

ЙМОВІРНО-СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ГЕОМЕТРИЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ОСАДКИ 9 -ПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ

Третенков В.М. (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса)

Наведені матеріали досліджень фактичних результатів геометричного нівелювання осадочних марок при визначенні осадки 9 поверхового житлового будинку.

Високоточне геометричне нівелювання є ефективний спосіб визначення величини осадки будинків і споруд і широко застосовується в практиці відбудовних робіт. В даній статті наведені матеріали ймовірно-статистичного аналізу і оцінки фактичних результатів нівелювання на прикладі визначення осадки 9 поверхового будинку, що розташований в м. Одесі по вул. М. Говорова.

Точність визначення осадки будинку залежить від надійності і точності геометричного нівелювання, яке в свою чергу залежить від похибок приладу і рейки, їх вивірки і юстировки, а також впливу зовнішніх умов. Тому нівелювання виконується старанно і з додержанням двох контролів:- різності відліків по основній і додатковій шкалах ("п'ятки" рейки);- різності між перевищеннями на кожен марку, визначених при двох горизонтах приладу. Вони дозволяють контролювати надійність і точність вимірів [1].

В нашому прикладі виконано 4 цикли нівелювання з вересня по грудень 2005 року за допомогою нівеліра Н05 і рейки РН05. В кожному циклі були визначені умовні відмітки осадочних марок при двох горизонтах приладу відносно вихідного репера і значення "п'ятки" рейки в кожному виміру, кількість яких по циклах склало 27-30.

Згідно з гіпотезою, що геодезичні виміри рівноточні і підпорядковуються нормальному закону розподілу, аналіз фактичних значень "п'ятки" рейки виконано нами в наступному порядку. Обчислено за циклами вимірів: середнє арифметичне значення \bar{X} ; середня квадратична похибка окремого виміру m і середнього арифметичного значення $M=M_x$; стандарт середньої квадратичної похибки окремого виміру m_m і середнього арифметичного значення M_m ;

Надійність отриманих результатів при ймовірності $\beta=0.95$, n – вимірів і значення $t = 2.05$, визначеного за таблицею розподілу Стью-

дента (дод 3 [1]). $m > t m_m$, (1) або $0,32 > 0,08$; $M > t M_m$, (2) або $0,06 > 0,018$ діл. рейки підтверджується.

Довірчі інтервали при $\beta = 0,95$ $t = 2,05$; для істинного значення

$$\bar{x} - tM \leq x \leq \bar{x} + tM, (3) \text{ і окремого виміру } \bar{x} - tm \leq x_i \leq \bar{x} + tm, (4)$$

Згідно з розрахунками (табл. 1) максимальні інтервали для визначеного істинного значення склали від 4,85 до 5,2; для окремого виміру – від 4,33 до 5,73 діл. Рейки. Розрахункові інтервали вказують, що всі виміри є доброякісними.

Таблиця 1

Таблиця контрольних значень “п'ятки” рейки $x = (592\alpha, \beta)$; отримання із геометричного нівелювання осадочних марок, ділень рейки

№ пор.	0		1		2		3	
	α, β_i	V_i	α, β_i	V_i	α, β_i	V_i	α, β_i	V_i
1	4.8	-0.21	4.9	-0.2	4.7	-0.27	5.2	0.2
2	4.6	-0.41	5.0	-0.1	5.0	0.03	5.5	0.5
3	5.2	0.19	5.4	0.3	4.8	-0.17	5.2	0.2
4	5.1	0.09	5.1	0	5.2	0.23	4.9	-0.1
5	5.7	0.69	5.0	-0.1	5.5	0.53	5.2	0.2
6	4.9	-0.11	5.2	0.1	5.4	0.43	5.3	0.3
7	5.4	0.39	5.0	-0.1	4.4	-0.57	4.6	-0.4
8	4.7	-0.31	4.5	-0.6	4.8	-0.17	5.4	0.4
9	4.7	-0.31	5.5	0.4	4.6	-0.37	5.4	0.4
10	4.8	-0.21	5.7	0.6	4.8	-0.17	4.6	-0.4
11	4.6	-0.41	5.5	0.4	5.5	0.53	5.2	0.2
12	4.8	-0.21	5.6	0.5	4.8	-0.17	5.3	0.3
13	5.1	0.09	5.0	-0.1	4.9	-0.07	4.8	-0.2
14	5.0	0.01	4.9	-0.2	5.6	0.63	5.0	0
15	5.7	0.69	4.9	-0.2	4.6	-0.37	5.3	0.3
16	4.8	-0.21	4.8	-0.3	4.6	-0.37	4.6	-0.4
17	4.9	-0.11	4.9	-0.2	4.8	-0.17	4.8	-0.2
18	5.4	0.39	4.7	-0.4	4.7	-0.27	4.7	-0.3
19	4.9	-0.11	4.9	-0.2	4.9	-0.07	4.9	-0.1
20	5.4	0.39	5.6	0.5	4.6	-0.37	4.5	-0.5
21	4.9	-0.11	4.7	-0.4	4.7	-0.27	4.5	-0.5
22	4.7	-0.31	5.3	0.2	5.2	0.23	5.2	0.2
23	5.1	0.09	4.9	-0.2	4.9	-0.07	5.1	0.1

