

**ВАРФОЛОМЕЕВ А. Ф., ВИНЯЕВ Д. А.**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ  
ТАХЕОМЕТРОМ LEICA TS02 ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УГЛА ПОВОРОТА  
ПРИЗМЕННОГО И ПЛЕНОЧНОГО ОТРАЖАТЕЛЕЙ**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается насколько изменяется результат измерения тахеометром расстояния на отражающую пленку и призмный отражатель при их повороте на 20° и 40°. Определена зависимость точности измерений расстояний при повороте угла отражающих поверхностей с помощью тахеометра Leica TS02, призмы Vega SP03T и пленочного отражателя Geobox. Результаты измерений были определены на отрезках длиной 50, 100, 150, 200 м, полученные данные проанализированы.

**Ключевые слова:** тахеометр, пленочный отражатель, призмный отражатель, погрешность измерений, угол поворота, среднее значение.

**VARFOLOMEEV A. F., VINYAEV D. A.**

**ACCURACY TEST OF MEASURING DISTANCES  
WITH LEICA TS02 TOTAL STATION WHEN CHANGING  
THE ANGLE OF ROTATION OF THE PRISM AND FILM REFLECTORS**

**Abstract.** The article examines variability of the result of distance measuring with a total station on a reflective film and a prism reflector when they are rotated by 20° and 40°. The dependence of the accuracy of distance measurements when the angle of reflecting surfaces is rotated using the Leica TS02 total station, Vega SP03T prism and Geobox film reflector is determined. The results were measured on segments of 50, 100, 150, 200 meters in length and the data obtained were analyzed.

**Keywords:** total station, film reflector, prism, measurement error, rotation angle, average value.

В настоящее время в современной практике проведения топографо- и инженерно-геодезических работ на смену классическим приборам и технологиям уже давно приходят и широко используются новые [2; 7]. Так, для измерения расстояний вместо рулеток и инварных проволок используют электронные тахеометры [6], позволяющие измерить расстояние между пунктами дистанционно. Измерение расстояний тахеометром происходит посредством лазерного дальномера, встроенного в прибор, и направленного на отражатель. В качестве отражателей используются призмы и отражающие пленки [1; 3].

Также современные тахеометры имеют возможность измерить расстояние на

обычный предмет в безотражательном режиме [4]. Следует отметить, что наиболее точным методом является измерение расстояния на призму.

В данной статье рассматривается важный вопрос изучения точности измерений расстояния на призму и пленочный отражатель при их повороте на определенный угол относительно линии створа, так как в практике геодезических работ удержать створ линии относительно тахеометра не всегда представляется возможным.

В ходе выполнения работы были использованы тахеометр Leica TS02, имеющий заявленную точность определения расстояний на призму  $\pm 1,5 \text{ мм} + 2 * 10^{-6} * L$ , на пленку  $\pm 2 \text{ мм} + 2 * 10^{-6} * L$  (где  $L$  – длина линии); призма Vega SP03T и пленка Geobox размером 5\*5 см.

На начальном этапе работ были выполнены поверки тахеометра [5; 8–10]. Далее был выбран участок местности в поле, вдали от автомобильных дорог, городских парков и прочих мест, которые могут создавать вибрации и ухудшать результаты измерений.

На участке были взяты отрезки по створу линии длинами 50, 100, 150, 200 м. На данных расстояниях от отражателя, закрепленного на штативе, был установлен тахеометр.

Прибор был приведен в рабочее положение [10], а также в настройках прибора были внесены поправки за внешние условия окружающей среды (температура, атмосферное давление, влажность) (см. рис. 1).



Рис. 1. Тахеометр Leica TS02 в рабочем положении.

При выполнении измерений поворачивали отражатель относительно центра оси на  $0^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $40^\circ$  (рис. 2).

