RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries
Вестник РУДН. Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО
2017 Vol. 12 No 1 47—57
http://journals.rudn.ru/agronomy

DOI: 10.22363/2312-797X-2017-12-1-47-57

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

И.А. Кеворков, Д.И. Парпура, Р.Д. Курмачев, А.О. Прийменко, А.М. Галстян

Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

В данной статье представлены результаты проведенных полевых исследований двух электронных тахеометров, входящих в парк геодезических приборов Экспериментально-технологической лаборатории дистанционного зондирования и мониторинга земельных ресурсов Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов. Статья написана по материалам научно-исследовательской практики, которую ее авторы проходили в Научно-образовательном центре Аграрно-технологического института РУДН. Электронные тахеометры наряду с приемниками Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) в настоящее время являются одними из самых востребованных инструментов для производства топографо-геодезических работ. Одним из важных требований, предъявляемых пользователями к этим геодезическим инструментам, — точность их измерений, от которой зависит точность определения координат поворотных точек и площадей земельных участков. Исследования проводились на специализированной эталонной геодезической сети, допущенной к проведению подобных испытаний и являющейся эталонным средством для метрологической аттестации геодезических приборов. Для испытаний были выбраны тахеометры, являющиеся наиболее востребованными при производстве топографических и кадастровых съемок. Исследования включали сравнительный анализ длин и превышений отрезков эталонного линейного базиса, измеренного электронными тахеометрами; сравнение паспортных данных точностных характеристик электронных тахеометров с фактическими значениями, полученными по результатам измерений на эталонном базисе; сравнительный анализ результатов измерений длин и превышений отрезков эталонного линейного базиса, с эталонными значениями. Результаты полевых исследований показали, что фактическая точность измерений, выполненных испытуемыми геодезическими приборами, в целом соответствует значениям, указанным в их паспортных характеристиках. Это позволило сделать вывод о пригодности исследуемых электронных тахеометров для точного определения координат, необходимых для обеспечения геопросранственными данными землеустроительных и кадастровых работ. Анализ результатов геодезических измерений отрезков эталонного базиса показал зависимость увеличения невязки от увеличения измеряемого расстояния. Зафиксировано ухудшение точности измерений в местах, где потенциально могут быть помехи для точного наведения визирной оси на отражатель.

Ключевые слова: электронный тахеометр, эталонная геодезическая сеть, геодезические измерения, превышение, длина линии, точность, СКП, линейный базис, невязка

ВВЕДЕНИЕ

Объемы геодезических работ в России постоянно растут. Наряду с ГНСС, имеющими в настоящее время большее значение при выполнении топографо-геодезических работ, остаются актуальными вопросы использования методов наземных геодезических измерений, наиболее совершенным из которых по-прежнему остается электронная тахеометрическая съемка. При этом используются электронные тахеометры, выполняющие высокоточные угловые и линейные измерения, осуществляющие вычисление плоских прямоугольных координат, высот и их приращений. Большие требования предъявляются к срокам выполнения геодезических

работ при строгом соблюдении точности и качества, поэтому проектно-изыскательские, земельно-кадастровые и строительные организации используют самые современные электронные тахеометры, универсальное и удобное программное обеспечение, технологии автоматизации полевых и камеральных работ и обеспечивающие наиболее простое интегрирование данных геодезических измерений в системах автоматизированного проектирования и географических информационных системах [1].

Для исследования была выбрана геодезическая сеть научно-учебной базы «Чкаловская» Государственного университета по землеустройству, расположенная в Щелковском районе Московской области на земельном участке площадью 100,68 га. Описание данной сети приведено в работе [2].

Геодезическая сеть включает эталонный линейный базис общей длиной 1852,216 м, состоящего из 10 секций (рис. 1).