Продовження таблиці 1

№ пор.	0		1		2		3	
	α, β_i	V_i	α, β_i	V_i	α, β_i	V_i	α, β_i	V_i
24	4.8	-0.21	5.1	0	5.2	0.23	5.1	0.1
25	4.7	-0.31	5.3	0.2	4.7	-0.27	5.1	0.1
26	5.1	0.09	5.7	0.6	5.3	-0.27	5.5	0.5
27	5.4	0.39	5.1	0	4.8	-0.17	5.0	0
28	-	-	4.9	-0.2	5.5	0.53	5.0	0
29	-	-	5.1	0	5.0	0.03	4.7	-0.3
30	-	-	5.3	0.2	5.5	0.53	4.5	-0.5
ΣV^2	2.6187		2.85		3.2910		2.83	
X	5925.01		5925.10		5924.97		5925.00	
m	0.32		0.31		0.33		0.31	
M_x	0.06		0.06		0.06		0.06	
m_m	0.04		0.04		0.04		0.04	
M_m	0.009		0.008		0.008		0.007	
$m > tM_m$	0.32 > 0.08		0.31 > 0.08		0.33 > 0.08		0.31 > 0.08	
$M > tm_m$	0.06 > 0.018		0.05 > 0.012		0.06 > 0.016		0.06 > 0.012	
X	4.89 ≤ X ≤ 5.13		5.01 ≤ X ≤ 5.21		4.85 ≤ X ≤ 5.09		4.9 ≤ X ≤ 5.1	
x_i	4.33 ≤ x_i ≤ 5.69		4.48 ≤ x_i ≤ 5.73		4.28 ≤ x_i ≤ 5.66		4.4 ≤ x_i ≤ 5.6	
M	0.05 ≤ M ≤ 0.08		0.04 ≤ M ≤ 0.07		0.05 ≤ M ≤ 0.08		0.04 ≤ M ≤ 0.07	
mx_i	0.26 ≤ mx_i ≤ 0.45		0.26 ≤ mx_i ≤ 0.44		0.27 ≤ mx_i ≤ 0.46		0.25 ≤ mx_i ≤ 0.43	

Довірчі інтервали при $\beta = 0,95$; $P_2 = 0,03$; $P_1 = 0,97$. За табл. значень χ^2 Пірсона (дод. 4[1]) склали; для середньої квадратичної похибки середнього арифметичного; $\gamma_1 M \leq M \leq \gamma_2 M$, (5) або $0,05 \leq M \leq 0,08$; для середньої квадратичної похибки окремого виміру $\gamma_1 m \leq m \leq \gamma_2 m$, або $0,26 \leq M \leq 0,45$ діл.р.;

Отже із табл. 1 коливання окремих вимірів знаходиться в межах 1,4 ділень рейки, або 0,7 мм, середніх арифметичних значень – 0,24 ділень р., або 0,12 мм. Дані показники знаходяться в межах вимог для нівелювання II класу [1,2].

