

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ
ЕКОНОМІКИ І УПРАВЛІННЯ**

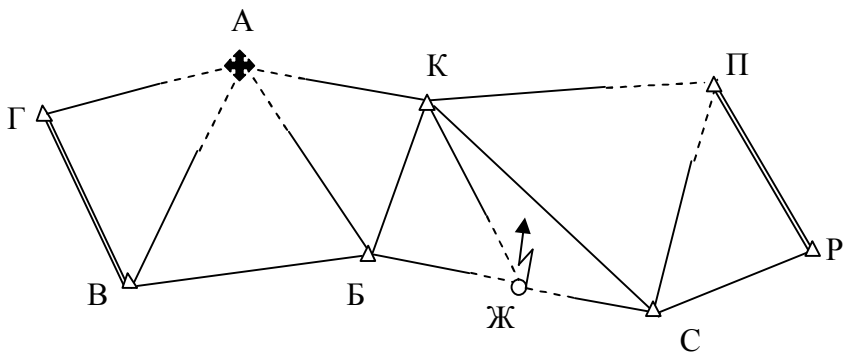
Р.М.Літнарвич

**Розробка технології створення
планової геодезичної мережі методом
несуцільних спостережень триангуляції**

Навчальний посібник

з курсу “Основні геодезичні роботи”

Частина X



Чернігів, 2001

УДК 378.147.31

Літнарівч Р.М. Розробка технології створення планової геодезичної мережі методом несучільних спостережень триангуляції. Навчальний посібник з курсу “Основні геодезичні роботи”. Частина X . Чернігів, ЧДІЕіУ, 2001,-42 с.

Затверджено на засіданні Вченої ради ЧДІЕіУ, протокол №6 від 27.06.01р.

Рецензенти: Боровий В.О., д.т.н., професор
Войтенко С.П., д.т.н., професор
Канівець В.І., д.с/г.н., професор

У ІХ частині посібника досліджувалась модель триангуляції №1, яка була взята із Практикуму з вищої геодезії МПГАіК, 1982 року видання.

У Х частині посібника досліджується модель триангуляції №2, яка взята із Практикуму з вищої геодезії автора Б.Н.Рабіновича, 1951 року видання.

© Літнарівч, 2001

ЗМІСТ

Вступ.....	4
4.1. Постановка проблеми дослідження.....	5
4.2. Польовий контроль при згущенні мереж методом несуцільних спостережень триангуляції.....	7
4.3. Зрівноваження ряду несуцільних спостережень триангуляції.....	13
4.4. Контроль результатів зрівноваження.....	24
4.5. Оцінка точності.....	27
4.6. Зрівноваження ряду між двома вихідними базисними сторонами.....	37
Висновки.....	39
Література.....	41
Перелік розроблених автором і приведених програм.....	41

ВСТУП

До недавнього часу одним із найпоширеніших методів побудови і згущення державних геодезичних мереж була триангуляція. На місцевості закріплюють ряди і мережі трикутників, вимірюють горизонтальні кути і вихідні сторони або замикають ряди на пункти з відомими координатами. Розраховують всі сторони і координати пунктів, знаходять нев'язки, і якщо вони допустимі, урівнюють триангуляцію і роблять оцінку точності.

В зв'язку з широким використанням за останній час методу визначення координат пунктів за системою *GPS*, особливо актуальним постає питання у поєднанні даного методу із традиційними наземними методами, такими, як полігонометрія, триангуляція, трилатерація.

Проблемі дослідження точності елементів наземного методу триангуляції, що опирається на ряд пунктів, координати яких визначені за системою *GPS*, і присвячується дана робота.

У IX частині посібника досліджувалась модель триангуляції №1, яка була взята із Практикуму з вищої геодезії МІІГАіК, 1982 року видання.

У X частині посібника досліджується модель триангуляції №2, яка взята із Практикуму з вищої геодезії автора Б.Н.Рабіновича, 1951 року видання.

Хоча координати вихідних пунктів у даних моделях визначені не за системою *GPS*, вони є пунктами старшого класу і вважаються безпомилковими для подальшого згущення, чого цілком достатньо для проведення досліджень.

В роботі [4] пропонується на ряді пунктів не робити спостереження, а згущати планові геодезичні мережі, прокладаючи ряди несущільних спостережень триангуляції.

При цьому відсутні умовні рівняння фігур. Але наявність умовних рівнянь сторін, дирекційних кутів і координат дає можливість виконати польовий контроль надійно по розроблених програмах на програмованих мікрокалькуляторах МК 52 і МК 61.

4.1. Постановка проблеми дослідження

За робочу модель досліджень взятий ряд триангуляції [3, с.192].

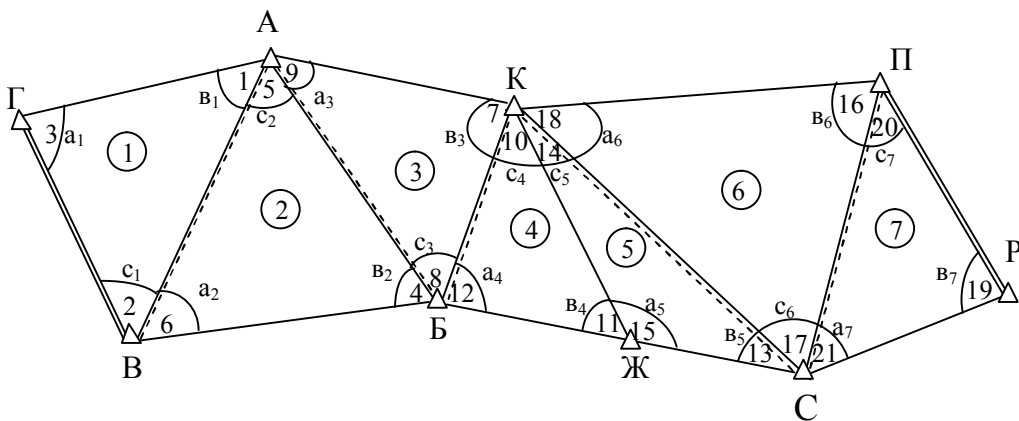


Рис.1. Ряд суцільних спостережень триангуляції.

Зрівноваження даного ряду виконано двогруповим способом за Урмаєвим. В першу групу рівнянь ввійшли незалежні умови фігур, і їх рішення за способом найменших квадратів виконано розподіленням третини нев'язки в кожному кут трикутника з оберненим знаком. При цьому сума кутів, виправлених первинними поправками, дорівнює 180° .

Вільні члени умовних рівнянь другої групи розраховуються по кутах, виправлених первинними поправками. Для даного ряду в цю групу увійдуть чотири умовних рівняння: дирекційних кутів, базисне, абсцисе і ординат.

Вихідними елементами в цьому ряді є координати пунктів **В** і **П**, а також логарифми і дирекційні кути сторін **ВГ** і **ПР**.

Маємо для них наступні дані:

Пункт **В** : $X=5700334,76$ $Y=10483138,02$
 Пункт **П** : $X=5709329,92$ $Y=10558727,60$

$\lg(\mathbf{ВГ})=4,1788001$; $\alpha_{\mathbf{ВГ}}=354^\circ 00'43,03''$
 $\lg(\mathbf{ПР})=4,2552872$; $\alpha_{\mathbf{ПР}}=163^\circ 56'14,75''$

Нехай на пунктах **А**, **Ж**, **Ц**, спостереження не виконувались

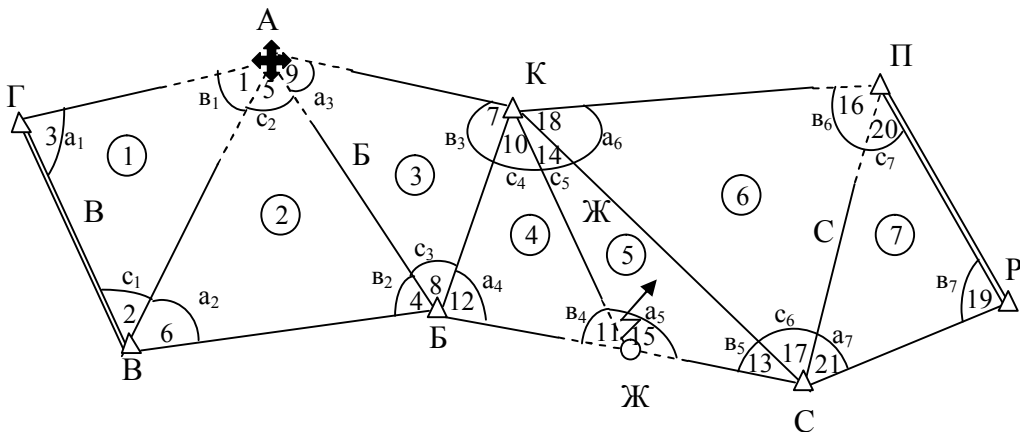


Рис.2. Ряд суцільних спостережень триангуляції.

При проведенні досліджень взяті виміряні кути і редуковані на площину в пунктах Г, В, Б, К, С, Р. На пунктах А, Ж, П спостереження не проводились. Кути в кожному трикутнику на даних пунктах взяті, як доповнення до 180° .

Необхідно строго корелатним способом врівноважити ряд несучільних спостережень триангуляції.

Пункти А, Ж, недоступні для встановлення в них теодоліта. Вибрані для візування конструктивні елементи фундаментальних споруд надійно зберуться і не будуть втрачені довгий час. Відсутність польового контролю за умови фігур при наявності програмованих мікрокалькуляторів не знижує можливостей продвигу ряду, тому що з'являється можливість виконати польовий контроль, розраховуючи вільні члени умовних рівнянь дирекційних кутів, сторін і координат.

4.2. Польовий контроль при згущенні мереж методом несучільних спостережень триангуляції.

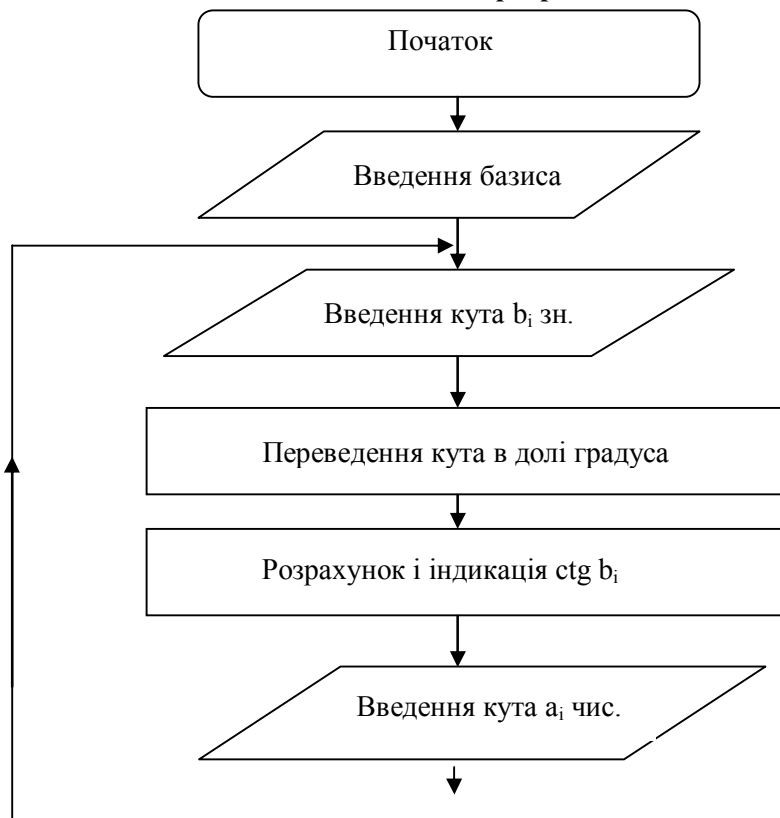
Польовий контроль виконується за програмою №1.