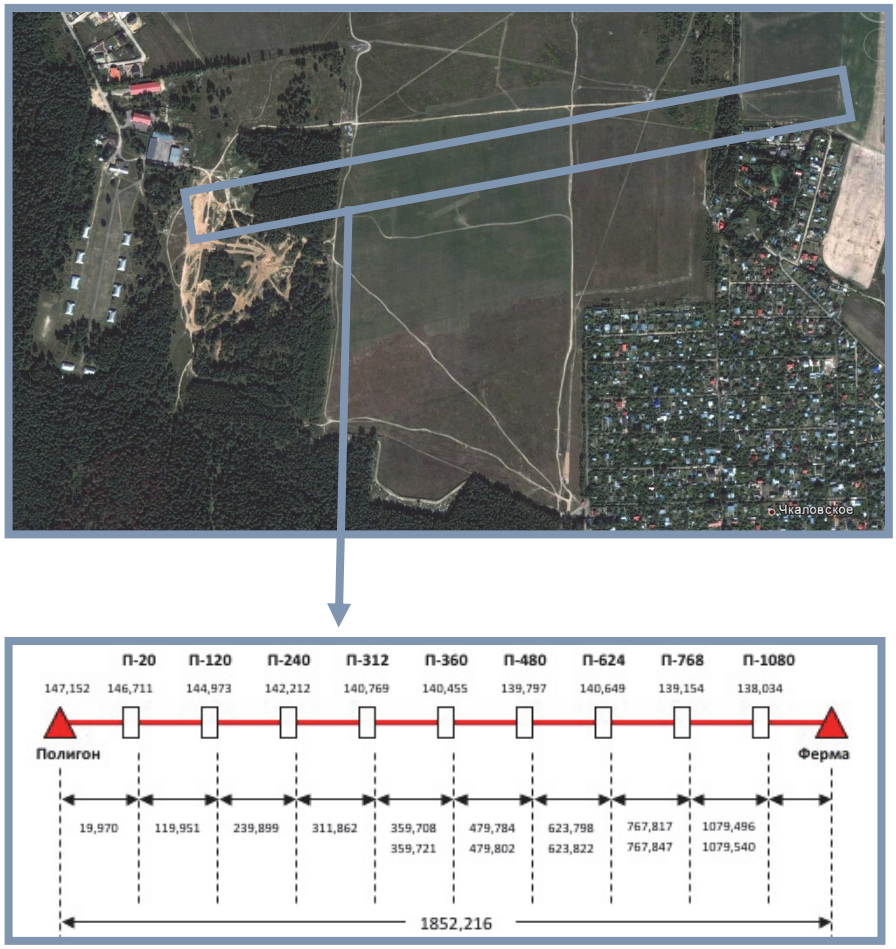


Рис. 1. Эталонный базис на Чкаловской научно-учебной базе

Цели эксперимента

1. Сравнительный анализ длин и превышений отрезков эталонного линейного базиса, измеренного электронным тахеометром А и электронным тахеометром В.

2. Сравнение паспортных данных точностных характеристик электронных тахеометров с фактическими значениями, полученными по результатам измерений на эталонном базисе двумя тахеометрами.

3. Сравнительный анализ длин и превышений отрезков эталонного линейного базиса, измеренного двумя разными тахеометрами, с эталонными значениями.

СХЕМА ПРОВЕДЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ НА ЭТАЛОННОМ БАЗИСЕ

Полевые исследования проводились по методикам, опробованным на этой же геодезической сети и описанным в [3; 4].

Схема проведения геодезических измерений электронными тахеометрами на пунктах эталонного базиса следующая:

1) на пункте Полигон был установлен штатив электронного тахеометра А;

2) электронный тахеометр установили на штатив и привели его в рабочее положение;

3) на пунктах базиса Б-20, Б-120, Б-240, Б-312, Б-360, Б-480 и Б-624 были установлены штативы с отражателями. Была проверена видимости с пункта Полигон на все перечисленные пункты базиса. В лесополосе, где проходит базис, была удалена часть растительности мешающая видимости;

4) трегеры с отражателями были центрированы над центрами пунктов базиса;

5) с помощью круглых уровней трегеры были приведены в горизонтальное положение;

6) перекрестье сетки нитей зрительной требы электронного тахеометра было последовательно наведено на каждый отражатель, находящейся на соответствующем пункте базиса. На каждый отражатель было сделано пять отсчетов расстояния и превышения (по сторонам и центру призмы отражателя) от пункта Полигон;

7) за окончательные значения значений расстояния и превышения от пункта Полигон до каждого пункта базиса были взяты средние значения из пяти отсчетов на призму соответствующего отражателя;

8) далее тахеометр сняли со штатива, установленном над пунктом Полигон, и поменяли местами с отражателем на последнем наблюдаемом пункте базиса Б-624. Измерения повторили в обратном направлении;

9) затем электронным тахеометром Б повторили все указанные выше измерения в прямом и обратном направлениях.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ТАХЕОМЕТРОВ

Если каждая из величин анализируемого данного ряда измерена дважды и все измерения равноточные, то среднюю квадратичную погрешность (СКП) одного измерения можно определить по разностям, полученным для каждой пары этих измерений [5]:

$$m = \sqrt{\frac{[d^2]}{2n}},$$

где $d_i = l_1 - l_i'$ (i = 1, 2, ..., n) —измеренные значения разностей, l_1, l_i' (i = 1, 2, ..., n).

