

## СТАТЬЯ

УДК 528.5  
DOI 10.17513/use.38529



CC BY 4.0

## СРАВНЕНИЕ ДИАПАЗОНОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ ЮСТИРОВКИ МЕСТА НУЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

Щукин Г. Г. ORCID ID 0009-0007-7647-3305,  
Борисов Л. А. ORCID ID 0009-0000-7316-9673

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет по землеустройству», Москва, Российская Федерация, e-mail: borisovlev378623184@gmail.com*

При выполнении геодезических работ электронными тахеометрами необходимо выполнять юстировку места нуля. Заранее зная диапазоны механической и электронной юстировки места нуля прибора, можно после проведения поверки узнать, необходимо ли отвезти прибор в сервисный центр для проведения юстировки или возможно отъюстировать прибор в полевых условиях. Целью данного исследования является сравнение диапазонов механической и электронной юстировки места нуля различных электронных тахеометров. В работе измерялись диапазоны юстировки места нуля механическим и электронным способом. Механическая юстировка места нуля исследовалась только у тех электронных тахеометров, чьи конструктивные особенности позволяли провести юстировку без вскрытия корпусов приборов. Для получения диапазонов механической юстировки места нуля тахеометров, в работе находилась величина хода сетки нитей в вертикальной плоскости. Для получения диапазонов электронной юстировки места нуля тахеометров, в работе находилась величина максимальной поправки, вводимой тахеометром в измеряемые величины вертикальных углов, после выполнения программы юстировки. По результатам исследования составлена сводная таблица, в которой указаны диапазоны механической и электронной юстировки примененных в исследовании тахеометров.

**Ключевые слова:** тахеометр, поверка, место нуля, сетка нитей, юстировка

## COMPARISON OF RANGES OF MECHANICAL AND ELECTRONIC VERTICAL COLLIMATION ADJUSTMENT OF VARIOUS ELECTRONIC TOTAL STATIONS

Schukin G. G. ORCID ID 0009-0007-7647-3305,  
Borisov L. A. ORCID ID 0009-0000-7316-9673

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "State University of Land Use Planning", Moscow, Russian Federation, e-mail: borisovlev378623184@gmail.com*

When performing geodetic work with electronic total stations, it is necessary to adjust the vertical collimation. Knowing in advance the ranges of mechanical and electronic adjustment of the vertical collimation of the device, it is possible, after verification, to find out whether it is necessary to take the device to a service center for adjustment or possible to adjust the device in the field. The purpose of this study is to compare the ranges of mechanical and electronic vertical collimation adjustment of various electronic total stations. The ranges of vertical collimation adjustment were measured mechanically and electronically. The mechanical adjustment of the vertical collimation was investigated only for those electronic total stations, whose design features allowed for adjustment without opening the instrument cases. To obtain ranges of mechanical adjustment of the vertical collimation of the total stations, the value of the thread grid stroke in the vertical plane was used. To obtain ranges of electronic adjustment of the vertical collimation of the total stations, the maximum correction value introduced by the total station into the measured values of vertical angles after executing the adjustment program was used. Based on the results of the study, a summary table has been compiled, which indicates the ranges of mechanical and electronic alignment of the total stations used in the study.

**Keywords:** total station, calibration, vertical collimation, thread grid, alignment

### Введение

В настоящее время крайне распространенным видом геодезических работ является тригонометрическое нивелирование. Оно более удобно, чем геометрическое нивелирование, поскольку не требует нивелира и комплекта реек. Геометрическое нивелирование используется при различ-

ных видах работ, например при техническом обследовании антенно-мачтовых сооружений [1; 2] или для геодезического мониторинга высотных зданий [3]. Даже на расстоянии до 300 м между визирными целями можно достичь точности III класса геометрического нивелирования при помощи тахеометра, о чем говорится в работе

А. В. Никонова и М. Е. Рахымбердиной [4]. В работе А. В. Никонова и С. А. Бабасова [5] утверждается, что при расстоянии между визирными целями около 100 м превышения в тригонометрическом нивелировании способом «из середины» при смене приема изменяются всего на 0,5 мм, при расстоянии около 200 м – на 2 мм, при расстоянии около 300 м – тоже на 2 мм (но с редкими отклонениями до 3–5 мм). Таким образом, тригонометрическое нивелирование является достаточно точным способом измерения превышений.