Програма №1

розрахунку зв'язуючих сторін і коефіцієнтів умовних рівнянь сторін і координат пунктів

Fпрг	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	С/П	Х-П1	С/П	К°'''	Х-П2	Ftg	F1/Х	С/П	К°'''	Х-П3
10	Ftg	F1/Х	С/П	П-Х3	Fsin	П-Х1	х	П-Х2	Fsin	:
20	Х-П1	С/П	БП	02	С/П	Х-П1	С/П	Х-П2	С/П	К°'''
30	Х-П3	Fcos	С/П	Х-П4	х	П-Х1	+	Х-П1	С/П	П-Х3
40	Fsin	П-Х4	х	П-Х2	+	Х-П2	С/П	БП	28	Фавт

Блок схема програми





Примітка: При розрахунку за програмою в першому значенні ctg(знаменник) знак змінювати на обернений вручну.

Таблиця №1

***Розрахунок зв'язуючих сторін в ряді
несуцільних спостережень триангуляції.***

№ трикутника	Назва кутів № кутів	№ кутів	Назва вершин	Виміряні кути, редуковані на лощину	Виміряні і доповнені до 180° кути	Сторони	ctg	Зменшені в 10 разів	
								Fx	Fy
	b ₁	1	А		29° 30'11,03"	15093,852	1,767		
1	c ₁	2	В	55° 08'13,83"	55° 08'13,83"				
	a ₁	3	Г	95° 21'35,14"	95° 21'35,14"	30515,277	-0,094		
	b ₂	4	Б	74° 50'48,73"	74° 50'48,73"	30515,277	0,271		
2	c ₂	5	А		61° 57'41,26"				
	a ₂	6	В	43° 11'30,01"	43° 11'30,01"	21638,258	1,065		
	b ₃	7	К	59° 30'25,07"	59° 30'25,07"	21638,258	0,589		
3	c ₃	8	Б	66° 05'22,63"	66° 05'22,63"				
	a ₃	9	А		57° 24'12,30"	20418,966	0,716		
	b ₄	10	Ж		67° 12'50,89"	20418,966	0,420		
4	c ₄	11	К	47° 56'29,04"	47° 56'29,04"				
	a ₄	12	Б	64° 50'40,07"	64° 50'40,07"	20046,855	0,470		
	b ₅	13	С	34° 08'58,21"	34° 08'58,21"	20046,855	1,478	-6,194	-0,577
5	c ₅	14	К	36° 45'40,64"	36° 45'40,64"			+0,391	-4,202
	a ₅	15	Ж		109° 05'21,15"	33747,838	-0,346	-1,454	-0,135
	b ₆	16	П		66° 33'50,64"	33747,838	0,433	+0,806	-1,766
6	c ₆	17	С	58° 38'52,95"	58° 38'52,95"			-4,097	-1,860
	a ₆	18	К	54° 47'16,41"	54° 47'16,41"	30051,880	0,706	-1,312	+2,892
	b ₇	19	Р	100° 39'11,09"	100° 39'11,09"	30051,880	-1,188	+0,708	+1,315
7	c ₇	20	П		43° 17'03,91"			+6,992	-3,766
	a ₇	21	С	36° 03'45,00"	36° 03'45,00"	18000,814	1,373	+5,172	+9,602

$$S_{\text{вих}}=18000,609$$

$$W_S=+0,205 \text{ м}$$

Розрахуємо допустиме значення вільного члена базисного умовного рівняння:

$$W_{S_{\text{дон}}} = 2,5 \sqrt{m_{\beta}^2 [BB] + 2 \left(S'' \frac{m_b}{b} \right)^2} \quad (4.2.1)$$

і для ряду триангуляції

$$W_{\text{доп}} = 2,5 \sqrt{1''^2 \cdot 18,81 + 2 \left(\frac{2 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^5} \right)^2} = 11''$$

а для ряду несучільних спостережень триангуляції

$$W_{\text{доп}} = 2,5 \sqrt{11'' \cdot 46,11 + 2 \left(\rho'' \frac{m_b}{b} \right)^2} = 17''$$

$$\lg 18000,814 = 4,255292$$

$$\lg_{\text{вих}} = 4,2552872$$

$W_s = +49$ одиниць сьомого знаку логарифма, або 4,9 одиниць шостого знаку логарифма.

Замітимо що в [3 с.194] вільний член базисного умовного рівняння за попередньо врівноваженими кутами склав $-0,1$ одиниці шостого знаку логарифма.

Замітимо що в табл.1 приведені лише котангенси зв'язуючих кутів без врахування знаку їх при введенні, як коефіцієнти умовного рівняння сторони.

Таблиця №2

Розрахунок попередніх координат

Назви вершин	Виміряні кути	+ Лівий - Правий	Дирекційні Кути	Сторони	X	Y
Г						
В	55°08'13,83"	+	174°00'43,03"		5700334,76	10483138,02
А	61°57'41,26"	-	49°08'56,86"	30515,227	5720294,57	10506220,22
Б	66°05'22,63"	+	167°11'15,60"	21638,258	5699195,07	10511018,69
К	84°42'09,68"	-	53°16'38,23"	20418,966	5711404,45	10527385,28
С	58°38'52,95"	+	148°34'28,55"	33747,823	5682606,76	10544981,0
П	43°17'03,91"	-	27°13'21,50"	30051,880	5709329,97	10558728,2
Р			163°56'17,59"			
	$\alpha_{\text{вих}} =$ $W_{\alpha} =$		163°56'14,75" +2,84"			

$$X_{\text{вих}} = 5709329,92 \quad Y_{\text{вих}} = 10558727,60$$

$$W_x = +0,05 \text{ м}$$

$$W_y = +0,62 \text{ м}$$

Допустиме значення вільного члена умовного рівняння дирекційних кутів для ряду несучільних спостережень триангуляції

$$W\alpha_{\text{дон}} = 2,5\sqrt{m_\beta[AA] + 2m_\alpha^2} \quad (4.2.2.)$$

при $m_\alpha = 1''$, буде

$$W\alpha_{\text{донн.с.}} = 2,5\sqrt{1''^2 \cdot 5 + 2} = 5,6''$$

і для ряду триангуляції

$$W\alpha_{\text{донтр}} = 2,5\sqrt{1''^2 \cdot 24 + 2} = 12,7''$$

Вільні члени координатних умовних рівнянь по попередньо врівноваженим кутам за умови фігур $W_\alpha = -1,73$; $W_x = +0,65\text{м}$; $W_y = -0,02\text{м}$.

Рахуючи кінцевою метою визначення координат пунктів, наложення обмеження у вигляді розподілення первинної поправки не дає покращення, зменшення вільних членів координат пунктів.

Приймаючи до уваги логарифмічний шлях зрівноваження у [3, с.196] представимо вільні члени координатних умовних рівнянь у вигляді

$$W_x = \frac{434,29 \cdot 0,05}{10} = 2,17^*$$

$$W_y = \frac{434,29 \cdot 0,62}{10} = 26,93^*$$

При допустимих значеннях

$$W_{x\text{дон}} = \frac{2,5}{434,29} \sqrt{m_\beta^2 \cdot 100[CC] + 2m_{\lg x}^2} \quad (4.2.3.)$$

$$W_{y\text{дон}} = \frac{2,5}{434,29} \sqrt{m_\beta^2 \cdot 100[DD] + 2m_{\lg y}^2} \quad (4.2.4.)$$

$$W_x = \frac{2,5}{434,29} \sqrt{1''^2 \cdot 64341 + 8} = 1,46\text{м}$$

$$W_y = \frac{2,5}{434,29} \sqrt{1''^2 \cdot 197452 + 8} = 2,56\text{м}$$

де $m_{\text{lgx}}=m_{\text{lgy}}=2$ одиниці 6 знаку логарифма, коефіцієнт 100 враховується тому, що коефіцієнти С і Д були зменшені в 10 разів.

Для ряду суцільних спостережень триангуляції

$$W_x = \frac{2,5}{434,29} \sqrt{34142 + 8} = 1,06\text{м}$$

Протокол №1

**розрахунку зв'язуючих сторін в ряді несуцільних спостережень
триангуляції**

№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.	№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.
1	В/О С/П			20	64°50'40,07" С/П		a ₄
2	15093,852 С/П		S _{ГВ}	21		0,470 С/П	ctg a ₄
3	29°30'11,03"С/П		b ₁	22		20046,855 С/П	S _{КЮК}
4		1,767	ctg b ₁	23	34°08'58,21" С/П		b ₅
5	95°21'35,14"С/П		a ₁	24		1,478	ctg b ₅
6		-0,094 С/П	ctg a ₁	25	109°05'21,15"С/П		a ₅
7		30515,277 С/П	S _{ВА}	26		-0,346	ctg a ₅
8	74°50'48,73"С/П		b ₂	27		33747,838 С/П	S _{КС}
9		0,271	ctg b ₂	28	66°33'50,64" С/П		b ₆
10	43°11'30,01"С/П		a ₂	29		0,433	ctg b ₆
11		1,065 С/П	ctg a ₂	30	54°47'16,41" С/П		a ₆
12		21638,258 С/П	S _{АБ}	31		0,706 С/П	ctg a ₆
13	59°30'25,07"С/П		b ₃	32		30051,880 С/П	S _{СП}
14		0,589	ctg b ₃	33	100°39'11,09"С/П		b ₇
15	54°24'12,30"С/П		a ₃	34		-0,188	ctg b ₇
16		0,716 С/П	ctg a ₃	35	36°03'45,00" С/П		a ₇
17		20418,966 С/П	S _{БК}	36		1,373 С/П	ctg a ₇
18	67°12'50,89"С/П		b ₄	37		18000,814	S _{ПР}
19		0,420	ctg b ₄				

$$S_{\text{ПРВНХ}}=18000,609$$

$$W_s=+0.205\text{м}$$

розрахунку попередніх координат

№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.	№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.
1	БП 24 С/П			13	20418,966 С/П		S _{БК}
2	700334,76 С/П		X _В	14		711404,45 С/П	X _К
3	483138,02 С/П		У _В	15		52738,28 С/П	У _К
4	49°08'56,86"С/П		α _{ВА}	16	148°34'28,6" С/П		α _{КС}
5	30515,277 С/П		S _{ВА}	17	33747,838 С/П		S _{КС}
6		720294,57 С/П	X _А	18		682606,76 С/П	X _С
7		506220,22 С/П	У _А	19		544981,01 С/П	У _С
8	167°11'15,6"С/П		α _{АВ}	20	27°13'21,50" С/П		α _{СП}
9	21638,258 С/П		S _{АВ}	21	30051,88 С/П		S _{СП}
10		699195,07 С/П	X _Б	22		709329,97 С/П	X _П
11		511018,69 С/П	У _Б	23		558728,22 С/П	У _П
12	95°21'35,14"С/П		α _{БК}				

4.3. Зрівноваження ряду несучільних спостережень триангуляції

При зрівноваженні ряду несучільних спостережень триангуляції необхідно враховувати, що при переході від поправок зв'язуючого невимірного кута до поправок вимірних кутів, взятих як доповнення диференціал

$$dB = d(180^\circ - A - C) = -dA - dC \quad (4.3.1.)$$

Тому зміна коефіцієнта зв'язуючого невимірного кута в умовних рівняннях дирекційних кутів, базису і координат змінює знаки даних коефіцієнтів на обернені, і вони вводяться в коефіцієнти вимірних кутів з оберненим знаком.