Аналіз точності фактичних результатів нівелювання за різностями подвійних значень відміток 12 осадочних марок виконано за умовою рівноточності вимірів в наступному порядку. Обчислені по циклах різності подвійних вимірів – d_i по кожній марці, систематична похибка $\theta = \sum d_i / n$, (7) виправлені різності за систематичну похибку

$d'_i = d_i - \theta$, (8); середня квадратична похибка окремого виміру

$$m_d = \sqrt{\frac{\sum d_i'^2}{2 \cdot (n-1)}}, \quad (9); \quad \text{і середнього з двох вимірів } m_{\text{ср}} = \frac{m_d}{\sqrt{2}} \quad (10).$$

Величина середньої квадратичної похибки окремого виміру коливається по циклах від 0,16 до 0,31 мм, а середнього значення з двох вимірів – від 0,12 до 0,22 мм.

Висновок. Отримані дані нівелювання забезпечать достатньо високу точність визначення величини осадки 9 поверхового будинку в час між циклами спостережень. Середня квадратично похибка визначення відмітки марки не перевищує 0,22 мм.

Література

1. Справочник геодезиста. Под ред. В.Д. Большакова и Г.П. Левчука. М.: Недра, 1975 – 1056с.
2. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. М.: Недра, 1974-107с.

Таблиця 2.

Оцінка точності результатів геометричного нівелювання осадочних марок за різницями подвійних вимірів

№ марки	0 ЦИКЛ			1 ЦИКЛ			2 ЦИКЛ			3 ЦИКЛ		
	Відмітки, м		d, мм	Відмітки, м		d, мм	Відмітки, м		d, мм	Відмітки, м		d, мм
	1-e	2-e		1-e	2-e		1-e	2-e		1-e	2-e	
1	0,7732	0,7736	-0,4	0,7732	0,7735	-0,3	0,7721	0,7720	+0,1	0,7710	0,7704	+0,6
2	0,7577	0,7583	-0,6	0,7580	0,7584	-0,4	0,7571	0,7568	+0,3	0,7565	0,7558	+0,7
3	0,8802	0,8809	-0,7	0,8805	0,8808	-0,3	0,8794	0,8792	+0,2	0,8786	0,8785	+0,1
4	0,9241	0,9238	+0,3	0,9239	0,9236	+0,3	0,9233	0,9229	+0,4	0,9220	0,9224	-0,4
5	0,8128	0,8125	+0,3	0,8129	0,8128	+0,1	0,8122	0,8119	+0,3	0,8117	0,8113	+0,4
6	0,8924	0,8920	+0,4	0,8923	0,8920	+0,3	0,8913	0,8909	+0,4	0,8915	0,8909	+0,6
7	0,7522	0,7518	+0,4	0,7521	0,7525	-0,4	0,7519	0,7513	+0,6	0,7521	0,7515	+0,6
8	0,7719	0,7712	+0,7	0,7716	0,7710	+0,6	0,7709	0,7707	-0,2	0,7716	0,7722	-0,6
9	0,8745	0,8743	+0,2	0,8740	0,8745	-0,5	0,8739	0,8737	+0,2	0,8740	0,8738	+0,2
10	0,8267	0,8268	-0,1	0,8264	0,8267	-0,3	0,8265	0,8260	+0,5	0,8260	0,8262	-0,2
11	0,6896	0,6897	-0,1	0,6895	0,6896	-0,1	0,6898	0,6892	+0,6	0,6900	0,6900	0
12	0,7008	0,7004	+0,4	0,7006	0,7003	+0,3	0,7004	0,7003	+0,1	0,7010	0,7008	+0,2
	$\Theta =$	+0,067	$\Sigma +0,8$	$\Theta =$	-0,058	$\Sigma -$	$\Theta =$	+0,29	$\Sigma +3,5$	$\Theta =$	+0,18	$\Sigma +2,2$
	$\Sigma d^2 =$	2,1456	0,7	$\Sigma d^2 =$	1,4492	0,7	$\Sigma d^2 =$	0,60		$\Sigma d^2 =$	1,9504	
	$m_{xi} =$	0,31 мм		$m_{xi} =$	0,26 мм		$m_{xi} =$	0,16 мм		$m_{xi} =$	0,30 мм	
	$m_{x, cp} =$	0,22 мм		$m_{x, cp} =$	0,18 мм		$m_{x, cp} =$	0,12 мм		$m_{x, cp} =$	0,21 мм	