Таким образом, так как измерения длин и превышений отрезков базиса выполнены геодезическими приборами одного класса точности ($ms = \pm$ (1,5—2 мм + + 2 ppm)), одним и тем же исполнителем, при одинаковым внешних условиях и по одной методике, мы можем считать их равноточными и использовать для оценки их точности вышеприведенную формулу.

Результаты оценки точности измерения длин линий приведены в табл. 1, результаты оценки точности измерения превышений приведены в табл. 2.

Результаты независимой оценки точности измерения длин линий и превышений (по измерениям обратного хода) представлены соответственно в табл. 3 и 4.

Таблица 1

Оценка точности измерения длин отрезков базиса (прямой ход)

Номер измерения	l_i (тах. В)	l_i' (тах. А)	d_i	d_i^2	m_d, м	m_S, м
1	19,970	19,971	–0,001	0,000001	0,014	0,010
2	99,981	99,991	–0,010	0,000100		
3	119,948	119,955	–0,007	0,000049		
4	71,963	71,974	–0,011	0,000121		
5	47,846	47,828	0,018	0,000324		
6	120,076	120,101	–0,025	0,000625		
7	144,014	144,028	–0,014	0,000196		
			Сумма	0,001416		

Таблица 2

Оценка точности измерения превышений отрезков базиса (прямой ход)

Номер измерения	l_i (тах. В)	l_i' (тах. А)	d_i	d_i^2	m_d, м	m_h, м
1	–0,441	–0,442	0,001	0,000001	0,013	0,009
2	–1,738	–1,741	0,003	0,000009		
3	–2,761	–2,748	–0,013	0,000169		
4	–1,443	–1,459	0,016	0,000256		
5	–0,314	–0,311	–0,003	0,000009		
6	–0,658	–0,685	0,027	0,000729		
7	0,852	0,853	–0,001	0,000001		
			Сумма	0,001174		

Таблица 3

Оценка точности измерения длин отрезков базиса (обратный ход)

Номер измерения	l_i (тах. В)	l_i' (тах. А)	d_i	d_i^2	m_d, м	m_S, м
1	144,027	144,017	0,010	0,000100	0,021	0,015
2	264,114	264,098	0,016	0,000256		
3	311,959	311,936	0,023	0,000529		
4	383,928	383,902	0,026	0,000676		
5	503,827	503,839	–0,012	0,000144		
6	603,834	603,831	0,003	0,000009		
7	623,847	623,808	0,039	0,001521		
			Сумма	0,003235		

Таблица 4

Оценка точности измерения превышений отрезков базиса (обратный ход)

Номер измерения	l_i (тах. В)	l_i' (тах. А)	d_i	d_i^2	m_d, м	m_h, м
1	–0,867	–0,854	–0,013	0,000169	0,020	0,014
2	–0,191	–0,178	–0,013	0,000169		
3	0,152	0,115	0,037	0,001369		
4	1,569	1,555	0,014	0,000196		
5	4,302	4,306	–0,004	0,000016		
6	6,039	6,056	–0,017	0,000289		
7	6,462	6,487	–0,025	0,000625		
			Сумма	0,002833		

Как видно из табл. 1—4, паспортные значения исследуемых электронных тахеометров не превышают фактических значений, полученных в результате оценки точности.

СРАВНЕНИЕ ИЗМЕРЕННЫХ ДЛИН И ПРЕВЫШЕНИЙ ОТРЕЗКОВ БАЗИСА С ЭТАЛОННЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ

В табл. 5 приведены анализы результатов измерения длин отрезков базиса электронными тахеометрами. На рис. 2 показано изменение невязок длин линий и превышений с увеличением длины отрезка базиса (прямой ход). В табл. 6 приведены анализы результатов измерения длин отрезков базиса электронными тахеометрами. На рис. 3 показано изменение невязок длин линий и превышений с увеличением длины отрезка базиса (прямой ход).

