

УДК 528.48

к.т.н. Адаменко О.В.,

Київський національний університет будівництва і архітектури,

Акользін І.В.,

ДП «Укрметрестстандарт», м. Київ

КОНТРОЛЬ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА FARO FOCUS 3D S1210

Розглядається методика контролю метрологічних характеристик лазерних 3D сканерів.

Ключові слова: методика, контроль, метрологічна характеристика, лазерне сканування, геодезичні задачі.

На сьогодні лазерне сканування набуває все більшого розповсюдження при виконанні різноманітних геодезичних задач. Обов'язковою вимогою забезпечення якості виконання вимірювань є перевірка та контроль засобів виконання вимірювань, а саме лазерного сканера. Актуальним питанням і досі залишається питання контролю метрологічних характеристик лазерних сканерів.

Загальноприйнятою практикою виконувати контроль метрологічних характеристик лазерних сканерів є вимірювання на так званому калібрувальному полігоні. Нами було виконано контроль метрологічних характеристик лазерного сканера Faro Focus 3D S120 за допомогою такого полігону.

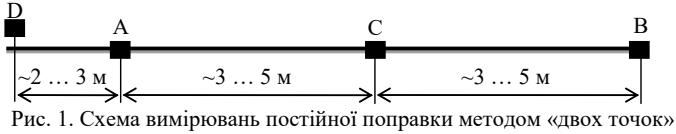
Під час проведення перевірки лазерного сканера контролювались наступні характеристики приладу:

- контроль установочного рівня;
- визначення постійної поправки комплексу "прилад-марка";
- визначення діапазону та похибки роботи компенсатора;
- визначення середньої квадратичної похибки вимірювань координат;

Контроль установочного рівня лазерного сканера виконувався за допомогою лімбового екзаменатора та високоточного брускового рівня. Лазерний сканер встановлювався на задалегідь приведений у горизонт лімбовий екзаменатор та оцінювалось відхилення бульбашки рівня від нуля-пункту.

Визначення постійної поправки комплексу «прилад-марка» виконувалось методом «двох точок», що розташовані в одному створі з приладом.

Під час проведення перевірки лазерний сканер встановлювався у точці С (рис. 1). В точках А і В встановлювались дві марки, на відстані ~6...10 м.



Виконавши вимірювання контрольних марок А і В, сканер переносився у точку D, вимірювання контрольних марок повторювалось.

Значення постійної поправки K_e , мм визначалось за формулою:

$$K_e = D_{AB} - C_{AB}, \tag{1}$$

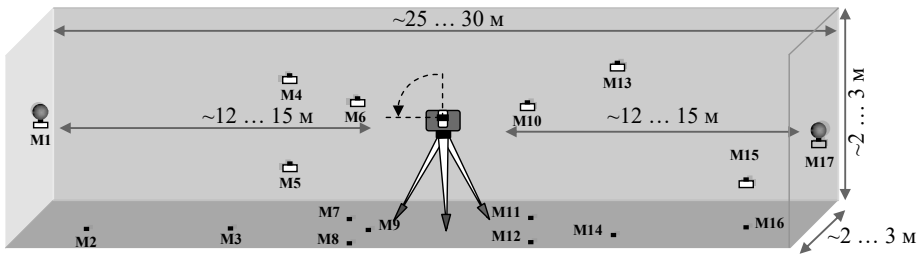
де C_{AB} – виміряне значення горизонтальної проекції між марками А і В з точки стояння С, мм;

D_{AB} – виміряне значення горизонтальної проекції між марками А і В з точки стояння D, мм.

За результатами вимірювань значення постійної поправки склало 0,1 мм.

Визначення діапазону та похибки роботи компенсатора виконувалось на калібрувальному полігоні за допомогою поворотного столу. Вимірювання виконувались відносно крайніх точок калібрувального полігону (M1 та M17 на рис. 2). Відстань між точками приблизно 30 м.

Лазерний сканер встановлювався посередині між точками M1 та M17, За допомогою штативу прилад нахилився в у двох взаємно перпендикулярних площинах - вздовж та поперек лінії, утвореної марками M1 та M17. Кут нахилу лазерного сканера контролювався за допомогою оптичного квадранту.



Похибка роботи компенсатора лазерного сканера визначалась за формулою:

$$\Delta_k = \max \left(\frac{\Delta_i \rho}{S v_i} \right), \tag{2}$$

де S - відстань між точками M1 та M17,

v_i - встановлений кут нахилу сканера, виміряний за допомогою квадранту,

Δ_i - похибка визначення перевищення між контрольними марками:

$$\Delta_i = \Delta H_i - \Delta H_0, \quad (3)$$

де ΔH_0 - різниця висот точок M1 та M17, визначена із горизонтального положення сканера,

ΔH_i - різниця висот точок M1 та M17, визначена при нахилі сканера.