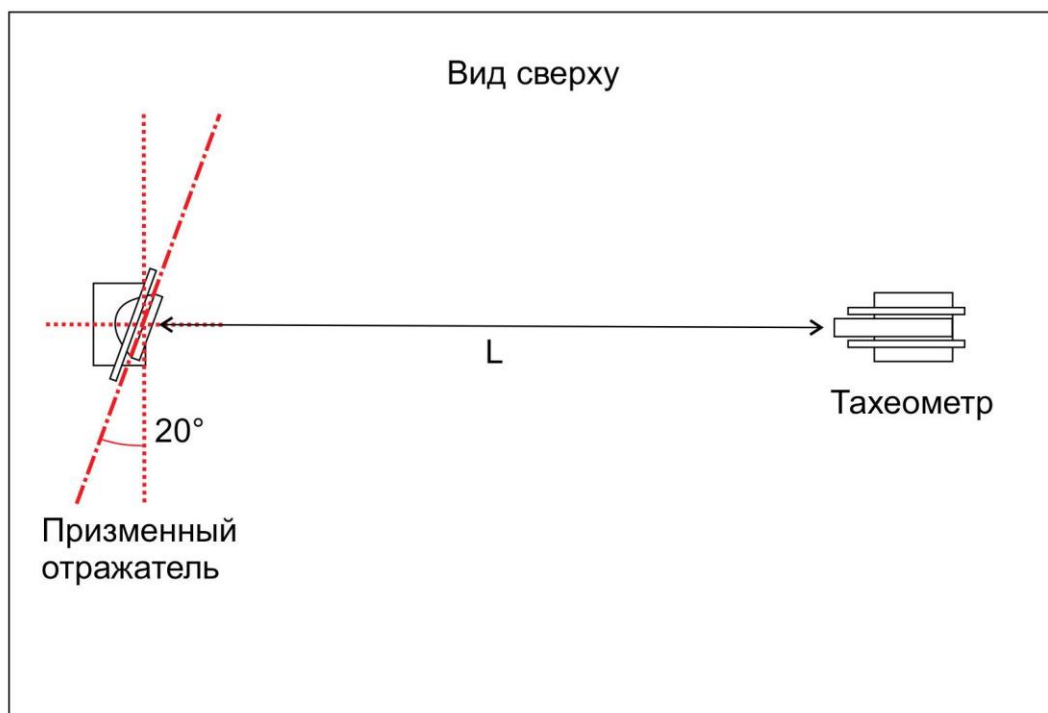


Рис. 2. Схема измерения расстояний на призмный отражатель при угле поворота в  $20^\circ$ .

Было выявлено, что при угле поворота в  $40^\circ$  тахеометр не может измерить расстояние на призму и на пленку при длине линии в 150 и 200 м. Результаты измерений представлены в таблицах 1–4.

Таблица 1

**Измерение расстояний на призму и пленочный отражатель (50 м)**

№ измерения	Расстояние на призму, м		Расстояние на пленку, м		
	угол поворота		угол поворота		
	$0^\circ$	$20^\circ$	$0^\circ$	$20^\circ$	$40^\circ$
1	49,9249	49,9248	49,9242	49,9259	49,9299
2	49,9252	49,9248	49,9243	49,9261	49,9300
3	49,9251	49,9250	49,9245	49,9260	49,9301
4	49,9251	49,9249	49,9245	49,9262	49,9296
5	49,9251	49,9249	49,9245	49,9259	49,9300
6	49,9253	49,9249	49,9247	49,9259	49,9300
7	49,9252	49,9248	49,9245	49,9263	49,9302
8	49,9253	49,9248	49,9245	49,9260	49,9301
9	49,9252	49,9248	49,9243	49,9258	49,9300
10	49,9253	49,9249	49,9248	49,9259	49,9300
Среднее значение	49,9252	49,9249	49,9245	49,9260	49,9300
Отклонение ср. значений от $0^\circ$ призмного отражателя	0,0000	0,0003	0,0007	-0,0008	-0,0048

Измерение расстояний на призму и пленочный отражатель (100 м)

№ измерения	Расстояние на призму, м		Расстояние на пленку, м		
	угол поворота		угол поворота		
	0°	20°	0°	20°	40°
1	99,9144	99,9146	99,9122	99,9165	99,9201
2	99,9144	99,9149	99,9123	99,9164	99,9200
3	99,9145	99,9148	99,9123	99,9165	99,9198
4	99,9143	99,9148	99,9125	99,9166	99,9198
5	99,9145	99,9150	99,9122	99,9166	99,9200
6	99,9143	99,9147	99,9122	99,9165	99,9198
7	99,9144	99,9150	99,9122	99,9165	99,9203
8	99,9144	99,9149	99,9124	99,9166	99,9202
9	99,9145	99,9150	99,9124	99,9169	99,9196
10	99,9144	99,9152	99,9121	99,9166	99,9196
Среднее значение	99,9144	99,9149	99,9123	99,9166	99,9199
Отклонение ср. значений от 0° призмного отражателя	0,0000	-0,0005	0,0021	-0,0022	-0,0055