З врахуванням цього правила переходу від коефіцієнтів в поправки до невимірних кутів в коефіцієнти поправок у вимірні кути, методика зрівноваження рядів в несучільних спостереженнях триангуляції потребує спочатку розрахунку коефіцієнтів як в ряди суцільних спостережень, а після перетворення відповідних коефіцієнтів, щоб не порушити суворість зрівноваження.

Тому ліву частину табл.3 вище згаданого практикуму приведемо без змін, а в правій частині перетворимо коефіцієнти згідно формульованого правила.

Таблиця №3

**Коефіцієнти умовних рівнянь ряду
суцільних і несучільних спостережень триангуляції**

№ трик.	Назви вершин	Поправки	a	b	c	d	A	B	C	D	V, сек	Зрівноважені кути і доповнення	Зрівноважені сторони
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Г	(3)	0	-0,19	-0,17	-1,44	0	+3,53	+3,18	+26,68	-0,55	до 180° 95°21'34,58"	
	А	(1)	0	-3,72	-3,35	-28,12						29°30'34,59"	15093,852
	В	(2)	+1	0	-15,92	+1,90	+1	+3,72	-12,57	+30,02	-0,22	55°08'13,61"	
2	В	(6)	0	+2,25	-2,47	+11,82	+1	+2,25	-13,53	+9,51	+0,23	43°11'30,24"	
	Б	(4)	0	-0,57	+0,62	-2,99	+1	-0,57	-10,44	-5,30	+0,05	74°50'48,78"	30515,078
	А	(5)	-1	0	+11,06	+2,31						61°57'40,98"	
3	А	(9)	0	+1,51	+1,53	+7,20						54°24'12,03"	
	К	(7)	0	-1,24	-1,26	-5,92	0	-2,78	-2,79	-13,12	+0,25	59°30'25,32"	21638,140
	Б	(8)	+1	0	-10,05	+2,13	+1	-1,54	-11,58	-5,07	+0,02	66°05'22,65"	
4	Б	(12)	0	+0,99	-0,20	+3,10	0	+1,88	-0,38	+5,89	+0,09	64°50'40,16"	
	Ж	(10)	0	-0,89	+0,18	-2,79						67°12'50,46"	20418,821
	К	(11)	-1	0	+6,60	+0,44	-1	+0,89	+6,42	+3,23	+0,34	47°56'29,38"	
5	Ж	(15)	0	-0,73	+0,15	-2,29						109°05'20,92"	
	С	(13)	0	-3,10	+0,64	-9,72	0	-2,37	+0,49	-7,43	-0,12	34°08'58,09"	20046,735
	К	(14)	-1	0	+6,60	+0,44	-1	+0,73	+6,45	+2,73	+0,35	36°45'40,99"	
6	К	(18)	0	+1,49	+3,98	+2,05	0	+0,57	+6,44	+3,31	-0,53	54°47'15,88"	
	П	(16)	0	-0,92	-2,46	-1,26						66°33'52,06"	33747,682
	С	(17)	+1	0	-2,90	+5,63	+1	+0,92	-0,44	+6,89	-0,89	58°38'52,06"	
7	С	(21)	0	+2,89	0	0	+1	+2,89	0	0	-0,52	36°03'44,48"	18000,568
	Р	(19)	0	+0,40	0	0	+1	+0,40	0	0	-0,80	100°39'10,29"	30051,596
	П	(20)	-1	0	0	0						43°17'05,23"	
	W		-1,73	-0,10	+28,23	-0,87	+2,84	+4,9	+2,17	+26,93			

S_{вих}=18000,609

W_s=-41мм

Щоб не було незначних по величині коефіцієнтів в нормальних рівняннях корелат, всі коефіцієнти і вільні члени умов абсцис і ординат зменшені в 10 разів.

Для нашого ряду базисне умовне рівняння представляється таким виразом:

$$-\Delta_1(1)+\Delta_3(3)-\Delta_4(4)+\Delta_6(6)-\Delta_7(7)+\Delta_9(9)-\Delta_{10}(10)+\Delta_{12}(12)-\Delta_{13}(13)+\Delta_{15}(15)-\Delta_{16}(16)+\Delta_{18}(18)-\Delta_{19}(19)+\Delta_{21}(21)+W_b=0 \quad (4.3.2.)$$

при чому для вільного члена маємо:

$$W_b=\lg(\text{ПП})_0-\lg(\text{ПП}) \quad (4.3.3.)$$

де $\lg(\text{ПП})_0$ - вирахований логарифм сторони РП

$$\lg(\text{ПП})_0 = \lg(\text{ГВ}) \frac{\sin 3' \sin 6' \sin 12' \sin 15' \sin 18' \sin 21' \sin 9'}{\sin 1' \sin 4' \sin 7' \sin 10' \sin 13' \sin 16' \sin 19'} \quad (4.3.4)$$

$\lg(\text{ПП})$, $\lg(\text{ГВ})$ - логарифми вихідних довжин сторін ряду;
 $1'$, $3'$, $6'$, $4'$,...- позначені кути, виправлені первинними поправками за рішення першої групи рівнянь;

Δ_i - прирости логарифмів синусів кутів на одну секунду

$$\Delta_A = \frac{\partial \lg \sin A}{\partial A} = \frac{M \text{ctg} A}{\rho''} \quad (4.3.5.)$$

де $M=0,4342945$ - модуль десятичних логарифмів, або

$$\Delta_A = \frac{0,4342945}{206265} \cdot 10^6 \text{ctg} A = 2,105517 \text{ctg} A \quad (4.3.6.)$$

Підставляючи числові значення Δ_i і W_b в (4.3.2.), одержимо базисне умовне рівняння в числовому вигляді:

$$-3,72(1)+0,19(3)-0,57(4)+2,25(6)-1,24(7)+1,51(9)-0,89(10)+0,99(12)-3,1(13)+0,73(15)-0,92(16)+1,49(18)-0,40(19)+2,89(21)-0,10=0 \quad (4.3.7.)$$

де коефіцієнти і вільний член виражені в шостому знаці логарифма,

$$W_b=\lg(\text{ПП})'-\lg(\text{ПП})=4,2552871-4,2552872=-0,1 \text{ од. } 6 \text{ зн.} \lg$$

Умовне рівняння дирекційних кутів:

$$(2)-(5)+(8)-(11)-(14)+(17)-(20)-1,73''=0 \quad (4.3.8.)$$

Умовні рівняння координат:

$$\Sigma(x_n-x)_{\text{KM}}\Delta_a(a)-\Sigma(x_n-x)_{\text{KM}}\Delta_b(b)+\Sigma[-k(y_n-y)_{\text{KM}}(\pm c)]+434,29W_x=0 \quad (4.3.9.)$$

$$\Sigma(y_n-y)_{\text{KM}}\Delta_a(a)-\Sigma(y_n-y)_{\text{KM}}\Delta_b(b)+\Sigma[-k(x_n-x)_{\text{KM}}(\pm c)]+434,29W_x=0 \quad (4.3.10.)$$

$$\text{де } \kappa = \frac{10^6 \mu}{\rho''} = 2,106$$

y_n, x_n та y, x - відповідно координати останнього (n) і текучих пунктів ходової лінії **В-А-Б-К-С-П**;

Δ_a, Δ_b - прирости на одну секунду логарифмів синусів зв'язуючих кутів;

(a), (b), (c) - шукані поправки кутів.

При переході до коефіцієнтів умовних рівнянь мережі несучільних спостережень триангуляції для першого трикутника в умовному рівнянні сторін мали:

- для ряду суцільних спостережень

$$-0,19(3)+3,72(1)+0(2)+\dots+W_s'=0$$

- для ряду несучільних спостережень

$$-0,19(3)+3,72(3)+3,72(2)+\dots+W_s=0$$

i

$$+3,53(3)+3,72(2)+\dots+W_s$$

де поправки в кути показані цифрою в дужках.

Аналогічно, коефіцієнти поправок невимірюваного кута (1) при пункті **А** вводяться з оберненим знаком в умовних рівняннях абсцис і ординат, тобто