Точность определения превышений при помощи тригонометрического нивелирования зависит как от точности определения расстояний, так и от точности угла наклона. При этом при измерении углов до 6° СКО измерений углов может не превышать 30", но при увеличении углов наклона, измеряемых тахеометром в тригонометрическом нивелировании, до 45°, СКО их измерений должно быть на уровне 3–5" [6]. Следовательно, для измерения значительных по величине углов в тригонометрическом нивелировании необходимо измерять их с высокой точностью. Чтобы иметь возможность измерить достаточно точно вертикальный угол, необходимо исключить все существенные ошибки при измерениях. Одной из таких ошибок является место нуля прибора. Несовпадение горизонтальной оси прибора с нулевым штрихом лимба вертикального круга может быть связано со множеством факторов, например с неправильностью формы цапф и боковым гнутьем зрительной трубы [7].

Для проверки места нуля прибора можно воспользоваться специальными установками, рассмотренными в работах В. Д. Беломытцева [8], Н. Х. Голыгина [9] и С. В. Старовойрова [10]. Кроме того, если необходимо исключить влияние коллимационной ошибки на измерение вертикальных углов, можно воспользоваться установкой, рассмотренной в работе С. В. Соловьева [11].

Чтобы отъюстировать место нуля у тахеометра можно воспользоваться программой юстировки, заложенной в нем. Однако различные тахеометры имеют разные диапазоны для юстировки места нуля при помощи этих программ. Если значение места нуля при юстировке превышает допустимое, заложенное в программе, то выполнить юстировку можно при помощи смещения сетки нитей юстировочными винтами. В данной статье указаны максимально допустимые значения поправок к значениям места нуля,

которые можно ввести при помощи программ юстировки различных тахеометров, а также максимально допустимые углы наклона сетки нитей в вертикальной плоскости у этих тахеометров.

### Материалы и методы исследования

Для определения допустимой величины отклонения сетки нитей в вертикальной плоскости производились следующие действия:

1) снимался колпачок с окуляра зрительной трубы;

2) ослаблялись горизонтальные юстировочные винты;

3) сетка нитей доводилась до максимального нижнего положения путем последовательного затягивания нижнего юстировочного винта и ослабления верхнего;

4) При максимальном нижнем положении сетки нитей производилось визирование на хорошо отождествляемую на местности цель, расположенную на расстоянии более 50 м от тахеометра, и брался отчет по вертикальному кругу. Цель выбиралась на значительном расстоянии от тахеометра уменьшения влияния хода фокусирующей линзы на измерения [12]. Однако стоит отметить, что не у всех тахеометров перефокусировка зрительной трубы влияет на измерения. Так, в работе С. П. Алексеева [13] значения места нуля при различных расстояниях от прибора до визирной цели различаются максимально всего на 1,4";

5) сетка нитей доводилась до максимального верхнего положения путем последовательного затягивания верхнего юстировочного винта и ослабления нижнего;

6) при максимальном верхнем положении сетки нитей прибор наводился на ту же хорошо отождествляемую на местности точку и брался отчет по вертикальному кругу;

7) шаги 3–6 повторялись несколько раз;

8) поскольку истинное значение величины хода сетки нитей нам не было известно изначально, средняя квадратическая погрешность полученных измерений вычислялась по формуле Гаусса:

$$m = \sqrt{\frac{[d^2]}{n}}, \quad (1)$$

где  $[d^2]$  – сумма квадратов отклонений величин хода сетки нитей от среднего арифметического значения величины хода сетки нитей,

$n$  – количество измерений величины хода сетки нитей;

9) итоговое значение величины хода сетки нитей получали как среднее арифметическое из всех значений;

10) после выполнения трех-четырех пар измерений положение сетки нитей восстанавливалось юстировкой.

### Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим тахеометр Trimble m3 (5"). Технические характеристики тахеометров этой серии более подробно рассмотрены в статье Т. А. Гура и А. О. Старцевой [14]. В ней утверждается, что тахеометры серии Trimble m3 полностью удовлетворяют требованиям для строительных разбивочных работ. Допустимые значения для каждого из двух измерений при определении места нуля составляют  $\pm 30^{\circ}35'29''$ . Максимальное допустимое значение установленного места нуля у тахеометра при юстировке электронным способом составляет  $2'59''$ . Сетка нитей тахеометра закреплена при помощи четырех юстировочных винтов (рис. 1). Диапазон наклона сетки нитей в вертикальной плоскости у тахеометра Trimble m3 составляет  $0^{\circ}18'37''$  (измерения получены с СКП  $0^{\circ}00'04''$ ).



Рис. 1. Устройство системы крепления сетки нитей у тахеометра Trimble m3  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

В руководстве пользователя тахеометра Trimble m3<sup>1</sup> допустимые значения для каждого из двух измерений при определении места нуля электронным способом составляют  $18^{\circ}$ , но максимально возможное значение места нуля не указано.

Рассмотрим тахеометр EFT TS1 (2"). Тахеометр EFT TS1 не имеет как диапазонов наклона зрительной трубы при юстировке места нуля электронным способом, так и допусков на окончательное значение

<sup>1</sup> ТиГео // Руководство пользователя Trimble M3. 154 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://tigeo.ru/upload/iblock/132/jel7cyma1urilp41jx0gx64mzcsdl8vc/Rukovodstvo-polzovatelya-Trimble-M3.pdf> (дата обращения: 04.04.2026).

места нуля. Значение места нуля возможно обнулить. Значение места нуля, согласно руководству по эксплуатации<sup>2</sup>, не должна превышать  $\pm 10''$ . Сетка нитей тахеометра закреплена при помощи четырех юстировочных винтов (рис. 2). Диапазон ее наклона в вертикальной плоскости составляет  $0^{\circ}16'26''$  (измерения получены с СКП  $0^{\circ}00'55''$ ).



Рис. 2. Устройство системы крепления сетки нитей у тахеометра EFT TS1  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Рассмотрим тахеометр Leica Builder 509 (9"). У тахеометра невозможно открыть колпачок окуляра для доступа к сетке нитей без вскрытия корпуса тахеометра в сервисном центре (рис. 3). В руководстве по эксплуатации<sup>3</sup> отсутствуют предельные значения места нуля для этого тахеометра. Допуски, заложенные программой, на каждое из двух измерений места нуля составляют  $\pm 4^{\circ}30'00''$ . При помощи программы, встроенной в тахеометр, можно найти максимальное значение места нуля, равное  $4^{\circ}29'55''$ , при более высоких ее значениях тахеометр выдаст ошибку. Однако при попытке установить значение в пределах этого допуска в тахеометре (нажать кнопку «Принять»), он не примет это значение, так как реальный допуск для программы юстировки намного ниже. Он составляет  $0^{\circ}05'25''$ . Выше этого значения тахеометр значение места нуля не принимает.

<sup>2</sup> EFT Group // Руководство по эксплуатации Тахеометр EFT TS1. 43 с. [Электронный ресурс]. URL: [https://eftgroup.ru/upload/iblock/220/3x0ybsdye2e9jafg3ew0m3kzmq2mey3/Rukovodstvo\\_po\\_ekspluatatsii\\_Takheometr\\_EFT\\_TS1\\_09.10.25.pdf](https://eftgroup.ru/upload/iblock/220/3x0ybsdye2e9jafg3ew0m3kzmq2mey3/Rukovodstvo_po_ekspluatatsii_Takheometr_EFT_TS1_09.10.25.pdf) (дата обращения: 04.04.2026).

<sup>3</sup> Фирма Г. Ф. К. // Leica Builder Руководство по эксплуатации. 248 с. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.gfk-leica.ru/files/catfiles/tps/Leica\\_Builder\\_UserManual\\_ru.pdf](https://www.gfk-leica.ru/files/catfiles/tps/Leica_Builder_UserManual_ru.pdf) (дата обращения: 04.04.2026).