Таблица 3

Измерение расстояний на призму и пленочный отражатель (150 м)

№ измерения	Расстояние на призму, м		Расстояние на пленку, м	
	угол поворота		угол поворота	
	0°	20°	0°	20°
1	150,0298	150,3010	150,0283	150,0306
2	150,0299	150,3010	150,0279	150,0306
3	150,0299	150,3050	150,0278	150,0306
4	150,0300	150,0301	150,0277	150,0310
5	150,0299	150,0302	150,0278	150,0304
6	150,0299	150,0299	150,0280	150,0305
7	150,0299	150,0299	150,0276	150,0303
8	150,0299	150,0302	150,0282	150,0306
9	150,0297	150,0301	150,0277	150,0303
10	150,0297	150,0302	150,0277	150,0303
Среднее значение	150,0299	150,0301	150,0279	150,0305
Отклонение ср. значений от 0° призмного отражателя	0,0000	-0,0003	0,0020	-0,0007

Сравнивая показатели средних значений измерений, можно сделать выводы о расхождениях данных показателей. При угле поворота в 20° у призмного отражателя разница показателей средних значений незначительная (от 0,0003м до -0,0005м) (см. табл. 1–4). Эти результаты входят в допустимую погрешность прибора.

Измерение расстояний на призму и пленочный отражатель (200 м)

№ измерения	Расстояние на призму, м		Расстояние на пленку, м	
	угол поворота		угол поворота	
	0°	20°	0°	20°
1	200,0472	200,0477	200,0459	200,0492
2	200,0474	200,0477	200,0458	200,0497
3	200,0473	200,0477	200,0460	200,0489
4	200,0471	200,0476	200,0462	200,0490
5	200,0472	200,0475	200,0461	200,0496
6	200,0472	200,0476	200,0461	200,0490
7	200,0473	200,0476	200,0457	200,0486
8	200,0472	200,0474	200,0458	200,0491
9	200,0472	200,0477	200,0463	200,0486
10	200,0472	200,0475	200,0462	200,0485
Среднее значение	200,0472	200,0476	200,0460	200,0490
Отклонение ср. значений от 0° призмного отражателя	0,0000	-0,0004	0,0012	-0,0018

У пленочного отражателя при увеличении угла поворота до 20° расхождение средних значений составляют от -0,0015 м до -0,0043 м (табл. 1, 2) и от -0,0027 м до -0,003 м (табл. 3, 4). Эти показатели не соответствуют заявленным характеристикам прибора кроме результата -0,0015 м (табл. 1). При увеличении угла поворота до 40° расхождение средних значений составляет -0,0055 м (табл. 1) и -0,0076 м (табл. 2), что также не соответствует заявленным характеристикам прибора.

В таблицах 1–4 указаны отклонения средних значений от 0° призмы. Для более наглядного представления данных показателей представлен график отклонения средних значений измерений (см. рис. 3).