$$-0,17(3)+3,35(3)-15,92(2)+3,35(2)+\dots+W_x=0$$

$$-1,44(3)+28,12(3)-1,90(2)+28,12(2)+\dots+W_y=0$$

$$+3,18(3)-12,57(2)+\dots+W_x=0$$

$$+26,68(3)+30,02(2)+\dots+W_y=0$$

Розрахунок коефіцієнтів нормальних рівнянь виконують по такій програмі

Програма №2

Розрахунок коефіцієнтів нормальних рівнянь

$$A_{4 \times K} \cdot A_{K \times 4}^T = N_{4 \times 4} \quad (4.3.11)$$

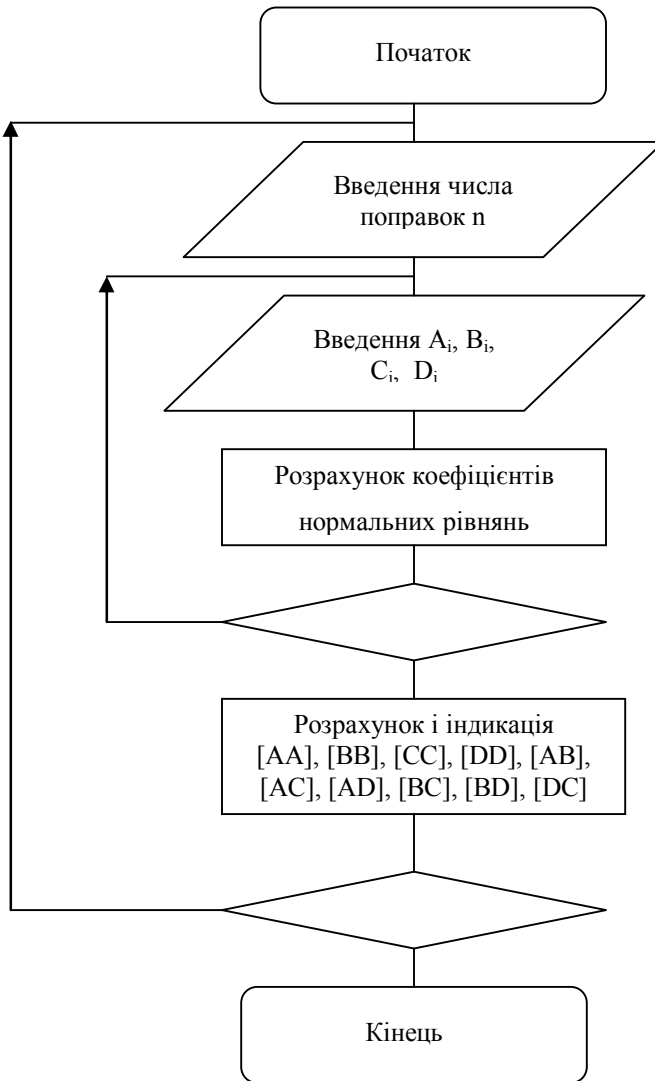
F _{ПРГ}	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	Cx	XП5	5	XП4	9	XП0	Cx	KXП4	FLO	06
10	C/П	XП0	C/П	XП1	Fx ²	ПХ6	+	XП6	C/П	XП2
20	Fx ²	ПХ7	+	XП7	C/П	XП3	Fx ²	ПХ8	+	XП8
30	C/П	XП4	Fx ²	ПХ9	+	XП9	ПХ1	ПХ2	x	ПХa
40	+	XПa	ПХ1	ПХ3	x	ПХb	+	XПb	ПХ1	ПХ4
50	x	ПХc	+	XПc	ПХ2	ПХ3	x	ПХd	+	XПd
60	ПХ2	ПХ4	x	ПХe	+	XПe	ПХ3	ПХ4	x	ПХ5
70	+	XП5	FLO	12	5	XП4	9	XП0	KПХ4	C/П
80	FLO	78	ПХ5	C/П	БП	00	F	АВТ		

Протокол №3

Розрахунок коефіцієнтів нормальних рівнянь

№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.	№ з/п	Введення Даних	Результат	Позн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	В/О C/П			55	1 C/П		A ₁₄
2	14 C/П		n	56	0,40 C/П		B ₁₄
3	0 C/П		A ₁	57	0 C/П		C ₁₄
4	3,56 C/П		B ₁	58	0 C/П		D ₁₄
5	3,18 C/П		C ₁	59		9 C/П	[AA]
6	26,68 C/П		D ₁	60		61,946 C/П	[BB]
7	1 C/П		A ₂	61		726,923 C/П	[CC]
8	3,72 C/П		B ₂	62		2095,603 C/П	[DD]
9	12,57 +/- C/П		C ₂	63		+6,45 C/П	[AB]
10	30,02 C/П		D ₂	64		-61,43 C/П	[AC]
11	1 C/П		A ₃	65		+30,09 C/П	[AD]
12	2,25 C/П		B ₃	66		-22,625 C/П	[BC]
13	12,57 +/- C/П		C ₃	67		+316,330 C/П	[BD]
14	9,51 C/П		D ₃	68		-219,781	[CD]
15				

Блок-схема програми



Таблиця №4

Коефіцієнти нормальних рівнянь

	A]	B]	C]	D]	W
A]	9	+6,45	-61,43	+30,09	+2,84
B]		61,946	-22,625	+316,330	+4,90
C]			726,923	-219,781	+2,17
D]				2095,603	+26,93

Таблиця №5

Рішення нормальних рівнянь способом квадратних коренів [1, с.226]

t_{1i}	3	+2,150	-20,477	+10,030	+0,947
t_{2i}		7,571	+2,826	+38,932	+0,378
t_{3i}			17,310	-7,188	+1,184
t_{4i}				20,679	+0,542856
K	-0,851351	+0,114662	-0,079300	-0,026251	

$$\text{ПХ3: } +0,02651=K_4 \text{ /-/}$$

Рішення нормальних рівнянь виконують по програмі №3

Таблиця №6

Алгоритм рішення нормальних рівнянь по програмі №3

N_{11}	N_{12}	N_{13}	N_{14}	L_{14}
	N_{22}	N_{23}	N_{24}	L_{24}
		N_{33}	N_{34}	L_{34}
			N_{44}	L_{44}
$t_{11} = \sqrt{N_{11}}$	$t_{12} = \frac{N_{12}}{t_{11}}$	$t_{13} = \frac{N_{13}}{t_{11}}$	$t_{14} = \frac{N_{14}}{t_{11}}$	$l_{14} = \frac{L_{14}}{t_{11}}$
	$t_{22} = \sqrt{N_{22} - t_{12}^2}$	$t_{23} = \frac{N_{23} - t_{13}t_{12}}{t_{22}}$	$t_{24} = \frac{N_{24} - t_{14}t_{12}}{t_{22}}$	$l_{24} = -\frac{L_{24} - l_{14}t_{12}}{t_{22}}$
		$t_{33} = \sqrt{N_{33} - t_{13}^2 - t_{23}^2}$	$t_{34} = -\frac{N_{34} - t_{13}t_{14} - t_{23}t_{24}}{t_{33}}$	$l_{34} = -\frac{L_{34} - t_{13}l_{14} - t_{23}l_{24}}{t_{33}}$
			$t_{44} = \sqrt{N_{44} - t_{14}^2 - t_{24}^2 - t_{34}^2}$	$l_{44} = -\frac{L_{44} - t_{14}l_{14} - t_{24}l_{24} - t_{34}l_{34}}{t_{44}}$

Корелати розраховуються по програмі №3 за наступним алгоритмом

$$k_i = \frac{1}{t_{ii}} \left[\sum_i^j (t_{ij} k_j) - l_i \right] \quad (4.3.12.)$$

Програма №3

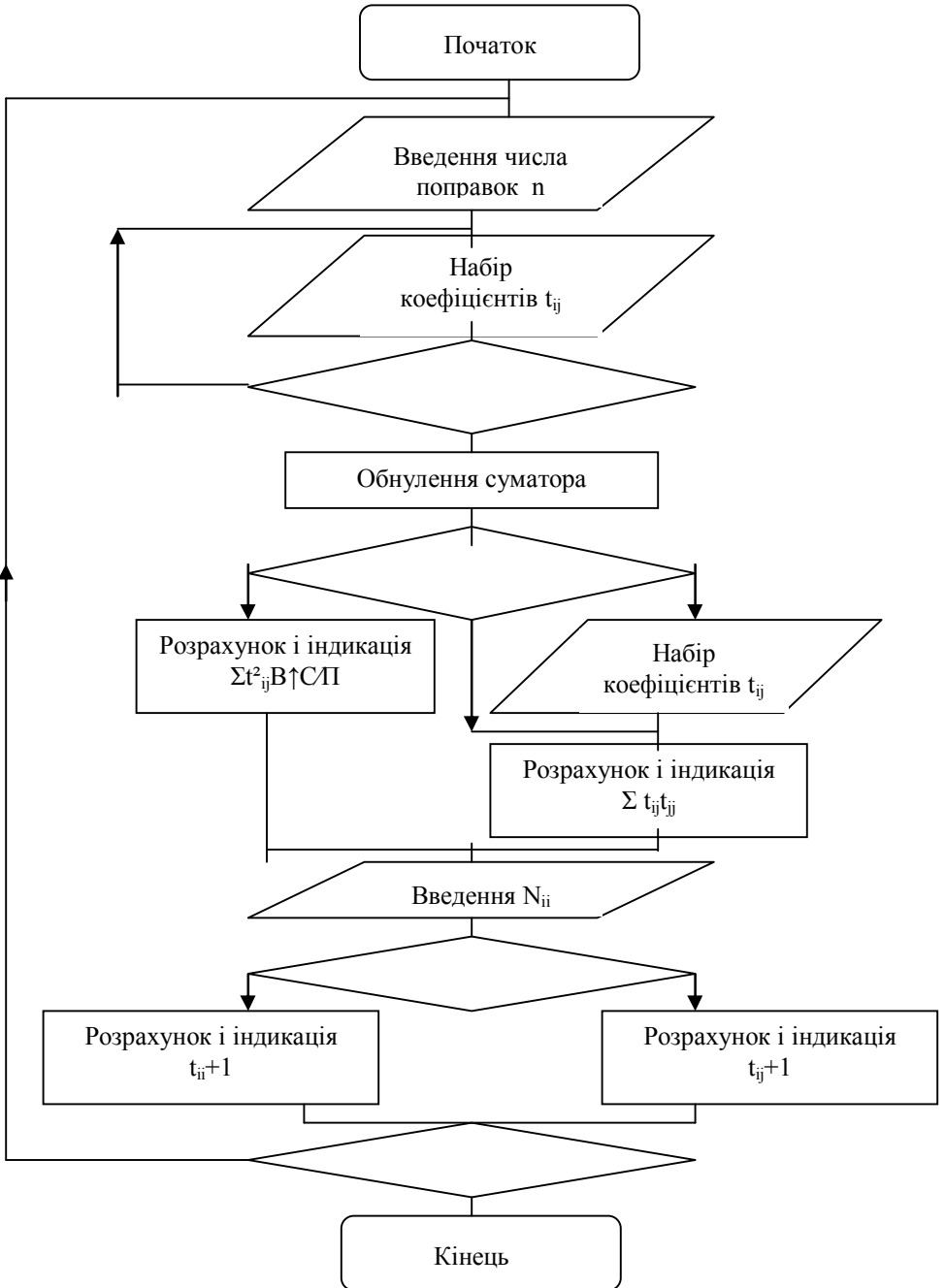
Рішення нормальних рівнянь і вагових функцій способом квадратних коренів

ФПРГ	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	1	ХП3	5	ХП4	С/П	ХП1	ХП0	С/П	КХП4	FL0
10	07	Сх	ХП2	5	ХП4	ПХ1	ХП0	КПХ4	С/П	х
20	ПХ2	+	ХП2	FL0	17	С/П	-	1-1	ХП5	ПХ3
30	1	-	FX=0	40	ПХ5	F√	ХП3	С/П	БП	11
40	ПХ5	ПХ3	:	С/П	БП	11	F	АВТ		

Примітки:

1. Для розрахунку корелат слід відкоригувати програму: БП, 00, F, ПРГ, С/П, F, АВТ.
2. Для розрахунку поправок в кути, програму корегують: БП, 26, F, ПРГ, БП, 11, F, АВТ.
3. При числі нормальних рівнянь більше дев'яти необхідно рішення проводити по частинам.

Блок-схема програми.



