УДК 528.385

Л.С.Хижак, В.М.Новосад

ПРО ПОМИЛКУ ВІДЛІКУ ПО ШАШКОВІЙ РЕЙЦІ МЕТОДОМ СУМІЩЕНЬ ПРИ ГЕОМЕТРИЧНОМУ НІВЕЛЮВАННІ

Встановленню точності відліку по рейці присвячено багато праць, наприклад [1-3], в яких розглядається точність відліку по рейці при ріаних методах геометричного нівелювання. Але у вказаних працях не дається загального розв'язку цієї задачі. Так, у роботах [4,5] стверджується, що помилка відліку залежить від віддалі, у той час як таке ствердження ні теоретично, ні практично до кінця не доказано. Слід зауважити, що в даній статті розглядається особливий метод нівелювання: використовуються шашкові рейки і нівелір із плоско-паралельною пластинкою, здатною зміщувати горизонтально промінь світла на 10 мм.

Таке нівелювання діючою інструкцією не передбачено і, звичайно, до цього часу практично ніким фундаментально не досліджувалось. Тому нами були проведені спеціальні експериментальні роботи з метою виявлення помилок відліку по рейці при використанні плоско-паралельної пластини та існуючих шашкових рейок. Для цього була розроблена спеціальна програма, яка полягала в тому, щоб виявити вплив на точність відліку акуратності нанесення поділок, ціни поділки рівня і віддалі від інструмента до рейки. Для цього брали відліки на трьох поділках рейки при ріаних віддалях (25, 35, 50, 75, 100, 150 м) при одному і двох контактуваннях рівня. Для кожної поділки і кожної віддалі проводили по 100 парних суміщень країв шашки при одному і двох

(C) Хижак Л.С., Новосад В.М., 1996

контактуваннях рівня (рівень контактувався між парними суміщеннями). Таким чином, було одержано для кожної шашки і кожної віддалі по 100 подвійних відліків для одного і двох контактувань рівня. Всього було одержано 3600 подвійних вимірів.

Тепер перейдемо до математичної обробки одержаних результатів експериментального матеріалу. Передусім нас цікавила залежність помилки відліку від віддалі. Дослідження проводили за різницями подвійних вимірів. Тому для розв'язання цієї задачі ми використали шість разів однофакторний дисперсійний аналіз (для трьох поділок рейки та одного і двох контактувань рівня). Результати однофакторного аналізу наведені в табл.1.

Таблиця 1

Дисперсійна таблиця

Розсіювання	Сума квадратів різниць	Ступінь вільності	Дисперсії	Критерій Фішера
Одне контактування				
		1000		
Між стовпчиками	0,33	5	0,065	$F = \frac{0,065}{0,004} = 16$
Між рядками	2,44	594	0,004	
Сумарне	2,77	599	0,069	
		1500		
Між стовпчиками	0,66	5	0,132	$F = \frac{0,132}{0,008} = 16$
Між рядками	4,70	594	0,008	
Сумарне	5,36	599	0,140	
		2000		
Між стовпчиками	1,15	5	0,230	$F = \frac{0,230}{0,009} = 25$
Між рядками	5,14	594	0,009	
Сумарне	6,29	599	0,239	
Два контактування				
		1000		
Між стовпчиками	0,62	5	0,124	$F = \frac{0,124}{0,004} = 31$
Між рядками	2,18	594	0,004	
Сумарне	2,80	599	0,128	
		1500		
Між стовпчиками	0,15	5	0,030	$F = \frac{0,030}{0,009} = 3$
Між рядками	5,66	594	0,009	
Сумарне	5,81	599	0,039	
		2000		
Між стовпчиками	1,89	5	0,378	$F = \frac{0,378}{0,026} = 14$
Між рядками	15,49	594	0,026	
Сумарне	17,38	599	0,404	

У першому стовпчику подані види розсіювання для трьох поділок 1000, 1500, 2000 при одному і двох контактуваннях рівня. Аналізуючи дані цієї таблиці, неважко помітити, що дисперсії між стовпчиками, які характеризують залежність від віддалі, значно більші від дисперсій між рядками, які від віддалі не залежать. І тому, згідно з критерієм Фішера, можна стверджувати, що з високим ступенем імовірності різниці відліків залежать від віддалі.