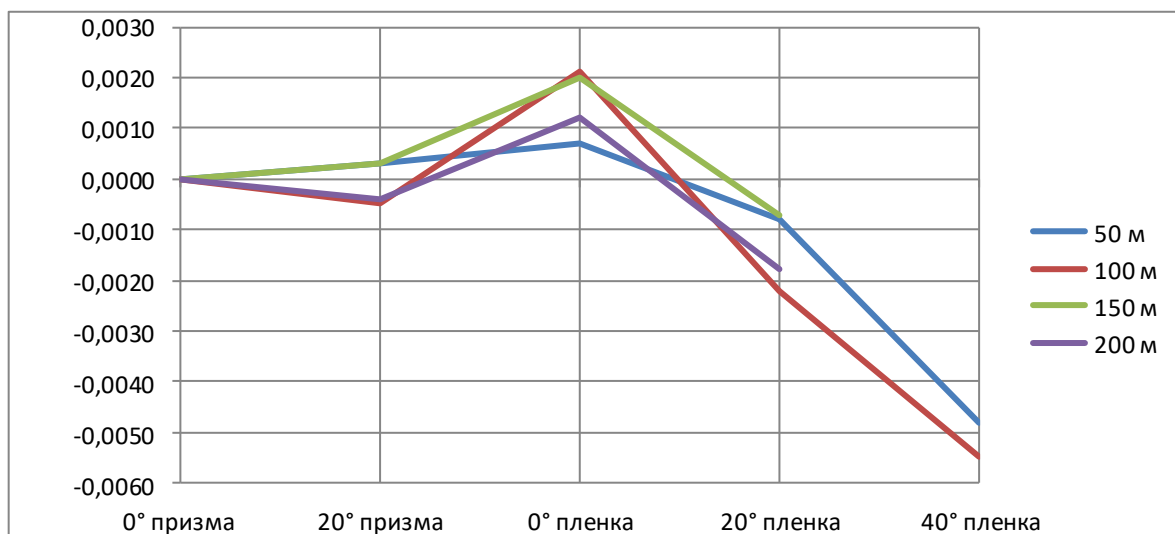


Рис. 3. График отклонения средних значений.

Как видно по данным, приведенным в таблицах 1–4 и на графике (см. рис. 3), результаты отклонений средних значений по призмённому отражателю при угле поворота в  $20^\circ$  незначительны (от 0,0003 м до –0,0005 м). Результаты отклонений по пленочному отражателю при углах поворота в  $0^\circ$ ,  $20^\circ$  и  $40^\circ$  более велики (от 0,0007 м до –0,0055 м).

Также следует отметить, что отклонения в положительную или отрицательную сторону при повороте угла относительно  $0^\circ$  призмённого отражателя могут зависеть от ряда внешних факторов (погодных условий, рефракции и т. п.) [8].

Таким образом, можно сделать вывод, что метод измерения расстояний на отражающую пленку является менее точным, чем измерение на призмённый отражатель. Итоги исследования показывают, что при выполнении геодезических работ следует учитывать поворот угла призмённого и пленочного отражателей относительно тахеометра и по возможности сводить его к нулю.

При проведении геодезических работ следует выбирать призмённый отражатель в качестве основного для измерения расстояний. Для топографических же работ, где точность измерения более низкая, можно использовать и пленочный отражатель. Кроме того, следует отметить, что данный результат можно улучшить, используя более точные пленочные, призмённые отражатели и тахеометры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афонин Д. А. Построение геодезической разбивочной сети, закрепляемой пленочными отражателями // Записки Горного института. – 2012. – Т. 199. – С. 301–308.
2. Варфоломеев А. Ф., Коваленко А. К., Коваленко Е. А., Тесленок К. С., Тесленок С. А. Геоинформационные технологии в определении зон покрытия территории поправками от постоянно действующих станций ГЛОНАСС/GPS // Материалы Международ. конф. «ИнтерКарто/ИнтерГИС». – 2015. – Т. 21 (1). – С. 522–528.
3. Кочетова Э. Ф., Акрицкая И. И., Тюльникова Л. Р., Гордеев А. Б. Инженерная геодезия: учебное пособие. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2017. – 158 с.
4. Никонов А. В. Исследование точности измерения расстояний электронными тахеометрами в безотражательном режиме // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Т. 29, № 1. – С. 43–53.
5. Никонов А. В. К вопросу об определении постоянной поправки дальнометра электронного тахеометра // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Т. 29, № 1. – С. 54–61.
6. Сафронова Д. А. Анализ применения электронного тахеометра // Научные

известия. – 2022. – № 29. – С. 112–114.

7. Тесленок С. А., Романов А. В. Новые технологии в производстве топографо-геодезических работ // Общество. – 2014. – № 2 (2). – С. 78–81.

8. Ямбаев Х. К. Геодезическое инструментоведение. Практикум: учебник для вузов. – М.: Академический Проект, 2020. – 583 с.

9. Ямбаев Х. К. Инженерно-геодезические инструменты и системы: учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МИИГАиК, 2012. – 462 с.

10. Ямбаев Х. К., Голыгин Н. Х. Геодезическое инструментоведение. Практикум: учебное пособие для вузов. – М.: ЮКИС, 2005. – 312 с.