Протокол №4

**Розрахунку коефіцієнтів t_{ij} при рішенні нормальних рівнянь
методом квадратних коренів**

№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.	№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	В/О С/П			34	В/О С/П		
2	1 С/П		n	35	2 С/П		n
3	0 С/П		t_{00}	36	-20,177 С/П		t_{13}
4	$V \uparrow$ С/П		t_{00}^2	37	+2,826 С/П		t_{23}
5	9 С/П		N_{11}	38	$V \uparrow$ С/П		t_{13}^2
6		+3 С/П	t_{11}	39	$V \uparrow$ С/П		t_{23}^2
7	0 С/П		t_{00}	40	726,923 С/П		N_{33}
8	+6,45 С/П		N_{12}	41		17,31 С/П	t_{33}
9		+2,15 С/П	t_{12}	42	10,030 С/П		t_{14}
10	0 С/П		t_{00}	43	38,932 С/П		t_{24}
11	-61,43 С/П		N_{13}	44	-219,781 С/П		N_{34}
12		-20,477 С/П	t_{13}	45		-7,178 С/П	t_{34}
13	0 С/П		t_{00}	46	0,947 С/П		l_{14}
14	+30,09 С/П		N_{14}	47	0,3787 С/П		l_{24}
15		+10,03 С/П	t_{14}	48	2,17 С/П		L_{34}
16	0 С/П		t_{00}	49		1,184	l_{34}
17	2,84 С/П		L_{14}	50	В/О С/П		
18		+0,947	l_{14}	51	3 С/П		n
19	В/О С/П			52	10,03С/П		t_{14}
20	1С/П		n	53	38,932С/П		t_{24}
21	2,15 С/П		t_{12}	54	-7,188 С/П		t_{34}
22	$V \uparrow$ С/П		t_{12}^2	55	$V \uparrow$ С/П		t_{14}^2
23	61,946 С/П		N_{22}	56	$V \uparrow$ С/П		t_{24}^2
24		7,571 С/П	t_{22}	57	$V \uparrow$ С/П		t_{34}^2
25	-20,477 С/П		t_{13}	58	2095,603 С/П		N_{44}
26	-22,625 С/П		N_{13}	59		+20,679С/П	t_{44}
27		+2,826 С/П	t_{23}	60	0,947 С/П		l_{14}
28	10,03 С/П		t_{14}	61	0,378 С/П		l_{24}
29	30,09 С/П		N_{14}	62	1,184 С/П		l_{34}
30		+38,932 С/П	t_{24}	63	26,93С/П		L_{44}
31	0,947 С/П		l_{14}	64		+0,542856	l_{44}
32	2,84 С/П		L_{14}	65	ПХЗ :	+0,026251	- K_4
33		+0,378 С/П	l_{24}	66			

Розрахунку корелат

Протокол №5

№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.	№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	БП 00 ФПРГ			16	38,932 С/П		t ₂₄
2	С/П F АВТ			17	0,378 /-/ С/П		-l ₂₄
3	В/О С/П			18		+0,114662	K ₂
4	17,31 С/П		t ₃₃	19	В/О С/П		
5	1 С/П		n	20	3 С/П		t ₁₁
6	-0,026251 С/П		K ₄	21	3 С/П		n
7	-7,178 С/П		t ₃₄	22	0,114662 С/П		K ₂
8	1,184 /-/ С/П		-l ₃₄	23	-0,0793 С/П		K ₃
9		-0,0793	K ₃	24	-0,026251 С/П		K ₄
10	В/О С/П			25	2,15 С/П		t ₁₂
11	7,571 С/П		t ₂₂	26	-20,477 С/П		t ₁₃
12	2 С/П		n	27	10,03 С/П		t ₁₄
13	-0,0793 С/П		K ₃	28	0,947 /-/ С/П		l ₁₄
14	-0,026251 С/П		K ₄	29		-0,851351	K ₁
15	2,826 С/П		t ₂₃				

Розрахунку поправок в куті

Протокол №6

№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.	№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	БП 00 F ПРГ			19	316,330 С/П		[BD]
2	1F АВТ			20		-4,9 С/П	-L ₂₄
3	БП 26 F ПРГ			21	-61,43 С/П		[AC]
4	БП 11 F ПРГ			22	-72,625 С/П		[BC]
5	В/О С/П			23	726,923 С/П		[CC]
6	4 С/П		n	24	-219,781 С/П		[CD]
7	-0,851351 С/П		K ₁	25		2,17	-L ₃₄
8	+0,114662 С/П		K ₂	26	30,09 С/П		[AD]
9	-0,079300 С/П		K ₃	27	316,330 С/П		[BD]
10	-0,026251 С/П		K ₄	28	-219,781 С/П		[CD]
11	9 С/П		[AA]	29	2095,603 С/П		[DD]
12	6,45 С/П		[AB]	30		-26,93 С/П	-L ₄₄
13	-61,43 С/П		[AC]	31	0 С/П		A ₁
14	30,09 С/П		[AD]	32	3,53 С/П		B ₁
15		-2,84 С/П	-L ₁₄ КОНТР.	33	3,18 С/П		C ₁
16	6,45 С/П		[AB]	34	26,68 С/П		D ₁
17	61,946 С/П		[BB]	35		-0,55	V ₁
18	-22,625 С/П		[BC]	36

4.4. Контроль результатів зрівноваження

Розрахунку зрівноважених сторін (значення котангенсів не приводяться) Протокол №7

№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.	№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	В/О С/П			13	64°50'40,16" С/П		a ₄
2	15093,852 С/П		S _{ГВ}	14		20046,735 С/П	S _{КЖ}
3	29°30'11,80" С/П		b ₁	15	34°08'58,09" С/П		b ₅
4	95°21'34,59" С/П		a ₁	16	109°05'20,92" С/П		a ₅
5		30515,078 С/П	S _{ВА}	17		33747,682 С/П	S _{КС}
6	74°50'48,78" С/П		b ₂	18	66°33'52,06" С/П		b ₆
7	43°11'30,24" С/П		a ₂	19	54°47'15,88" С/П		a ₆
8		21638,140 С/П	S _{АВ}	20		30051,596 С/П	S _{СП}
9	59°30'25,32" С/П		b ₃	21	100°39'10,30" С/П		b ₇
10	54°24'12,03" С/П		a ₃	22	36°03'44,48" С/П		a ₇
11		20418,821 С/П	S _{ВК}	23		18000,568	S _{ІР}
12	67°12'50,46" С/П		b ₄	S _{ВІХ}		18000,609	
				W' _S		-41 мм	
				lg S _{ВІРАХ}		4,2552861	
				lg S _{ВІХ}		4,2552872	
				W _S		-1,1 од б зн. lg	

Залишкове значення вільного члена базисного умовного рівняння складає -41 мм, що становить -1,1 одиницю шостого знаку логарифма.

В [3, с.183] сказано: “Если логарифмы одноименных сторон расходятся на величину не превышающую двух единиц последнего знака логарифма, то это указывает на отсутствие ошибок в составленных условных уравнениях, а также и в последующих вычислениях сети”.

Розрахунку зрівноважених координат Протокол №8

№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.	№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ВП 24			13	20418,821 С/П		S _{БК}
2	700334,76 С/П		X _В	14		711404,37 С/П	X _К
3	483138,02 С/П		Y _В	15		527384,97 С/П	Y _К
4	49°08'56,64" С/П		α _{ВА}	16	148°34'27,90" С/П		α _{КС}
5	30515,078 С/П		S _{ВА}	17	33747,682 С/П		S _{КС}
6		720294,47 С/П	X _А	18		682606,86 С/П	X _С
7		506220,05 С/П	Y _А	19		544980,70 С/П	Y _С
8	167°11'15,66" С/П		α _{АВ}	20	27°13'20,00" С/П		α _{СП}

9	21638,140 С/П		S _{АБ}	21	30051,596 С/П		S _{СП}
10		699195,08 С/П	X _Б	22		709329,91 С/П	X _П
11		511018,49 С/П	Y _Б	23		558727,59	Y _П
12	63°16'38,31" С/П		α _{БК}				

Таблиця №7

Координатна відомість зрівноважених координат

Назви пунктів	Зрівноважені кути	+ліві -праві	Дирекційні кути	Зрівноважені сторони	X	Y
Г			174°00'43,03"			
В	55°08'13,61"	+	49°08'56,64"	30515,078	700334,76	483183,02
А	61°57'40,98"	-	167°11'15,66"	21638,140	720294,47	506220,05
Б	66°05'22,65"	+	53°16'38,31"	20418,821	699195,08	511018,49
К	84°42'10,37"	-	148°34'27,94"	33747,682	711404,37	527384,97
С	58°38'52,06"	+	27°13'20,00"	30051,596	682606,86	544980,70
П	43°17'05,23"	-	163°56'14,77"		709329,91	558727,59
Р						
			α _{Вих} =163°56'14,75"	X _{Вих} =709329,92	Y _{Вих} =558727,60	
			Wα=0,02"	W _X =-1см	W _Y =-1см	

Таблиця №8

Порівняльна таблиця зрівноважених координат ряду несуцільних і суцільних спостережень триангуляції

Назви пунктів	X _{НС}	X _С	δX	Y _{НС}	Y _С	δY
А	720294,47	720294,34	+0,13	506220,05	506219,96	+0,09
Б	699195,08	699195,10	-0,02	511018,49	511018,44	+0,05
К	711404,37	711404,43	-0,06	527384,97	527384,86	+0,11
Ж	691444,48	691444,50	-0,02	525520,75	525520,73	+0,02
С	682606,86	682606,82	+0,04	544980,70	544980,62	+0,08
		[δδ]=	299 см		[δδ]=	295 см

Середня квадратична похибка визначення абсцис пунктів

$$m_x = \sqrt{\frac{[\delta_x \delta_x]}{n-1}} = \sqrt{\frac{229}{4}} = 8\text{см}$$

Середня квадратична похибка визначення ординат пунктів

$$m_y = \sqrt{\frac{[\delta_y \delta_y]}{n-1}} = \sqrt{\frac{295}{4}} = 8 \text{ см}$$

Середня квадратична похибка положення пункту

$$m_{xy} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = 11 \text{ см}$$

Як видно із порівняльної таблиці №8, найбільше розходження зрівноважених координат ряду суцільних спостережень триангуляції складає $\delta x_{\max} = +0,13$ см, $\delta y_{\max} = +0,11$ см.

У [2, с.135] відмічено, що “остаточные невязки в координатах в отдельных случаях могут достигать 10 см.”

Тому, зрівноваження ряду несучільних спостережень можна вважати еквівалентним ряду несучільних спостережень.