Таблица 5

Анализ результатов измерения длин отрезков базиса

Отрезок базиса		Превышение, м				
Нач. пункт	Кон. пункт	Эталонное	Измер. тах. В	Невязка	Измер. тах. А	Невязка
Прямой ход						
Полигон	Б-20	19,970	19,971	0,001	19,964	–0,006
	Б-120	119,951	119,962	0,011	119,930	–0,021
	Б-240	239,899	239,917	0,018	239,915	0,016
	Б-312	311,862	311,891	0,029	311,900	0,038
	Б-360	359,708	359,719	0,011	359,745	0,037
	Б-480	479,784	479,820	0,036	479,829	0,045
	Б-624	623,798	623,848	0,050	623,827	0,029
Обратный ход						
Б-624	Б-480	144,014	144,027	0,013	144,017	0,003
	Б-360	264,090	264,114	0,024	264,098	0,008
	Б-312	311,936	311,959	0,023	311,936	0,000
	Б-240	383,899	383,928	0,029	383,902	0,003
	Б-120	503,847	503,827	–0,020	503,839	–0,008
	Б-20	603,828	603,834	0,006	603,831	0,003
	Полигон	623,798	623,847	0,049	623,808	0,010

Таблица 6

Анализ результатов измерения превышений отрезков базиса

Отрезок базиса		Превышение, м				
Нач. пункт	Кон. пункт	Эталонное	Измер. тах. В	Невязка	Измер. тах. А	Невязка
Прямой ход						
Полигон	Б-20	–0,441	–0,442	–0,001	–0,437	0,004
	Б-120	–2,179	–2,183	–0,004	–2,185	–0,006
	Б-240	–4,940	–4,931	0,009	–4,936	0,004
	Б-312	–6,383	–6,390	–0,007	–6,394	–0,011
	Б-360	–6,697	–6,701	–0,004	–6,670	0,027
	Б-480	–7,355	–7,386	–0,031	–7,362	–0,007
	Б-624	–6,503	–6,533	–0,030	–6,542	–0,039
Обратный ход						
Б-624	Б-480	–0,852	–0,867	–0,015	–0,854	–0,002
	Б-360	–0,194	–0,191	0,003	–0,178	0,016
	Б-312	0,120	0,152	0,032	0,115	–0,005
	Б-240	1,563	1,569	0,006	1,555	–0,008
	Б-120	4,324	4,302	–0,022	4,306	–0,018
	Б-20	6,062	6,039	–0,023	6,056	–0,006
	Полигон	6,503	6,462	–0,041	6,487	–0,016