Визначення середньої квадратичної похибки вимірювань координат виконувалось за допомогою калібрувального полігону (рис. 2). Такий полігон представляє собою прямокутне приміщення довжиною 30 м, шириною 3 м та висотою 3 м. В приміщенні рівномірно розташовані 15 контрольних точок. Кожна точка являє собою жорстко закріплений полий циліндр, на який можна встановити сферу. Координати пунктів визначені із середньою квадратичною похибкою, яка не перевищує 0,1 мм, Центром кожного пункту є перетин осі циліндра з його верхньою площиною.

Вимірювання лазерним сканером виконувались із трьох станцій. На кожній станції визначались координати всіх контрольних точок незалежно від вимірювань, виконаних на інших станціях. Перша станція встановлювалась на початку калібрувального полігону, друга - в середині, третя - в кінці (рис. 3,4,5).

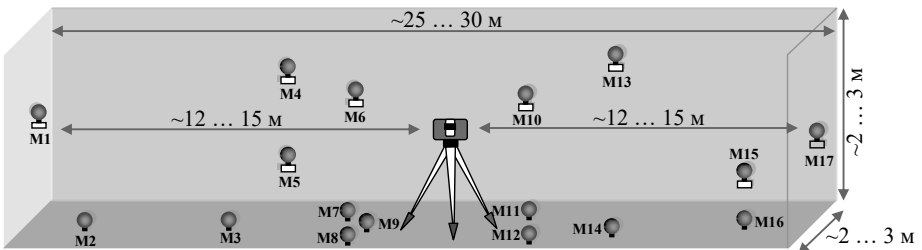


Рис. 3. Схема вимірювань при контролі вимірювань координат

Виміряні на станціях координати перетворювались у вихідну еталонну систему координат за допомогою семи-параметричного перетворення Гельмерта. Масштабний коефіцієнт в такому перетворенні приймався 1, інші коефіцієнти підбиралися за умови мінімуму суми квадратів відхилень координат.

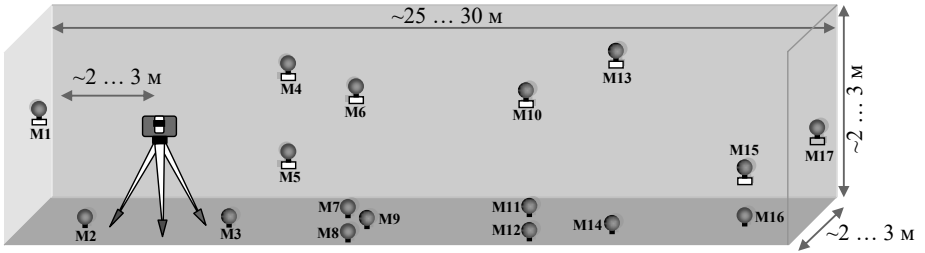


Рис. 4. Схема вимірювань при контролі вимірювань координат

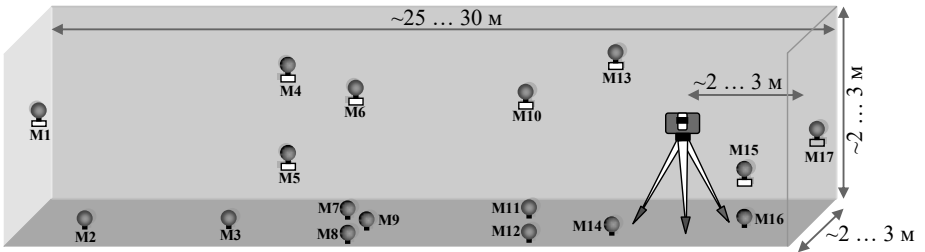


Рис. 5. Схема вимірювань при контролі вимірювань координат

Результати вимірювань та перетворення координат наведені у табл. 1,2,3.

Таблиця 1.

Результати вимірювань координат пунктів на лазерним сканером Focus 3D S120 на першій станції стояння

Номер точки	X	Y	H
1	1,407265	0,12564	-1,63621
2	4,489386	0,411289	-1,61742
3	7,488969	0,074212	-1,60123
4	10,04348	0,71904	-1,58588
5	13,48603	0,48908	-1,57036
6	16,70083	1,332433	-1,56151
7	22,11034	1,725052	-1,53901
8	23,64152	2,15995	-0,32923
9	19,29557	2,152717	-0,88621
10	17,74517	2,039487	0,391742
11	13,12611	1,693537	0,215843
12	7,40319	1,27449	0,145648
13	2,884298	0,948081	0,326798
14	2,892955	0,94285	-0,88773
15	-3,473608	0,486876	-0,18582

Таблиця 2.