Протокол №8

Розрахунку зрівноважених координат пункту А

№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.	№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.
1	В/О С/П			1	В/О С/П		
2	700334,76 С/П		X _В	2	699195,08 С/П		X _Б
3	483138,02 С/П		Y _В	3	511018,49 С/П		Y _Б
4	699195,08 С/П		X _Б	4	711404,37 С/П		X _К
5	511018,49 С/П		Y _Б	5	527384,97 С/П		Y _К
6	43°11'30,24"С/П		<6	6	66°05'22,65" С/П		<8
7	74°50'48,78"С/П		<4	7	59°30'25,32" С/П		<7
8		720294,47 С/П	X _А	8		720294,44 С/П	X _А
9		506220,06	Y _А	9		506219,99	Y _А

Протокол №9

Розрахунку зрівноважених координат пункту Ж

№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.	№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.
1	В/О С/П			1	В/О С/П		
2	711404,37 С/П		X _к	2	682606,86 С/П		X _С
3	527384,97 С/П		Y _к	3	544980,70 С/П		Y _С
4	699195,08 С/П		X _Б	4	711404,37 С/П		X _К
5	511018,49 С/П		Y _Б	5	527384,97 С/П		Y _К
6	47°56'29,38"С/П		<11	6	34°08'58,09" С/П		<13
7	64°50'40,16" С/П		<12	7	36°45'40,99" С/П		<14
8		691444,50 С/П	X _ж	8		691444,47 С/П	X _ж
9		525520,72	Y _ж	9		525520,78	Y _ж

4.5. Оцінка точності

Найдемо середню квадратичну похибку одиниці ваги

$$\mu_{нс} = \sqrt{\frac{[\rho \cdot V^2]}{r}} = \sqrt{\frac{2,71}{4}} = 0,82''$$

При двогруповому зрівноваженні ряду суцільних спостережень триангуляції врахування первинних поправок дає середню квадратичну похибку одиниці ваги

$$\mu_c = \sqrt{\frac{[\rho \cdot V^2]}{r}} = \sqrt{\frac{7,8}{7}} = 1,05''$$

а з врахуванням вторинних поправок

$$\mu_c = \sqrt{\frac{11,28}{11}} = 1,01''$$

замітимо, що в мережі суцільних спостережень середня квадратична похибка виміру кута розрахована за формулою Фереро

$$m_\beta = \sqrt{\frac{23,43}{3 \cdot 7}} = 1,06''$$

Таким чином, середня квадратична похибка одиниці ваги ряду несучільних спостережень триангуляції менша, ніж в ряді суцільних спостережень. Приймаючи до уваги, що геометрія ряду суцільних спостережень триангуляції одна і та ж, то і коефіцієнти вагової функції також будуть майже однаковими, і будь-який елемент, що оцінюється за формулою

$$m_F = \sqrt{\frac{1}{P_F}} \quad (4.5.1)$$

як правило, дасть меншу середню квадратичну похибку тому, що обернена вага будь-якої функції буде майже однакою.

Програма №4

Розрахунку суми квадратів $[V^2]$ або $[BV]$

ФПРГ	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	СХ	ХП1	С/П	FX ²	ПХ1	ХП1	ХП0	С/П	КХП4	FL0

Розрахунку [VV]

№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.	№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.
1	В/О С/П			5	0,05 С/П		V ₆
2	-0,55 С/П		V ₃	
3	-0,22 С/П		V ₂	15	-0,80 С/П		V ₆
4	0,23 С/П		V ₆	16		2,71	[V ²]

Вагові функції координатних умовних рівнянь мають вигляд

$$F_{X_{ж}} = (X_{ж} - X_{п})_{км} \text{ctg} 19(19) - (X_{ж} - X_{п})_{км} \text{ctg} 21(21) - (Y_{ж} - Y_{п})_{км} (20) + \\ + (X_{ж} - X_{с})_{км} \text{ctg} 16(16) - (X_{ж} - X_{с})_{км} \text{ctg} 18(18) + (Y_{ж} - Y_{с})_{км} (17) + \\ + (X_{ж} - X_{к})_{км} \text{ctg} 13(13) - (X_{ж} - X_{к})_{км} \text{ctg} 15(15) + (Y_{ж} - Y_{к})_{км} (14) \quad (4.5.2)$$

$$F_{Y_{ж}} = (Y_{ж} - Y_{п})_{км} \text{ctg} 19(19) - (Y_{ж} - Y_{п})_{км} \text{ctg} 21(21) - (X_{ж} - X_{п})_{км} (20) + \\ + (Y_{ж} - Y_{с})_{км} \text{ctg} 16(16) - (Y_{ж} - Y_{с})_{км} \text{ctg} 18(18) + (X_{ж} - X_{с})_{км} (17) + \\ + (Y_{ж} - Y_{к})_{км} \text{ctg} 13(13) - (Y_{ж} - Y_{к})_{км} \text{ctg} 15(15) + (X_{ж} - X_{к})_{км} (14) \quad (4.5.3)$$

Розрахунку коефіцієнтів вагових функцій визначення координат пункту Ж

№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.	№ з/п	Введення даних	Результат	Позн.
1	В/О С/П			18		+3,829 С/П	(A ₆)x
2	691,444 С/П		X _ж	19		-6,234 С/П	(B ₆)x
3	525,521 С/П		Y _ж	20		-(+19,459) С/П	(C ₆)x
4	709,330 С/П		X _п	21		-8,435 С/П	(A ₆)y
5	558,73 С/П		Y _п	22		+13,733 С/П	(B ₆)y
6	36°03'45,00" С/П		B ₇	23		-(+8,834) С/П	(C ₆)y
7	100°39'11,09" С/П		A ₇	24	711,40 С/П		X _к
8		+3,364 С/П	(A ₇)x	25	527,38 С/П		Y _к
9		+24,562 С/П	(B ₇)x	26	109°05'22,73" С/П		B ₅
10		+33,209 С/П	(C ₇)x	27	34°08'58,21" С/П		A ₅
11		+6,247 С/П	(A ₇)y	28		-29,420 С/П	(A ₅)x
12		+45,604 С/П	(B ₇)y	29		-6,906 С/П	(B ₅)x
13		-17,886 С/П	(C ₇)y	30		+1,859 С/П	(C ₅)x
14	682,61 С/П		X _с	31		-2,741 С/П	(A ₅)y
15	544,98 С/П		Y _с	32		-0,643 С/П	(B ₅)y
16	54°47'16,41" С/П		B ₆	33		-19,956	(C ₅)y
17	66°33'52,12" С/П		A ₆				

На жаль, в практикумі з вищої геодезії Б.Н.Рабіновича [3] не приведена оцінка точності координат слабого пункту в прикладі по двогруповому зрівноваженню. Тільки в прикладі параметричного способу зрівноваження на с.223 приведені результати розрахунку середньої квадратичної похибки ординати слабого пункту $M_4=0,07m$ при середній квадратичній похибці одиниці ваги $\mu=1,28''$

Вагова функція дирекційного кута

$$F_{\alpha_{КЖ}}=(2)-(5)+(8)-(11) \quad (4.5.4)$$

Вагова функція сторони

$$F_{S_{КЖ}}=\Delta_1(1)+\Delta_3(3)-\Delta_4(4)+\Delta_6(6)-\Delta_7(7)+\Delta_9(9)-\Delta_{10}(10)+\Delta_{12}(12) \quad (4.5.5)$$
 Δ_i - природні логарифми синусів кутів на одну секунду.

В загальному вигляді вагові функції визначення координат пункту **Ж**

$$F_{x_{ж}}=-1,454(15)-6,194(13)+0,391(14)-1,312(18)+0,806(16)- \quad (4.5.6)$$

$$-4,097(17)+5,172(21)+0,708(19)+6,922(20)$$

$$F_{y_{ж}}=-0,135(15)-0,577(13)-4,202(14)+2,892(18)-1,765(16)- \quad (4.5.7)$$

$$-1,860(17)+9,602(21)+1,315(19)-3,766(20)$$

сторони $S_{КЖ}$ і дирекційного кута $\alpha_{КЖ}$

$$F_{S_{КЖ}}=-0,19(3)-3,72(1)-0,57(4)+2,25(6)-1,24(7)+1,51(9)- \quad (4.5.8)$$

$$-0,89(10)+0,99(12)$$

$$F_{\alpha_{КЖ}}=(2)-(5)+(8)-(11) \quad (4.5.9)$$

В числовому вираженні для двогрупового зрівноваження вагові функції мають вигляд

$$F_{\alpha_{КЖ}}=-(+3)-(1)+2(2)+(6)+(4)-2(5)-(9)-(7)+2(8)+(12)+(10)-2(11) \quad (4.5.10)$$

$$F_{S_{КЖ}}=+1,11(3)-2,42(1)+1,31(2)+1,69(6)-1,13(4)-0,56(5)+ \quad (4.5.11)$$

$$+1,42(9)-1,33(7)-0,09(8)+0,96(12)-0,92(10)-0,04(11)$$

$$F_{x_{ж}}=+0,965(15)-3,775(13)+2,810(14)+0,222(18)+2,340(16)- \quad (4.5.12)$$

$$-2,562(17)+0,881(21)-3,582(19)+2,701(20)$$

$$F_{y_{ж}}=+1,503(15)+1,061(13)-2,564(14)+3,136(18)-1,521(16)- \quad (4.5.12)$$

$$-1,615(17)+7,218(21)-1,068(19)-6,150(20)$$

Для ряду несущільних спостережень

$$F_{\alpha_{КЖ}}=(2)+(6)+(4)+(18)-(11) \quad (4.5.13)$$

$$F_{S_{КЖ}}=+3,53(3)+3,72(2)+2,25(6)-0,57(4)-2,78(7)-1,54(8)+ \quad (4.5.14)$$

$$+1,88(12)+0,89(11)$$

$$F_{x_{ж}}=-4,740(13)+1,845(14)-2,118(18)-4,903(17)-1,820(21)- \quad (4.5.15)$$

$$-6,284(19)$$

$$F_{y_{ж}}=-0,442(13)-4,067(14)+4,658(18)-0,094(17)+13,386(21)+ \quad (4.5.16)$$

$$+5,081(19)$$

Таблиця №9

**Коефіцієнти умовних рівнянь і вагових функцій ряду
несуцільних спостережень триангуляції**

Назва поправ.	Вага	A	B	C	D	F $\alpha_{\text{ЮК}}$	F $s_{\text{ЮК}}$	F $x_{\text{ж}}$	F $y_{\text{ж}}$	F $x_{\text{жсуц}}$	F $y_{\text{жсуц}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(3)	1	0	+3,53	+3,18	+26,68	0	+3,53				
(1)											
(2)	1	+1	+3,72	-12,57	+30,02	+1	+3,72				
(6)	1	+1	+2,25	-13,53	+9,51	+1	+2,25				
(4)	1	+1	-0,57	-10,44	-5,30	+1	-0,57				
(5)											
(9)											
(7)	1	0	-2,78	-2,79	-13,12	0	-2,78				
(8)	1	+1	-1,54	-11,58	-5,07	+1	-1,54				
(12)	1	0	+1,88	-0,38	+5,89	0	+1,88				
(10)											
(11)	1	-1	+0,89	+6,42	+3,23	-1	+0,89				
(15)										-1,454	-0,135
(13)	1	0	-2,37	+0,49	-7,43			-4,740	-0,442	-6,194	-0,577
(14)	1	-1	+0,73	+6,45	+2,73			+1,845	-4,067	+0,391	-4,202
(18)	1	0	+0,57	+6,44	+3,31			-2,118	+4,658	-1,312	+2,892
(16)										+0,806	-1,766
(17)	1	+1	+0,92	-0,44	+6,89			-4,903	-0,094	-4,097	-1,860
(21)	1	+1	+2,89	0	0			-1,820	+13,368	+5,172	+9,602
(19)	1	+1	+0,40	0	0			-6,284	-5,081	+0,708	+1,315
(20)										+6,992	-3,766
	[A]	[B]	[C]	[D]	F α	F s	F $x_{\text{ж}}$	F $y_{\text{ж}}$	W	S	
[A]	9	+6,45	-61,43	+30,09	+5	+2,97	-14,852	+22,422	+2,84	+2,49	
[B]		61,946	-22,625	+316,330	+2,97	+46,113	-0,911	+41,313	+4,9	+456,486	
[C]			726,923	-219,781	-54,54	-29,438	-1,905	+3,902	+2,17	+343,276	
[D]				2095,603	+25,93	+288,50	-0,537	+6,951	+26,93	+2570,02	
[FF]					5	46,113	97,198	242,962			
t $_{1j}$	3	+2,150	-20,477	+10,030	+1,667	+0,990	-4,951	+7,474	+0,947	+0,83	
t $_{2j}$		7,571	+2,826	+38,932	-0,081	+5,809	-1,286	+3,334	+0,378	+60,056	
t $_{3j}$			17,310	-7,188	-1,166	-1,478	-6,177	+8,523	+1,184	+11,008	
t $_{4j}$				20,679	+0,192	+2,021	-2,193	-6,603	+0,543	+14,639	
	[A]	[B]	[C]	[D]	F α	F s	F $x_{\text{ж}}$	F $y_{\text{ж}}$			
k	-0.85135	+0.11466	-0.079300	-0.02625	$\sqrt{\frac{1}{P_{\text{сжк}}}} = +0,904$	$\sqrt{\frac{1}{P_s}} = +2,262$	$\sqrt{\frac{1}{P_{x_{\text{ж}}/10}}} = +5,298$	$\sqrt{\frac{1}{P_{y_{\text{ж}}/10}}} = +7,729$			