Рис. 3. Окуляр тахеометра Leica Builder 509  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Рассмотрим тахеометр Leica TS06 (5"). Этот тахеометр также исследовался в работе Д. А. Гура [15, с. 160]. Согласно этой работе, максимальная амплитуда измерения углов у этого тахеометра составляет 1,9'. Поэтому этот тахеометр можно считать достаточно точным. Диапазоны тахеометра на каждое из двух измерений для определения места нуля не превышают  $\pm 4^{\circ}30'00''$ . Допуск на окончательное значение места нуля не может превышать  $\pm 0^{\circ}05'23''$ . В руководстве по эксплуатации<sup>4</sup> расстояние до цели для проведения поверки составляет около 100 м, максимальный вертикальный угол для каждого из двух измерений для проведения поверки составляет  $\pm 5^{\circ}$ . Предельное допустимое значение места нуля в руководстве по эксплуатации<sup>4</sup> не указано. У тахеометра возможно открутить окуляр, но это не даст возможности юстировки сетки нитей. Сетка нитей закреплена тремя винтами (рис. 4).

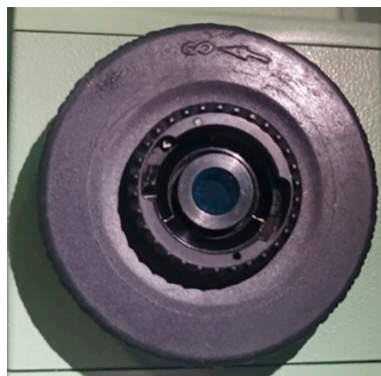


Рис. 4. Устройство сетки нитей прибора Leica TS06  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Это означает, что даже если бы существовала возможность как-либо добраться до сетки нитей тахеометра, то юстировка ме-

ста нуля была бы проблематичной, поскольку юстировка места нуля системы с тремя юстировочными винтами приведет к изменению коллимационной ошибки прибора.

Рассмотрим тахеометр Sokkia SET 530 RK (5"). Прибор Sokkia SET 530 RK имеет допуски только на разность между текущим значением места нуля и новым, установленным при помощи программы юстировки. Эта разность не может превышать  $\pm 0^{\circ}00'59''$ . Максимально допустимое значение места нуля не имеет допуска при электронной юстировке. Допуски на каждую отдельную программу юстировки у Sokkia SET 530 RK можно записать формулой

$$MO_{i-1} - 0^{\circ}00'59'' \leq MO_i \leq MO_{i-1} + 0^{\circ}00'59'' ,$$

где  $MO_i$  – текущее измерение места нуля;  $MO_{i-1}$  – предыдущее измерение места нуля.

Для юстировки коллимационной ошибки и места нуля механическим способом у прибора Sokkia SET 530 RK (рис. 5) существует горизонтальный юстировочный винт (1) и фиксирующая пружина (2).

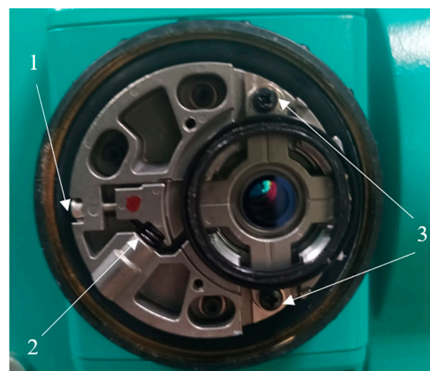


Рис. 5. Устройство сетки нитей прибора Sokkia SET 530 RK:  
1) горизонтальный юстировочный винт;  
2) фиксирующая пружина; 3) винты, закрепляющие конструкцию сетки нитей  
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Юстировочный винт (1) влияет только на горизонтальный ход сетки нитей. Фиксирующая пружина (2) влияет как на ошибку места нуля, так и коллимационную ошибку. Поэтому изменить ошибку места нуля прибора невозможно без изменения коллимационной ошибки. Положение сетки нитей можно изменить при помощи двух винтов, крепящих всю конструкцию сетки нитей (3). Однако в ходе проведения исследования было выявлено, что таким способом сетку нитей можно отклонить не более чем на  $0^{\circ}00'15''$ .

<sup>4</sup> Geooptic.ru // Leica FlexLine TS02/TS06/TS09. Руководство по эксплуатации. 334 с. URL: <https://www.geooptic.ru/static/files/leica-flexline-ts02-ts06-ts09-instrukcia.pdf> (дата обращения: 04.04.2026)..