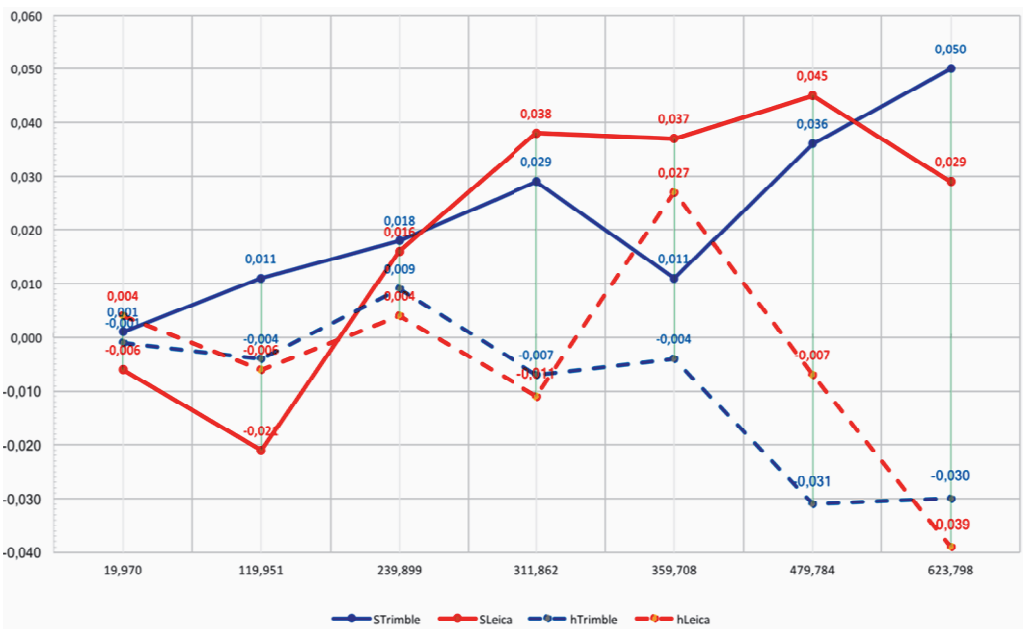


Рис. 2. Изменение невязок длин линий и превышений с увеличением длины отрезка

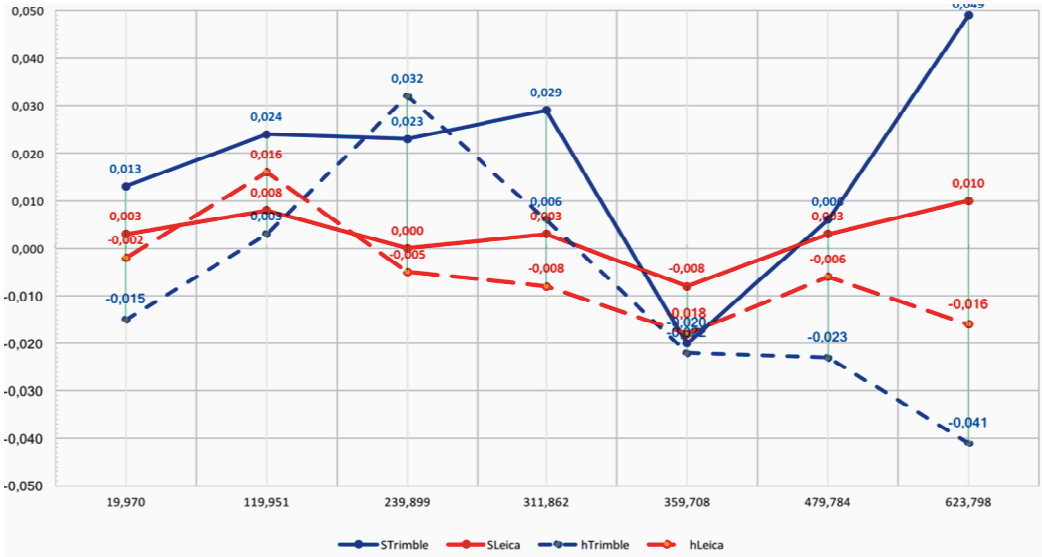


Рис. 3. Изменение невязок длин линий и превышений с увеличением длины отрезка базиса (обратный ход)

Отрезок Полигон — Б-624, измерения электронным тахеометром А (рис. 2):

— максимальная невязка по расстоянию составила 0,045 м, по превышению — 0,039 м;

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-20 составила 0,004 м, что не превышает величину СКП;

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-120 составила 0,021 м, что на 11 мм превышает величину СКП;

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-240 составила 0,016 м, что на 6 мм превышает величину СКП. Невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-312 составила 0,038 м, что на 28 мм превышает величину СКП. Значительные расхождения могут быть обусловлены тем, что пункты базиса расположены в лесной полосе;

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-360 составила 0,037 м, что на 27 мм превышает величину СКП. Это может быть обусловлено тем, что пункт Б-360 находится на выходе из лесополосы (т.е. лесополоса расположена между начальным и указанным пунктами) и, возможно, ветер и растительность помешали точному наведению либо имело место переотражение луча электронного тахеометра;

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-480 составила 0,045 м, что на 35 мм превышает величину СКП. Невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-624 составила 0,029 м, что на 19 мм превышает величину СКП;

— невязки в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-20, Полигон и Б-120, Полигон и Б-240, Полигон и Б312, Полигон и Б-480 входят в величину СКП (не превышают ее);

— невязка в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-360 составила 0,027 м, что может быть обусловлено тем, что пункт Б-360 находится на выходе из лесополосы;

— невязка в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-624 составила 0,039 м и может быть обусловлена ошибкой наведения (пункт наиболее удалены от начального).

Отрезок Полигон — Б-624, измерения электронным тахеометром В (рис. 2):

— максимальная невязка по расстоянию составила 0,050 м, по превышению — 0,031 м;

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-20 составила 0,001 м, что не превышает величину СКП;

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-120 составила 0,011 м, что на 1 мм превышает величину СКП;

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-240 составила 0,018 м, что на 8 мм превышает величину СКП. Невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-312 составила 0,029 м, что на 19 мм превышает величину СКП. Значительные расхождения могут быть обусловлены тем, что пункты базиса расположены в лесной полосе;

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-360 составила 0,011 м, что на 1 мм превышает величину СКП. Невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-480 составила 0,036 м, что на 26 мм превышает величину СКП. Невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-624 составила 0,050 м, что на 40 мм превышает величину СКП;

— невязки в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-20, Полигон и Б-120, Полигон и Б-240, Полигон и Б312, Полигон и Б-360 — входят в величину СКП (не превышают ее);

— невязка в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-360 составила 0,031 м, что может быть обусловлено тем, что пункт Б-360 находится на выходе из лесополосы. Невязка в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-624 составила 0,030 м, может быть обусловлена ошибкой наведения (пункт наиболее удалены от начального).

