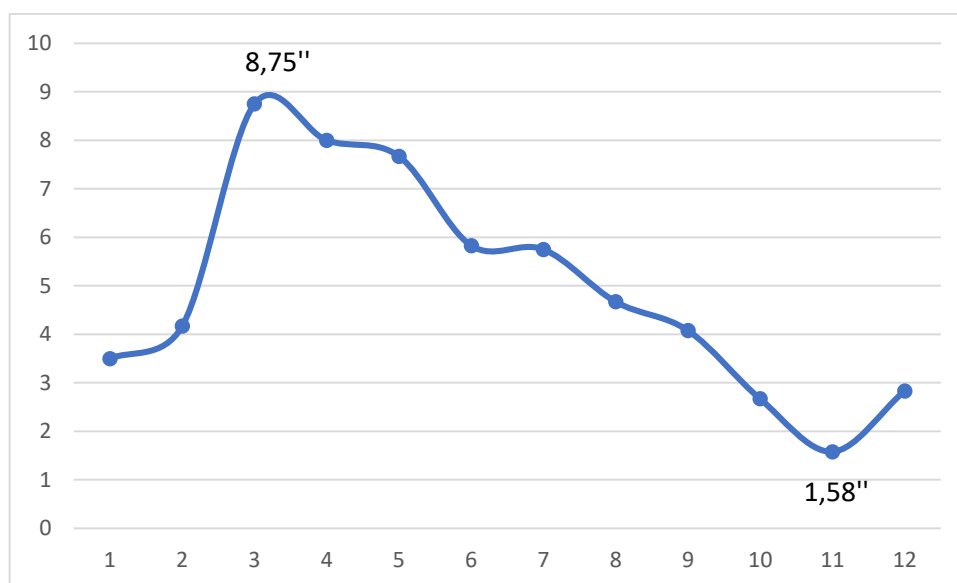


Рисунок 4. – Колебания коллимационной ошибки тахеометра Spectra Precision FOCUS 4 5"

Таблица 1. – Результаты измерений электронным тахеометром Spectra Precision FOCUS 4 5"

Ориентировка алидады	Значение коллимационной ошибки c в приемах, "						Среднее значение c , "
	1 прием	2 прием	3 прием	4 прием	5 прием	6 прием	
0°	1,5	6,0	3,5	2,0	3,0	5,0	3,50
30°	3	7,0	6,0	1,0	5,0	3,0	4,17
60°	12,5	7,5	5,5	11,0	8,5	7,5	8,75
90°	9,5	7,0	9,0	6,0	8,5	8,0	8,0
120°	8,0	8,0	5,0	10,0	6,5	8,5	7,67
150°	9,0	5,0	4,0	5,0	8,0	4,0	5,83
180°	11,0	3,5	3,5	7,0	5,5	4,0	5,75
210°	3,0	5,0	3,0	6,0	7,0	1,0	4,17
240°	6,0	4,0	8,5	1,5	1,0	3,5	4,08
270°	3,0	5,0	2,0	2,0	1,0	4,0	2,83
300°	1,0	3,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,58
330°	3,0	2,0	1,0	2,0	2,0	6,0	2,67

Исследования показали, что максимальные значения эксцентриситета алидады у всех исследуемых тахеометров значительно превышают заявленную производителем точность угловых измерений.

1. Spectra Precision FOCUS 4 5" показал наибольшие значения эксцентриситета алидады. Максимальное колебание коллимационной ошибки составило 7,17", что в полтора раза превышает заявленную точность прибора (5").

2. Trimble M3 DR TA 5" продемонстрировал колебания коллимационной ошибки в пределах 7.6", что также превышает заявленную точность прибора в полтора раза. Этот результат указывает на то, что даже у приборов с двусторонней системой отсчёта по лимбу эксцентриситет может оказывать заметное влияние на угловые измерения.

3. У Trimble M3 DR TA 2" колебания коллимационной ошибки составили 3.9", что вдвое превышает заявленную точность прибора (2"). Несмотря на то, что у этого тахеометра также присутствует двусторонняя система отсчёта, влияние эксцентриситета остаётся значительным.

4. Leica TCR 1201 1", будучи самым точным прибором среди исследуемых, показал минимальные значения эксцентриситета. Максимальное колебание коллимационной ошибки составило 2.8", превышая заявленную точность прибора почти в 3 раза (1").

Результаты исследования эксцентриситета электронных тахеометров с односторонней и двусторонней системой отсчитывания показали следующее:

1. Минимальные значение эксцентриситета наблюдается у самого точного (Leica TCR 1201 1") из представленных выше электронных тахеометров.

2. Максимальное значение эксцентриситета наблюдается у менее точного (Spectra Precision FOCUS 4 5") из представленных выше электронных тахеометров.

3. Анализ величины эксцентриситета электронных тахеометров одной точности (Spectra Precision FOCUS 4 5" и Trimble M3 DR TA 5") показал, что тахеометр с двусторонней системой отсчитывания по лимбу обладает меньшим эксцентриситетом алидады. Данный факт соответствует общей теории эксцентриситета.

4. У всех приборов эксцентриситет превышает заявленную точность измерения угла в два и более раза (несмотря на то, что у электронных тахеометров с двусторонней системой отсчитывания влияние на отсчеты по горизонтальному кругу оказывает лишь остаточный эффект углового элемента эксцентриситета).

5. При работе тахеометрами с односторонней системой отсчитывания по лимбу обязательно измерение углов при двух кругах вертикального круга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотов, П.А. Практикум по основным геодезическим работам / П.А. Болотов [и др.]. – М.: Недра, 1977. – 336 с.
2. Островский, А.П. Геодезическое прибороведение / А.П. Островский [и др.]. – Львов : Вища Школа, 1983. – 208 с.
3. Староверов, С. В. Разработка компактных средств геодезической метрологии для оперативной поверки и исследований нивелиров и тахеометров: дис. ... канд тех. наук : 25.00.32 / Староверов Сергей Вячеславович. – М., 2018. – 108 с.
4. Электронный тахеометр Focus 4. Руководство пользователя. Spectra Precision. – 134 с.
5. Руководство по эксплуатации Trimble M3 DR. Trimble. – 65 с.
6. Руководство по эксплуатации Leica TCR 1201. Leica Geosystems. – 244 с.