## Допуски на определение места нуля у различных моделей тахеометров

Модель тахеометра	Величина хода сетки нитей вверх и вниз, ° ' "	Максимальное допустимое значение места нуля при юстировке электронным способом, ° ' "	Максимальный допустимый угол наклона для одного из двух измерений при юстировке электронным способом, ° ' "
Trimble m3	$\pm 0^{\circ}09'18,5''$	$\pm 0^{\circ}02'59''$	$\pm 30^{\circ}35'29''$
EFT TS1	$\pm 0^{\circ}08'13''$	Не имеет допуска	Не имеет допуска
Leica Builder 509	Невозможно получить доступ к винтам сетки нитей без вскрытия корпуса тахеометра	$\pm 0^{\circ}05'25''$	$\pm 4^{\circ}30'00''$
Sokkia SET 530 RK	$\pm 0^{\circ}00'15''$ при помощи винтов, крепящих конструкцию сетки нитей. Желательно проводить юстировку при помощи пружины, подпирающей конструкцию сетки нитей, однако сделать это можно только в сервисном центре	Диапазон для каждого отдельного измерения записан в формуле (2). Однако при помощи итераций значение места нуля можно увеличить до абсолютно любого значения	Не имеет допуска
Leica TS06	Невозможно получить доступ к винтам сетки нитей без вскрытия корпуса тахеометра	$\pm 0^{\circ}05'23''$	$\pm 4^{\circ}30'00''$

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования.

В руководстве по эксплуатации<sup>5</sup> отсутствуют какие-либо жесткие требования для установления поправки в измеренные углы при помощи программы прибора. В руководстве по эксплуатации<sup>5</sup> присутствуют критерии для поверки сетки нитей. Расстояние до визирной цели для этой поверки должно составлять около 100 м, а допустимые углы отклонения сетки нитей в горизонтальной и вертикальной плоскостях не должны превышать  $0^{\circ}00'20''$ . При перефокусировке зрительной трубы значение места нуля не должно изменяться более чем на  $5''$ . СКО измерения вертикальных углов рекомендуется производить измерения не менее чем шестью приемами.

Результаты, полученные в данной работе, приведены в таблице.

### Заключение

Тахеометры с креплением сетки нитей при помощи трех юстировочных винтов, такие как Leica TS06 и Leica Builder 509, не имеют доступа к юстировочным винтам сетки нитей. Максимальный допустимый

угол наклона для одного из двух измерений при юстировке электронным способом у таких приборов составляет  $\pm 4^{\circ}30'00''$ , а максимально возможное значение места нуля составляет  $\pm (0^{\circ}05'24'' \pm 1'')$ .

Тахеометры с креплением сетки нитей при помощи четырех юстировочных винтов (Trimble m3 и EFT TS1) имеют доступ к юстировочным винтам сетки нитей. Максимальный угол наклона сетки нитей варьируется от  $\pm 0^{\circ}08'13''$  до  $\pm 0^{\circ}09'18,5''$  в зависимости от модели тахеометра. Для юстировки места нуля электронным способом такие тахеометры могут как иметь определенный диапазон ( $\pm 0^{\circ}02'59''$  для Trimble m3), так и не иметь его вовсе (EFT TS1).

Тахеометры с таким же креплением сетки нитей, как и Sokkia SET 530 RK, могут изменять значение места нуля только на  $\pm 0^{\circ}00'15''$  при помощи винтов, закрепляющих сетку нитей (рис. 1, (3)). Возможно также изменить положение сетки нитей при помощи фиксирующей пружины (рис. 1 (2)), однако это рекомендуется делать только в сервисном центре. Диапазон для электронной юстировки таких тахеометров неограничен, но для каждого отдельного измерения значение места нуля вычисляется по формуле (2).

<sup>5</sup> Фокусгео // Руководство пользователя Sokkia серия 30RK. 260 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://fgeo.ru/upload/iblock/805/4fdsm62j4joh9t9qyz2130dqgr2zzv8a/Rukovodstvo-polzovatelya-Sokkia-seriya-30RK.pdf> (дата обращения: 04.04.2026).