Отрезок Полигон — Б-624, обратный ход, измерения электронным тахеометром А (рис. 3):

— максимальная невязка по расстоянию составила 0,010 м, по превышению — 0,018 м;

— невязки в расстояниях между пунктами базиса Полигон и Б-20, Полигон и Б-120, Полигон и Б-240, Полигон и Б312, Полигон и Б-360, Полигон и Б-480 и Полигон и Б-624 входят в величину СКП (не превышают ее);

— невязки в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-20, Полигон и Б-240, Полигон и Б312, Полигон и Б-480 входят в величину СКП (не превышают ее);

— невязка в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-120 составила 0,016 м, что на 1 мм превышает величину СКП;

— невязка в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-360 составила 0,018 м, что на 3 мм превышает величину СКП.

Отрезок Полигон — Б-624, обратный ход, измерения электронным тахеометром В (рис. 3):

— максимальная невязка по расстоянию составила 0,049 м, по превышению — 0,041 м;

— невязки в расстояниях между пунктами базиса Полигон и Б-20, Полигон и Б-360 входят в величину СКП (не превышают ее);

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-120 составила 0,024 м, что на 9 мм превышает величину СКП;

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-240 составила 0,023 м, что на 8 мм превышает величину СКП;

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-312 составила 0,029 м, что на 14 мм превышает величину СКП;

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-360 составила 0,020 м, что на 5 мм превышает величину СКП;

— невязка в расстоянии между пунктами базиса Полигон и Б-624 составила 0,049 м, что на 34 мм превышает величину СКП;

— невязки в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-20, Полигон и Б-120, Полигон и Б312 входят в величину СКП (не превышают ее);

— невязка в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-240 составила 0,032 м, что на 17 мм превышает величину СКП;

— невязка в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-360 составила 0,022 м, что на 7 мм превышает величину СКП;

— невязка в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-480 составила 0,023 м, что на 8 мм превышает величину СКП;

— невязка в превышениях между пунктами базиса Полигон и Б-480 составила 0,041 м, что на 26 мм превышает величину СКП.

В целом выявлена зависимость увеличения невязки от увеличения расстояния. Кроме того, зафиксировано ухудшение точности измерений в местах, где потенциально могут быть помехи для точного наведения визирной оси на отражатель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, выполненные на эталонном линейном базисе геодезической сети Чкаловской научно-учебной базы, аттестованном метрологической службой для поверки геодезических приборов, позволяют сделать следующие выводы.

Проведенная оценка точности результатов геодезических измерений расстояний и превышений между пунктами эталонного базиса, выполненных исследуемыми электронными тахеометрами, показала, что паспортные значения точностных характеристик не превышают фактических значений, полученных в результате оценки точности.

Сравнительный анализ длин и превышений отрезков эталонного линейного базиса, измеренного двумя разными тахеометрами, с эталонными значениями выявил зависимость увеличения невязки в расстояниях и превышениях от увеличе-

ния расстояния. Зафиксировано ухудшение точности измерений в местах, где потенциально могут быть помехи для точного наведения визирной оси на отражатель.

Таким образом, электронные тахеометры А и В по результатам полевых исследований могут быть признаны пригодными для работ, проводимых для геодезического обеспечения землеустроительных и кадастровых работ. Однако для более полных выводов об эффективности применения указанных геодезических приборов для обеспечения землеустроительных и кадастровых работ рекомендуется также провести исследование точности определения площади земельных участков по методике [6].

По результатам сравнительного анализа результатов измерений, полученных двумя тахеометрами, выявлена более высокая точность измерений электронным тахеометром А.

