

УДК 531.719.27

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИК ИЗМЕРЕНИЙ ДЛИН БАЗИСНЫХ ЛИНИЙ ПРЯМЫМ И КОСВЕННЫМ МЕТОДАМИ

П.Д. Сангалов, А.В. Мазуркевич

ФГУП «ВНИИФТРИ», Менделеево, Московская обл., Россия,
sangalov@vniiftri.ru,
avm@vniiftri.ru

Аннотация. В настоящей статье представлены результаты опробования разработанной специалистами института методики, обеспечивающей, с использованием высокоточного электронного тахеометра, определение косвенными методами длины линий между пунктами эталонного линейного базиса в условиях отсутствия прямой видимости с погрешностью менее одного миллиметра в диапазонах измерений до 100 м.

Ключевые слова: длина базисной линии, измерение, методы, электронный тахеометр.

INVESTIGATION OF METHODS FOR MEASURING THE LENGTHS OF BASELINES BY DIRECT AND INDIRECT METHODS

P.D. Sangalov, A.V. Mazurkevich

FSUE «VNIIFTRI», Mendeleevo, Moscow region, Russia,
sangalov@vniiftri.ru,
avm@vniiftri.ru

Annotation. In this article, the methods of measuring the lengths of baselines by direct and indirect methods using a high-precision electronic total station are considered. The error of the total station was calculated and the methods of measuring the lengths of the base lines were tested.

Key words: baseline length, measurement, methods, electronic total station.

В настоящее время есть необходимость измерений длин линий между пунктами эталонного линейного базиса с субмиллиметровой точностью при отсутствии возможности прямой видимости. Современные эталонные базисы представляют собой высокостабильные в плане и высоте сооружения, обеспечивающие среднегодовые колебания закладных центров пунктов относительно друг друга в пределах 1,5–2 мм. Эталоны на основе приёмников ГНСС не обеспечивают необходимую погрешность измерений при измерении длин линий в диапазоне до 100 м. Соответственно, нами разработана методика, которая позволяет с использованием высокоточного электронного тахеометра определить длину линий между пунктами базиса с погрешностью менее одного миллиметра в диапазоне измерений до 100 м. Суть методики заключается в возможности современного электронного тахеометра определять с высокой точностью расстояние между пунктами по приращению координат.

Рассмотрим далее содержание методики и результаты её практического опробования. Для проверки методики были выполнены две серии измерений (экспериментов) с помощью электронного тахеометра Leica TS60 I. В соответствии с описанием типа, погрешность данного средства измерений не должна превышать значения 0,7 мм на дистанциях до 100 м.

В ходе первого эксперимента выполнялась серия измерений длины методом прямых измерений. На начальном пункте эталонного базиса (A) ставится тахеометр, на втором (B) — отражатель. Для измерений используется электронный тахеометр. В соответствии с руководством на используемый прибор выполнялись прямые измерения длины, в итоге получено значение длины линии между точками A и B рис. 1.

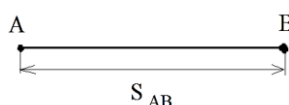


Рис. 1. Графическое представление линии между точками A и B

Данное значение, полученное с помощью классического метода прямых измерений, является опорным в наших экспериментах и в дальнейшем будет использовано для оценки точности метода определения расстояний косвенным методом по приращениям координат между пунктами линейного базиса A и B .

Во втором эксперименте тахеометр ставится на расстоянии от базисной линии в точке C , образуя треугольник. На точках A и B ставятся отражатели (рис. 2). Измеряются координаты точек A и B в условной, заданной оператором системе координат. Результаты измерений приведены в таблице.

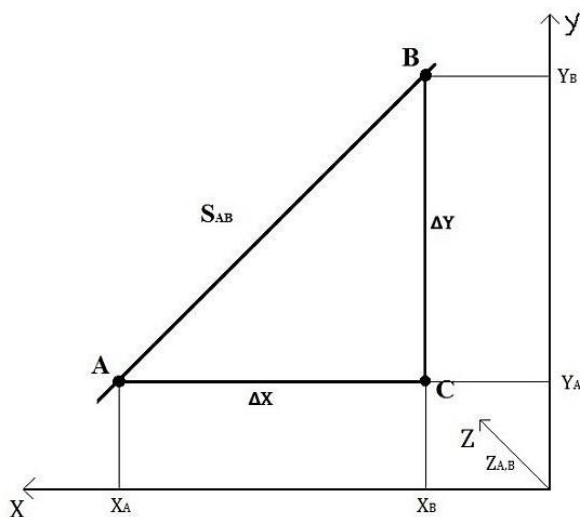


Рис. 2. Графическое обоснование эксперимента

Точка C — место установки тахеометра; точки A/B — точки, расположенные на измерительной линии; $X_{A,B}/Y_{A,B}/Z_{A,B}$ — координаты точек A, B ; $\Delta X/\Delta Y$ — приращения координат точек A/B ; S_{AB} — длина измеряемого отрезка

Получаем координаты точек. С помощью формул для решения обратной геодезической задачи расстояние между точками A и B определялось по формуле:

$$S_{AB} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}, \quad (1)$$

где $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ — приращения координат, определяемые как:

$$\Delta X = X_A - X_B;$$

$$\Delta Y = Y_A - Y_B;$$

$$\Delta Z = Z_A - Z_B.$$

Таблица

	Прямое измерение	Измерение по координатам		
		X_{cp} [mm]	Y_{cp} [mm]	Z_{cp} [mm]
Точка A	0	-2338,026653	-1528,33364	-760,077427
Точка B	4693,971	-3737,27078	-6008,90903	-760,28718
		ΔX	ΔY	ΔZ
		1399,244	4480,575	0,210
	$\Delta X^2, \Delta Y^2, \Delta Z^2$	1957884,126	20075555,796	0,044
	$\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2$	22033439,922		
	$\sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2)}$	4693,979		

Получены результаты:

- расстояние между точками A и B , измеренное тахеометром прямым методом: 4693,971 мм;
- расстояние между точками A и B , вычисленное по приращению координат: 4693,979 мм.

Такая хорошая сходимость объясняется тем, что измерения проводились в специально подобранных климатических условиях, с минимальными перепадами температуры и влажности, а также на короткой дистанции в 4,6 м. На дистанциях до 100 м, исходя из метрологических характеристик современных электронных тахеометров, аттестованных в качестве рабочих эталонов длины и плоского угла, значения погрешности не должны превышать значения в 1 мм.

В результате проведенных экспериментов можно сделать однозначный вывод, что разработанная специалистами института методика измерений длин линий базиса по приращениям координат работоспособна. Соответственно, с помощью высокоточных тахеометров, аттестованных как рабочие эталоны длины и плоского угла, возможно определить длины эталонных линейных базисов, в случае отсутствия прямой видимости между пунктами, с погрешностью менее 1 мм на дистанциях до 100 м.

Список литературы

1. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. — М.: Стандартинформ, 2019.
2. Васильев М.Ю., Татаренков В.М., Щипунов А.Н., Бузыкин В.Н., Губин С.А., Олейник-Дзядик О.М., Соколов Д.А. Фемтосекундные технологии воспроизведения единицы длины метр на микронном уровне в диапазоне длин до 60 м // Доклады VII Международного симпозиума «Метрология времени и пространства». — Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2014.

Статья поступила в редакцию: 03.09.2021 г.

Статья прошла рецензирование: 17.09.2021 г.

Статья принята в работу: 24.09.2021 г.