Максимальное допустимое значение места нуля среди исследуемых тахеометров указано в руководстве по эксплуатации только для приборов EFT TS1 и Sokkia SET 530 RK и составляет для них  $\pm 0^{\circ}00'10''$  и  $\pm 0^{\circ}00'15''$  соответственно. Для других приборов эти значения не приведены в руководствах по эксплуатации или руководствах пользователя. Однако, поскольку для других исследуемых приборов параметры точности несущественно превышают параметры этих двух приборов (максимум 9" Leica Builder 509), можно предположить, что максимальные допустимые значения места нуля не превышают для них нескольких десятков секунд. Следовательно, максимальные допустимые значения места нуля, превышающие в несколько десятков или сотен раз точность прибора (таблица) в большинстве практически не нужны.

Также следует отметить, что вмешательство в конструкцию тахеометра и изменение положения сетки нитей крайне не рекомендуется проводить вне сервисного центра. Это может привести к несовпадению перекрестия сетки нитей с лучом лазерного дальномера, к расшатыванию юстировочных винтов или к появлению коллимационной ошибки. Поэтому рекомендуется производить юстировку сетки только в сервисном центре или зная конструктивные особенности юстируемого прибора.

### Список литературы

1. Азаров Б. Ф., Носков И. В. Способ обнаружения грубых ошибок угловых наблюдений при техническом обследовании антенно-мачтовых сооружений // Вестник евразийской науки. 2022. Т. 14. № 2. URL: <https://esj.today/PDF/03SAVN222.pdf> (дата обращения: 22.05.2026).
2. Бикбулатова Г. Г., Искарёв Н. А., Рузанов Д. А. Геодезический мониторинг вертикальности прожекторных мачт // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2024. № 2 (37). URL: <http://ejournal.omgau.ru/images/issues/2024/2/01138.pdf> (дата обращения: 23.05.2026).
3. Шульц Р. В., Анненков А. А., Белоус Н. В., Ковтун В. Я. Комплексный геодезический мониторинг высотных зданий // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Международ. науч. конгресс (г. Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). Пленарное заседание: сб. материалов. Новосибирск: СГУГиТ, 2015. С. 109–115. [Электронный ресурс]. URL: <https://geosib.sguigit.ru/upload/geosibir/sborniki/2015/%D0%9F%D0%B-%D0%B5%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5-%D0%B7%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5.pdf> (дата обращения: 23.05.2026).
4. Никонов А. В., Рахымбердина М. Е. Исследование точности измерения превышений электронным тахеометром высокой точности в полевых условиях // Вестник СГГА (Сибирской государственной геодезической академии) научно-технический журнал / учредитель ФГБОУ ВПО «СГГА». Вып. 1 (21). Новосибирск: СГГА. 2013. С. 16–26. [Электронный ресурс]. URL: [https://vestnik.sguigit.ru/upload/vestnik/sborniki/2013/vestnik\\_1\\_21\\_2013.pdf](https://vestnik.sguigit.ru/upload/vestnik/sborniki/2013/vestnik_1_21_2013.pdf) (дата обращения: 24.05.2026).

5. Никонов А. В., Бабасов С. А. Исследование тригонометрического нивелирования в полевых условиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Международный научный конгресс: материалы международной научной конференции «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 1. С. 71–78. [Электронный ресурс]. URL: <https://geosib.sguigit.ru/upload/geosibir/sborniki/2013/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%8F-%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0-%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%8F-%D0%BC%D0%B0%D1%80%D0%BA%D1%88%D0%B5%D0%B9%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%8F-%D0%A2.1.pdf> (дата обращения: 23.05.2026).