© И.А. Кеворков, Д.И. Парпура, Р.Д. Курмачев,
А.О. Прийменко, А.М. Галстян, 2017

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Виноградов А.В., Войтенко А.В. Современные технологии геодезических изысканий: учебное пособие. Омск: СибАДИ, 2012.
2. Докукин П.А., Поддубский А.А., Поддубская О.Н. Анализ спутниковых измерений эталонного базиса // Международный научно-практический и производственный журнал «Науки о Земле». 2012. № 3. С. 29—35.
3. Батраков Ю.Г., Докукин П.А., Кокорев А.В., Лебедев А.М., Шендяпина С.В. Исследования электронного тахеометра 3Та5 // Геодезия и картография. 2002. № 4. С. 11—17.
4. Dokukin P.A., Ustinov A.V. Positioning and applications // Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». 2015. № 3. С. 53—62.
5. Юнусов А.Г., Беликов А.Б., Баранов В.Н., Каширкин Ю.Ю. Геодезия. М.: Академический проект, 2015.
6. Байрамов А.Н. Исследование точности аналитического способа определения площадей земельных участков // Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». 2013. № 3. С. 42—46.

DOI: 10.22363/2312-797X-2017-12-1-47-57

FIELD RESEARCH OF TOTAL STATIONS

**I.A. Kevorkov, D.I. Parpura, R.D. Kurmachev,
A.O. Priymenko, A.M. Galstyan**

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)
Miklukho-Maklaya st., 6, Moscow, Russia, 117198

Abstract. This article presents the results of field research of two total stations (the park of geodetic instruments of the experimentally-technological laboratory of remote sensing and land resources monitoring of the Agrarian Technological Institute of the RUDN University. This article was written based

on the research practices which the authors were in the Scientific and Educational Center of the Agrarian Technological Institute of the RUDN University. Electronic total stations, along with the receivers of the Global Navigation Satellite Systems (GNSS) currently is one of the most popular tools for the production of topographic and geodetic works. One of the important requirements of users for these surveying instruments — the accuracy of the measurement, which determines the accuracy of determining the coordinates of the turning points and the land area. The studies were conducted at a specialized reference geodetic network, authorized to carry out such tests, and is a benchmark tool for metrological certification of surveying instruments. For testing were chosen total stations that are most in demand in the production of topographic and cadastral surveys. The studies included a comparative analysis of the length and height of the reference sections of a linear basis, the measured electronic total stations; comparing passport data accuracy performance total station with the actual values obtained from measurements on the reference basis; Comparative analysis of the results of measurements of the lengths of sections and elevations of the reference line basis, with the reference values. The results of field studies have shown that the actual accuracy of the measurements performed by the subjects geodetic instruments generally corresponds to the values indicated in their passport characteristics. This led to the conclusion of the suitability of total stations for precise positioning required for receipt of geospatial data ensuring land surveying and cadastral works. Analysis of the results of geodetic measurements of the reference base segments showed the discrepancy between the increase of the increase of the measured distance. Fixed deterioration of the measurement accuracy in areas where there may be potentially interfere with the precision-guided sighting axis on the reflector.

Key words: total station, reference geodetic network, geodetic measurements, elevation, line length, precision, UPC, a linear basis, the discrepancy

REFERENCES

1. Vinogradov A.V., Voytenko A.V. Sovremennyye tekhnologii geodezicheskikh izyskaniy: uchebnoye posobiye. Omsk: SibADI, 2012.
2. Dokukin P.A., Poddubskiy A.A., Poddubskaya O.N. Analiz sputnikovykh izmereniy etalonnogo bazisa. *Mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskiy i proizvodstvennyy zhurnal «Nauki o Zemle»*. 2012. № 3. S. 29—35.
3. Batrakov Yu.G., Dokukin P.A., Kokorev A.V., Lebedev A.M., Shendyapina S.V. Issledovaniya elektronnogo takheometra 3Ta5. *Geodeziya i kartografiya*. 2002. № 4. S. 11—17.
4. Dokukin P.A., Ustinov A.V. Positioning and applications. *Mezhdunarodnyy nauchno-tekhnicheskiy i proizvodstvennyy zhurnal «Nauki o Zemle»*. 2015. № 3. S. 53—62.
5. Yunusov A.G., Belikov A.B., Baranov V.N., Kashirkin YU.YU. Geodeziya. Moscow, Akademicheskiy proyekt, 2015.
6. Bayramov A.N. Issledovaniye tochnosti analiticheskogo sposoba opredeleniya ploshchadey zemel'nykh uchastkov. *Mezhdunarodnyy nauchno-tekhnicheskiy i proizvodstvennyy zhurnal «Nauki o Zemle»*. 2013. № 3. S. 42—46.