Таблиця №10

**Коефіцієнти умовних рівнянь і вагових функцій
ряду суцільних спостережень триангуляції**

Назва напр.	A	B	C	D	F α	F s	F x	F y	c	d
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
(3)	-1	+1,11	+6,31	+7,78	-1	+1,11				
(1)	-1	-2,42	+3,13	-18,90	-1	-2,42				
(2)	+2	+1,31	-9,44	+11,12	+2	+1,31				
(6)	+1	+1,69	-5,54	+8,11	+1	+1,69				
(4)	+1	-1,13	-2,45	-6,70	+1	-1,13				
(5)	-2	-0,56	+7,99	-1,41	-2	-0,56				
(9)	-1	+1,42	+4,79	+6,06	-1	+1,42				
(7)	-1	-1,33	+2,00	-7,06	-1	-1,33				
(8)	+2	-0,09	-6,79	+1,00	+2	-0,09				
(12)	+1	+0,96	-2,39	+2,85	+1	+0,96				
(10)	+1	-0,92	-2,01	-3,04	+1	-0,92				
(11)	-2	-0,04	+4,40	+0,19	-2	-0,04				
(15)	+1	+0,55	-2,31	+1,56			+0,965	+1,503	-1,454	-0,135
(13)	+1	-1,82	-1,82	-5,86			-3,775	+1,061	-6,194	-0,577
(14)	-2	+1,27	+4,13	+4,30			+2,810	-2,564	+0,391	-4,202
(18)	-1	+1,30	+4,40	-0,09			+0,222	+3,136	-1,312	+2,892
(16)	-1	-1,11	-2,00	-3,40			+2,340	-1,521	+0,806	-1,766
(17)	+2	-0,19	-2,44	+3,49			-2,562	-1,615	-4,097	-1,860
(21)	+1	+1,79	0	0			+0,881	+7,218	+5,172	+9,602
(19)	+1	-0,70	0	0			-3,582	-1,068	+0,708	+1,315
(20)	-2	-1,09	0	0			+2,701	-6,150	+6,992	-3,766
W	-5,19	-0,10	+280,23	-0,87						
	A]	B]	C]	D]	F α]	F s]	F x]	F y]	W	S
[A	42	+4,35	-105,57	+37,59	+24	+5,46	-24,219	+21,297	-5,19	-0,282
[B		+31,882	-4,131	+134,416	+5,46	+18,814	+10,288	+22,083	-0,10	+223,062
[C			396,794	-123,861	-85,86	-19,874	+18,804	+4,914	+28,23	+109,446
[D				838,022	+40,02	+114,438	+18,792	-15,645	-0,87	+1042,90
[FF]					+24	+18,814	+56,069	115,778		
	A]	B]	C]	D]	F α]	F s]	F x]	F y]	W	S
t _{1i}	+6,481	+0,671	-16,290	+5,800	+3,703	+0,842	-3,737	+3,286	-0,801	-0,044
t _{2i}		+5,606	+1,213	+23,281	+0,531	+3,255	+2,282	+3,546	+0,078	+39,792
t _{3i}			+11,400	-5,054	-2,297	-0,886	-3,933	+4,749	+1,323	+5,304
t _{4i}				15,389	-0,352	+1,904	-2,114	-6,060	+0,5618	+9,329
[FF]					24	18,804	56,069	115,778	ПХЗ:	

	A]	B]	C]	D]	F α]	F s]	F x]	F y]
k	-0,1932	+0,1663	-0,1322	-0,0365	$\sqrt{\frac{1}{P\alpha}} = 2,15$	$\sqrt{\frac{1}{P_s}} = 1,76$	$\sqrt{\frac{1}{P_x/10}} = 4,118$	$\sqrt{\frac{1}{P_y/10}} = 5,756 +$ $+0,036508 - K_4$

Розрахуємо середню квадратичну похибку дирекційного кута $\alpha_{КЖ}$

$$m\alpha_{КЖ} = \mu \sqrt{\frac{1}{P\alpha_{КЖ}}} = 0,82 \cdot 0,90 = 0,74''$$

Середня квадратична похибка сторони $m_{КЖ}$

$$m_{КЖ} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{S_{КЖ}}}} = 0,82 \cdot 2,26 = 1,85 \text{ од. шостого знаку lg або}$$

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{m \cdot \lg S}{M \cdot 10^6} = \frac{1,85}{434294} = \frac{1}{230000}$$

Середні квадратичні похибки визначення координат пункту Ж

$$m_{x_{ж}} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_x}} = 0,82 \cdot 5,30 = 43,46$$

і
$$m_{x_{ж}} = \frac{43,46}{434,29} = 0,100 м$$

де
$$\sqrt{\frac{1}{P_{x_{ж}}}} = 5,30 \cdot 10 = 53,0$$

При зменшенні коефіцієнтів умовних рівнянь і вагових функцій в 10 разів, значення оберненої ваги зменшиться в 100 разів

$$m_{y_{ж}} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_y}} = 0,82 \cdot 77,3 = 63,39$$

і
$$m_{y_{ж}} = \frac{63,39}{434,29} = 0,146 м$$

де
$$\sqrt{\frac{1}{P_{y_{ж}}}} = 7,73 \cdot 10 = 77,3$$

Середня квадратична похибка положення пункту Ж

$$M_{XV} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = 0,177 м$$

Нагадаємо, що по залишковим похибкам зрівноваження координат

$$M_{XY} = 0,036\text{м}$$

Середня квадратична похибка зрівноваженого дирекційного кута в ряді суцільних спостережень триангуляції

$$m_{\alpha_{\text{зж}}} = 1,0'' \frac{2,15}{3} = 0,72''$$

Обернена вага розділена на 3 тому, що коефіцієнти і вільні члени були помножені на 3° .

Середня квадратична похибка зрівноваженої сторони

$$m_{S_{\text{зж}}} = 1,0 \cdot 1,76 = 1,76 \text{ од. шостого знаку логарифму або}$$

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{1,76}{434294} = \frac{1}{246000}$$

Середня квадратична похибка координат

$$m_{X_{\text{зж}}} = 1,0 \cdot 41,2 = 41,2$$

$$i \quad m_{X_{\text{зж}}} = \frac{41,2}{434,29} = 0,095\text{м}$$

$$m_{Y_{\text{зж}}} = 1,0 \cdot 57,6 = 57,6$$

$$i \quad m_{Y_{\text{зж}}} = \frac{57,6}{434,29} = 0,133\text{м}$$

$$\text{Тоді} \quad M_{XY} = \sqrt{m_X^2 + m_Y^2} = 0,163\text{м}$$

Величина оберненої ваги дирекційного кута для вільного ряду несучільних спостережень, який складається із 7 трикутників

$$\sqrt{\frac{1}{P_{\alpha_{7\text{нс}}}}} = \sqrt{9} = 3$$

$$\sqrt{\frac{1}{P_{\alpha_{7\text{сц}}}}} = \sqrt{\frac{42}{9}} = 2,16$$

Для ряду суцільних спостережень обернена вага поділена на 9 тому, що коефіцієнти і вільні члени умовного рівняння дирекційних кутів були помножені на 3.

Середня квадратична похибка визначення дирекційного кута зв'язуючої сторони вільного ряду із n трикутників

$$m_{\alpha_{\text{в'яз}}} = \sqrt{\frac{9}{7}} \cdot \mu \sqrt{n} = 1,13 \cdot \mu \sqrt{n} \quad (4.5.17)$$

$$m_{анси} = \sqrt{\frac{42}{7 \cdot 9}} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,82 \cdot \mu\sqrt{n} \quad (4.5.18)$$

Для ряду несучільних спостережень, який спирається на два вихідні дирекційні кути, величина оберненої ваги слабкої сторони буде

$$\sqrt{\frac{1}{P_{анси}}} = \sqrt{5 - 1,667^2} = 1,49$$

$$\sqrt{\frac{1}{P_{асси}}} = \sqrt{\frac{24 - 3,703^2}{9}} = 1,07$$

Средня квадратична похибка слабкої сторони, яка знаходиться в середині ряду із n трикутників, буде

$$m_{анси} = \sqrt{\frac{1,49^2}{7}} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,56\mu\sqrt{n} \quad (4.5.19)$$

$$m_{асси} = \sqrt{\frac{1,07^2}{7}} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,40\mu\sqrt{n} \quad (4.5.20)$$

Для вільного ряду із 7 трикутників обернена вага зв'язуючої сторони

$$\sqrt{\frac{1}{P_{S_{нси}}}} = \sqrt{61,946} = 7,87$$

$$\sqrt{\frac{1}{P_{S_{сси}}}} = \sqrt{31,882} = 5,65$$

Середня квадратична похибка визначення зв'язуючої сторони вільного ряду вираховується за формулою

$$m_{lg_{S_{нси}}} = \sqrt{\frac{61,946}{7}} \cdot \mu\sqrt{n} = 2,97 \cdot \mu\sqrt{n} \text{ од. 6 знаку lg} \quad (4.5.21)$$

$$m_{lg_{S_{сси}}} = \sqrt{\frac{31,882}{7}} \cdot \mu\sqrt{n} = 2,13 \cdot \mu\sqrt{n} \text{ од. 6 знаку lg} \quad (4.5.22)$$

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{m_{lg,S}}{M \cdot 10^6} = \frac{m_{lg,S}}{434294} \quad (4.5.23)$$

для ряду, який опирається на дві вихідні сторони, величина оберненої ваги слабкої сторони буде

$$\sqrt{\frac{1}{P_{S_{нси}}}} = \sqrt{46,113 - 5,809^2} = 3,52$$

$$\sqrt{\frac{1}{P_{Scen}}} = \sqrt{18,814 - 3,255^2} = 2,87$$

і середня квадратична похибка для ряду із n трикутників

$$m_{lg_{Scen}} = \sqrt{\frac{3,52^2}{7}} \cdot \mu\sqrt{n} = 1,33 \cdot \mu\sqrt{n} \quad (4.5.24)$$

$$m_{lg_{Scen}} = \sqrt{\frac{2,87^2}{7}} \cdot \mu\sqrt{n} = 1,08 \cdot \mu\sqrt{n} \quad (4.5.25)$$

Ряд, який опирається на вихідні сторони з відомими дирекційними кутами, трикутників має величину оберненої ваги дирекційного кута слабій зв'язуючої сторони ряду

$$\sqrt{\frac{1}{P_{ансн}}} = \sqrt{5 - 1,667^2 - 0,081^2} = 1,49$$

$$\sqrt{\frac{1}{P_{ассн}}} = \frac{\sqrt{24 - 3,703^2 - 0,531^2}}{3} = 1,05$$

Як бачимо, вплив умовного рівняння сторін на точність визначення дирекційних кутів, і навпаки, незначний.