З метою виявлення цієї залежності нами були обчислені за формулою

$$m_d = \pm\sqrt{\frac{[d^2]}{2n}}$$

середні квадратичні помилки відліку для різних поділок рейки і різних віддалей при одному і двох контактуваннях рівня. Кожна помилка в цій таблиці була одержана із 100 подвійних різниць. Результати цих обчислень наведені в табл.2.

Очевидно, що кожна помилка в цій таблиці містила, крім інших факторів, вплив віддалі, акуратності нанесення поділок на рейках і контактування рівня на відлік по рейці.

Таблиця 2

Результати обчислень

25 м	35 м	50 м	75 м	100 м	150 м	Поділки	Середні
			Одне контактування				
0,094	0,133	0,118	0,128	0,111	0,152	1000	0.123
0,194	0,128	0,142	0.097	0,124	0,108	1500	0,132
0,123	0,121	0,115	0,161	0,176	0,215	2000	0,152
0,137	0,127	0,125	0,129	0,137	0,158		0,135
			Два контактування				
0,095	0,128	0,106	0,143	0,142	0,172	1000	0,131
0.158	0,169	0,142	0,142	0,166	0,149	1500	0.154
0,120	0,131	0,261	0,223	0,260	0,260	2000	0,188
0,124	0,143	0,127	0,182	0,177	0,194		0,158

Як можна помітити аналізуючи таблицю, явної залежності від віддалі не простежується. Але коли розглядати середні значення для одного і двох контактувань, то така залежність проявляється, причому в тисячних частках міліметра, тобто в мікронах. Ці

результати підтверджуються і даними дисперсійного аналізу (табл.3). У цій таблиці наведені середні квадратичні помилки, які містять вплив віддалі, і середні квадратичні помилки впливу віддалі для різних поділок рейки при одному і двох контактуваннях рівня. В цій таблиці S_T - помилки, які містять вплив усіх факторів, крім віддалі; S_B - помилки, викликані віддаллю від інструмента до рейки. Окрім цього, середні значення, подані в табл.2, вказують на залежність помилки відліку як від поділки рейки, так і від контактування. При двох контактуваннях помилки більші від помилок при одному контактуванні, тобто помилка контактування впливає на помилку відліку.

Таблиця 3

Дані дисперсійного аналізу

1000		1500		2000	
S_T	S_B	S_T	S_B	S_T	S_B
		Одне контактування			
0,06	0,02	0,09	0,03	0,09	0,04
		Два контактування			
0,06	0,03	0,09	0,01	0,16	0,05

Таблиця 4

Середні арифметичні значення

25 м	35 м	50 м	75 м	100 м	150 м	Поділка	Середні
			Одне контактування				
+0,053	+0,005	+0,007	-0,019	+0.011	+0,001	1000	0,009
+0,091	-0,021	+0,006	+0,024	+0,027	+0.004	1500	0,022
+0,025	-0,008	-0,014	+0.003	0,023	+0,020	2000	0,008
0,056	-0,008	0,000	0,003	0,020	0,008		0,013
			Два контактування				
+0,064	+0,040	-0.008	+0,016	+0,013	+0,009	1000	0,019
-0,014	-0,009	+0,021	-0,046	-0,004	-0,007	1500	-0.009
-0,020	-0,013	+0.002	+0,055	+0,031	+0.011	2000	0,011
0,010	0,006	0,005	0,008	0,013	0,001		0,007

Для виявлення систематичних помилок у різницях нами були обчислені середні значення різниць для різних віддалей поділок при одному і двох контактуваннях рівня (табл.4).

Розглядаючи результати, наведені в табл.4, можна стверджувати, що систематичні помилки в різницях не перевищують в середньому трьох тисячних міліметра.

Резюмуючи вищесказане, доходимо висновку, що

- помилка відліку залежить від віддалі, але ця залежність проявляється в тисячних частках міліметра;

- на помилку відліку по рейці впливає як акуратність нанесення поділок на рейці, так і точність контактування рівня, які також проявляються в тисячних частках міліметра.

1. Иордан В., Эггерт О., Кнейсель М. Руководство по высшей геодезии. М., 1963. 2. Красовский Ф.Н., Данилов В.В. Руководство по высшей геодезии. М., 1939. 3. Островский А.Л., Новосад В.Н. Разработка методики нивелирования III класса шашечными деревянными рейками методом совмещений // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1988. Вып.47. С.53-58. 4. Пандул И.С., Кметко И.Н., Литинский В.О. и др. Практика нивелирования по шашечным рейкам способом совмещения. Л., 1987. 5. Чеботарев А.С. Геодезия. Ч.II. М., 1962.