**Результати вимірювань координат пунктів на лазерним сканером
Focus 3D S120 на другій станції стояння та перетворення їх
у систему координат першої станції**

Номер точки	Виміряні координати			Перетворені координати		
	X	Y	H	X	Y	H
1	7,461839	-4,3334	-0,49516	1,406	0,125	-1,635
2	4,753215	-2,83625	-0,4906	4,488	0,412	-1,616
3	2,462997	-0,86839	-0,48559	7,488	0,075	-1,600
4	-0,01216	0,037216	-0,4909	10,043	0,719	-1,591
5	-2,72824	2,166135	-0,48421	13,487	0,488	-1,570
6	-5,85849	3,277363	-0,49334	16,699	1,332	-1,561
7	-10,5537	5,997604	-0,49829	22,110	1,726	-1,540
8	-12,0491	6,499815	0,70511	23,643	2,160	-0,328
9	-8,45865	4,05973	0,166745	19,296	2,153	-0,886
10	-7,09654	3,277689	1,451839	17,745	2,040	0,392
11	-3,08641	0,965522	1,296888	13,128	1,693	0,215
12	1,880646	-1,91092	1,2546	7,403	1,274	0,146
13	5,802696	-4,18621	1,456614	2,884	0,948	0,327
14	5,782422	-4,17519	0,241724	2,892	0,944	-0,888
15	11,3094	-7,38112	0,974402	-3,472	0,487	-0,185
Елементи перетворення						
X0	10,018	Y0	0,746	Z0	-1,100	
εx	0° 20' 4"	εy	-0° 40' 43"	εz	-145° 44' 28"	

Таблиця 3.

**Результати вимірювань координат пунктів на лазерним сканером
Focus 3D S120 на третій станції стояння та перетворення їх у
систему координат першої станції**

Номер точки	Виміряні координати			Перетворені координати		
	X	Y	H	X	Y	H
1	2	3	4	5	6	7
1	14,49499	-4,33323	-0,79722	1,406	0,124	-1,636
2	11,78657	-2,83544	-0,79484	4,488	0,411	-1,619
3	9,496109	-0,86786	-0,78983	7,488	0,074	-1,603
4	7,020847	0,037446	-0,78626	10,044	0,719	-1,585
5	4,305106	2,16661	-0,78626	13,487	0,488	-1,571
6	1,174888	3,27793	-0,79539	16,699	1,332	-1,562
7	-3,51986	5,998701	-0,79918	22,110	1,726	-1,541
8	-5,01526	6,500988	0,403511	23,643	2,160	-0,330
9	-1,42534	4,059967	-0,13317	19,296	2,153	-0,885

1	2	3	4	5	6	7
10	-0,06323	3,277925	1,15192	17,745	2,041	0,393
11	3,946906	0,965758	0,996969	13,128	1,693	0,216
12	8,913962	-1,91069	0,954682	7,403	1,274	0,147
13	12,83601	-4,18597	1,156695	2,883	0,949	0,328
14	12,81574	-4,17495	-0,0582	2,892	0,943	-0,887
15	18,34228	-7,38152	0,672776	-3,472	0,487	-0,186
Елементи переворення						
X0	18,834	Y0	4,707	Z0	-0,754	
εx	0° 21' 3"	εy	-0° 40' 35"	εz	-145° 44' 20"	

Обчислення середньої квадратичної похибки визначення координат пунктів виконувалось за формулою:

$$m_i = \sqrt{\frac{\sum V_i^2}{n-1}}, \quad (4)$$

де V_i - відхилення координати точки на станції від середнього арифметичного значення,

n - загальна кількість вимірювань контрольних точок.

За результатами обчислень середня квадратична похибка вимірювань координат точок склала:

- для координати X - 0,56 мм; - для координати Y - 0,40 мм; - для координати H - 0,97 мм.

Висновки:

Таким чином, нами були проведенні дослідження з визначення метрологічних характеристик лазерного сканера Faro Focus 3D S120. Запропонована методика вимірювань може бути використана також і в польових умовах.

Література

1. "Методика перевірки лазерних сканерів" Плоский В. О., Самойленко О. М., Шульц Р. В., Адаменко О. В. // Інженерна геодезія, Київ, 2011 Вип.57 С.169-177

Аннотация

В данной работе рассматриваются методика контроля метрологических характеристик лазерных 3D сканеров.

Ключевые слова: методика, контроль, метрологическая характеристика, лазерное сканирование, геодезические задачи.

Abstract

The article is concerned method of control metrological characteristics of Laser 3D scanners.