Для ряду, який опирається на два вихідні пункти на початку і два в кінці ряду

$$m_{ансн} = \sqrt{\frac{0,9042}{7}} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,34 \cdot \mu\sqrt{n} \quad (4.5.26)$$

$$m_{ассн} = \frac{\sqrt{\frac{2,15^2}{7}}}{3} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,27 \cdot \mu\sqrt{n} \quad (4.5.27)$$

$$m_{lg_{Scen}} = \sqrt{\frac{2,262^2}{7}} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,85 \cdot \mu\sqrt{n} \text{ од. б знаку lg} \quad (4.5.28)$$

$$m_{lg_{Scen}} = \sqrt{\frac{1,760^2}{7}} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,66 \cdot \mu\sqrt{n} \text{ од. б знаку lg} \quad (4.5.29)$$

$$m_{X_{ансн}} = \frac{\sqrt{\frac{52,993^2}{7}}}{434,29} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,046 \cdot \mu\sqrt{n}, м \quad (4.5.30)$$

$$m_{x_{\text{ссп}}} = \frac{\sqrt{\frac{41,18^2}{7}}}{434,29} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,036 \cdot \mu\sqrt{n}, \text{ м} \quad (4.5.31)$$

$$m_{y_{\text{исп}}} = \frac{\sqrt{\frac{77,441^2}{7}}}{434,29} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,067 \cdot \mu\sqrt{n}, \text{ м} \quad (4.5.32)$$

$$m_{y_{\text{ссп}}} = \frac{\sqrt{\frac{57,56^2}{7}}}{434,29} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,050 \cdot \mu\sqrt{n}, \text{ м} \quad (4.5.33)$$

Для вільного ряду

$$m_{x_{\text{исп}}} = \frac{\sqrt{\frac{173,101^2}{7}}}{434,29} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,150 \cdot \mu\sqrt{n}, \text{ м} \quad (4.5.34)$$

$$m_{x_{\text{ссп}}} = \frac{\sqrt{\frac{11,4^2}{7}}}{434,29} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,099 \cdot \mu\sqrt{n}, \text{ м} \quad (4.5.35)$$

$$m_{y_{\text{исп}}} = \frac{\sqrt{\frac{206,784^2}{7}}}{434,29} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,180 \cdot \mu\sqrt{n}, \text{ м} \quad (4.5.36)$$

$$m_{y_{\text{ссп}}} = \frac{\sqrt{\frac{153,892^2}{7}}}{434,29} \cdot \mu\sqrt{n} = 0,134 \cdot \mu\sqrt{n}, \text{ м} \quad (4.5.37)$$

4.6 Зрівноваження ряду між двома вихідними базисними сторонами

Нехай, в нашому ряді несучільних спостережень будуть відомі тільки вихідні сторони.

На основі таблиці 3 одержимо таблицю коефіцієнтів базисного умовного рівняння

Таблиця №11

Зрівноваження ряду

№ трик	Назви пунктів	Поправки	B	Виміряні кути	Поправки V _i (сек)	Зрівноважені кути і доповнення	Зрівноважені сторони
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Г	(3)	+3,53	95°21'35,14"	-0,28	95°21'34,86"	
	А	(1)				<u>29°30'11,60"</u>	15093,852
	В	(2)	+3,72	55°08'13,83"	-0,29	55°08'13,54"	
2	В	(6)	+2,25	43°11'30,01"	-0,18	43°11'29,83"	
	Б	(4)	-0,57	74°50'48,73"	+0,4	74°50'48,77"	30515,130
	А	(5)				<u>61°57'41,40"</u>	
3	А	(9)				<u>54°24'11,96"</u>	
	К	(7)	-2,78	59°30'25,07"	+0,22	59°30'25,29"	21638,131
	Б	(8)	-1,54	66°05'22,63"	+0,12	66°05'22,75"	
4	Б	(12)	+1,88	64°50'40,07"	-0,15	64°50'39,92"	
	Ж	(10)				<u>67°12'51,11"</u>	20418,807
	К	(11)	+0,89	47°56'29,04"	-0,07	47°56'28,97"	
5	Ж	(15)				<u>109°05'21,02"</u>	
	С	(13)	-2,37	34°08'58,21"	+0,19	34°08'58,40"	20046,684
	К	(14)	+0,73	36°45'40,64"	-0,06	36°45'40,58"	
6	К	(18)	+0,57	54°47'16,41"	-0,04	54°47'16,37"	
	П	(16)				<u>66°33'50,75"</u>	33747,512
	С	(17)	+0,92	58°38'52,95"	-0,07	58°38'52,88"	
7	С	(21)	+2,89	36°03'45,00"	-0,23	36°03'44,77"	18000,605
	Р	(19)	0,40	100°39'11,09"	-0,03	100°39'11,06"	30051,578
	П	(20)				<u>43°17'04,17"</u>	
						Σv _{их} =18000,609	
						W _s =-4 мм	

Корелата
$$K = -\frac{W}{[BB]} = -\frac{+4.9}{61,8759} = -0,07919077$$

Поправки в кути знайдені за формулою

$$V_1 = KB_1 \quad (4.5.38)$$

Невиміряні кути зрівноважені, взяті як доповнення до 180° і підкреслені в таблиці №11.

Залишкове значення величини вільного члена базисного умовного рівняння, визначеного по тим же коефіцієнтам, але з врахуванням сумісного впливу координатних умовних рівнянь і умовних рівнянь дирекційних кутів склало 41мм, тобто в 10 раз більше і було викликане впливом інших умовних рівнянь. Таким чином, в деяких межах умовні рівняння “притягують” або беруть на себе виконання умов інших умовних рівнянь.

ВИСНОВКИ

1. Проведена апробація побудови ряду несучільних спостережень триангуляції і дано порівняння з традиційною побудовою ряду суцільних спостережень.
2. Дана методика корелатного зрівноваження ряду несучільних спостережень.
3. Розроблена програма розрахунку зв'язуючих сторін і координат пунктів ряду, яка дає можливість в польових умовах проводити контроль визначення вільних членів умовного рівняння дирекційних кутів, сторін і координат.
4. При переході від коефіцієнтів умовних рівнянь ряду несучільних спостережень, заміна коефіцієнта невимірюваного зв'язуючого кута в умовних рівняннях дирекційних кутів, базиса і координат змінює знаки даних коефіцієнтів на обернені, і вони алгебраїчно вводяться в коефіцієнти вимірюваних кутів з оберненим знаком.
5. В результаті проведених досліджень встановлено, що середня квадратична похибка одиниці ваги за результатами зрівноваження в ряді несучільних спостережень менша, ніж в ряді традиційної побудови.
6. Максимальне розходження координат пунктів ряду несучільних і суцільних спостережень складає 13см. Переходячи від граничної похибки до середньої квадратичної, можемо говорити про забезпечення точності визначення координат пунктів в межах 5см.
7. Технологія побудови і згущення мереж несучільних спостережень триангуляції рекомендується для впровадження в топографо-геодезичне виробництво.
8. Врахування умов фігур збільшує середню квадратичну похибку одиниці ваги.
9. Наявність в опорній мережі полігонональних умовних рівнянь (дирекційних кутів, сторін і координат) в

необхідній мірі контролює якість побудови мережі і без врахування умовних рівнянь фігур.

10. Виконання умов фігур в триангуляції не дає повного контролю польових спостережень.

11. Якщо при згущенні мережі (вставці між пунктами вищого класу) провести спостереження з точністю даного класу і зрівноважити мережу як мережу несучільних спостережень, то точність визначення координат пунктів вставки по точності буде відповідати точності координат вихідних пунктів.

12. Названо полігональні умовні рівняння умовними рівняннями першого порядку, так як вони повністю контролюють мережу.

13. Названо умовні рівняння фігур умовними рівняннями другого порядку. Вони в необхідній мірі контролюють вільні мережі.

14. Врахування умов вільних мереж (фігур і полюсів) не підвищує точності елементів мережі, врахування полігональних умов підвищує точність визначення елементів мережі при вставці у вищий клас.

ЛІТЕРАТУРА

1. Н.Г.Видуев, А.Г.Григоренко. Математическая обработка геодезических измерений. Киев: Вища школа, 1978,-376с.
2. П.А.Гайдаев. Математическая обработка геодезических сетей. М.:Недра, 1977,- 288с.
3. Б.Н.Рабинович. Практикум по высшей геодезии. М.:Геодезиздат, 1951, 304с.
4. Р.Н.Литнаревич. Создание геодезических сетей несплошных наблюдений и автоматизированная система их обработки. Информационный листок №87-009. Ровненский МТ ЦНТИ. 1987,-4с.
5. Р.М.Літнаревич. Методичні вказівки по вивченню спеціального курсу “Інженерна геодезія” з використанням програмних мікрокалькуляторів. Рівне: УПВГ, 1993, -44с.

ПЕРЕЛІК РОЗРОБЛЕНИХ АВТОРОМ І ПРИВЕДЕНИХ ПРОГРАМ

1. Програма №1 розрахунку зв'язуючих сторін і коефіцієнтів умовних рівнянь сторін і координат пунктів.....7
2. Програма №2 розрахунок коефіцієнтів нормальних рівнянь17
3. Програма №3 рішення нормальних рівнянь і вагових функцій способом квадратних коренів.....20
4. Програма №4 розрахунку суми квадратів $[V^2]$27

**Літнарівч Руслан Миколайович,
доцент, кандидат технічних наук**

**Розробка технології створення
планової геодезичної мережі методом
несуцільних спостережень триангуляції**

**Навчальний посібник
з курсу “Основні геодезичні роботи”**

Частина X

**Текст відредагував і набрав у видавничому редакторі
Word for Windows Кіт Ярослав Романович**

М. Чернігів
вул. Стрілецька,1
[URL:www.geci.cn.ua](http://www.geci.cn.ua)
E-mail:rector@geci.cn.ua
Тел.: (0462) 179-308
(04622) 5-61-70