6. Карев П. А., Калюжин В. А., Павлова А. И. О точности горизонтальных проложений наклонных расстояний, измеряемых современными геодезическими приборами // ГЕО-Сибирь-2009. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия. Ч. 1: сборник материалов V Международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2009» (г. Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). Новосибирск: СГГА, 2009. С. 167–172. [Электронный ресурс]. URL: [https://geosib.sguigit.ru/upload/geosibir/sborniki/2009/geodeziya-geoinformatika/T1\\_1.pdf](https://geosib.sguigit.ru/upload/geosibir/sborniki/2009/geodeziya-geoinformatika/T1_1.pdf) (дата обращения: 23.05.2026).
7. Пастухов М. А., Денисенко В. В., Гура Д. А., Шевченко Г. Г. Определение погрешности геодезических приборов за неправильность формы цапф и боковое гнутье зрительной трубы // Научные труды КубГТУ. 2016. № 11. URL: <https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0032/1196.pdf> (дата обращения: 24.05.2026).
8. Беломытцев В. Д., Гольгин Н. Х., Лысенко В. Г., Шилин В. А. Оптико-электронный комплекс для испытаний, поверки и калибровки мобильных координатных средств измерений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2021. Т. 65. № 2. С. 232–240. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45644531> (дата обращения: 24.05.2026). DOI: 10.30533/0536-101X-2021-65-2-232-240.
9. Гольгин Н. Х. Оптико-электронный комплекс для исследований мобильных координатных средств измерений: дис. ... докт. техн. наук: Специальность 2.2.4 – приборы и методы измерения (по видам измерений). Москва, 2024. 218 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rostest.ru/page/education/dissertation-council/dissertitsii/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D0%93%D0%BE%D0%B-%D1%8B%D0%B3%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%9D.%D0%A5..pdf> (дата обращения: 24.05.2026).
10. Староверов С. В. Разработка компактных средств геодезической метрологии для оперативной поверки и исследований нивелиров и тахеометров: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2018. 108 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://miigaik.ru/upload/iblock/ad4/ad46b72790529ac21d3e2695b-27f436b.pdf> (дата обращения: 24.05.2026).
11. Соловьев С. В. Разработка методов повышения надежности измерений при геодезическом обеспечении строительных работ: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2011. 24 с. [Электронный ресурс]. URL: [https://miigaik.ru/science/councils/congregation/11\\_12\\_22\\_soloviev.pdf](https://miigaik.ru/science/councils/congregation/11_12_22_soloviev.pdf) (дата обращения: 21.05.2026).
12. Никонов А. В., Рябова Н. М., Смирнов А. Д., Исков Д. М., Баранников Д. А. Исследование влияния хода фокусирующей линзы зрительной трубы электронных тахеометров на место нуля // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVIII Международный научный конгресс (г. Новосибирск, 18–20 мая 2022 г.): сборник материалов в 8 т. Т. 1: Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картогра-

фия, маркшейдерия». Новосибирск: СГУГиТ, 2022. С. 19–23. URL: <https://geosib.sgugit.ru/upload/geosibir/sborniki/2022/tom-1/%D0%A2.1.pdf> (дата обращения: 24.05.2026). DOI: 10.33764/2618-981X-2022-1-19-23.

13. Алексеев С. П. Исследование влияния перефокусировки зрительной трубы электронного тахеометра на место нуля // LXIX региональная студенческая научная конференция (г. Новосибирск, 5–10 апреля 2021 г.): сборник тезисов докладов: в 2 ч. Ч. 2. Новосибирск: СГУГиТ, 2021. С. 116–118. [Электронный ресурс]. URL: [https://sgugit.ru/upload/science-and-innovations/konferentsii-i-nauchnyemeropriyatiya/rsnk/Sbornik\\_2021\\_2.pdf](https://sgugit.ru/upload/science-and-innovations/konferentsii-i-nauchnyemeropriyatiya/rsnk/Sbornik_2021_2.pdf) (дата обращения: 24.05.2026).

14. Гура Т. А., Старцева А. О. Особенности применения электронных тахеометров серии Trimble m3 для выполнения разбивочных работ на строительной площадке // Альманах современной науки и образования. 2016. № 11. С. 39–43. URL: <https://www.gramota.net/article/alm20160509/pdf> (дата обращения: 22.05.2026).

15. Гура Д. А. Разработка методов исследования электронных тахеометров в условиях производства для оценки и повышения точности измерения горизонтальных углов: дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2016. 181 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.miiigaik.ru/upload/iblock/007/0070185b5b2bd31cc1fbcadf0972e6a2.pdf> (дата обращения: 24.05.2026).

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.