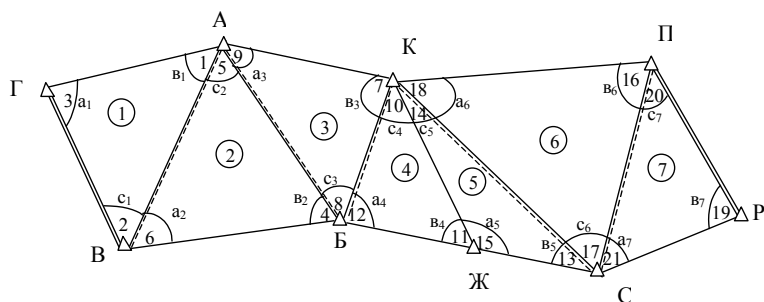


**Міністерство освіти і науки України  
Чернігівський державний інститут  
економіки і управління**

**Р.М. Літнарівч**

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

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



**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 XI. ЧДІЕіУ. Чернігів. 2001. 51 с.

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

Рецензенти: Боровий В.О. – д.т.н., професор  
Войтенко С.П. - д.т.н., професор  
Канівець В.І. - д.т.н., професор

XI частина посібника посвячується побудові і дослідженню моделі, істинні значення елементів які нам відомі. Генеруючи середні квадратичні похибки вимірювання кутів у триангуляції 3 класу. виконано зрівноваження мережі суцільних і несучільних спостережень триангуляції. Дано порівняння точності зрівноважених елементів триангуляції суцільних і несучільних спостережень. Дається порівняльний наліз елементів мережі несучільних спостережень з істинними значеннями моделі

## Зміст

Введення	4
5.1. Побудова моделі дослідження	5
5.2. Польовий контроль при згущенні мережі методом несучільних спостережень	12
5.3. Зрівноваження ряду суцільних спостережень Тріангуляції .....	16
5.4. Зрівноваження ряду несучільних спостережень тріангуляції .....	21
5.5. Зрівноваження ряду суцільних спостережень тріангуляції по напрямкам	24
5.6. Зрівноваження ряду суцільних спостережень тріангуляції методом мінімуму поправок	27
5.7. Оцінка точності	29
5.8. Вивід формул попередньої оцінки точності досліджуваної моделі	44
Висновок	42
Література	43
Вказівник програм	43

## Введення

В IX частині посібника досліджувалась модель тріангуляції №1 яка була взята із Практикуму по вищій геодезії МІІГАіК 1982 року видання.

В X частині посібника досліджується модель тріангуляції №2. яка взята із Практикуму по вищій геодезії автора Б. Н. Рабіновича 1951 року видання.

XI частина посібника посвячується побудові і дослідженню моделі. істинні значення елементів які нам відомі. Генеруючи середні квадратичні похибки вимірювання кутів у тріангуляції 3 класу. виконано зрівноваження мережі суцільних і несучільних спостережень тріангуляції. Дано порівняння точності зрівноважених елементів тріангуляції суцільних і несучільних спостережень. Дається порівняльний наліз елементів мережі несучільних спостережень з істинними значеннями моделі

Розглядається ряд. який опирається на сторони з відомими координатами пунктів старшого класу. Координати даних пунктів можуть бути визначенні по системі GPS.

На основі теоретичних розробок методу несучільних спостережень тріангуляції виконано ряд дипломних проектів, ціллю яких було створення планового геодезичного обґрунтування на території обласних центрів для забезпечення облікової одиниці площі в 1 кв. м.. і садово-городніх кооперативів для забезпечення облікової одиниці площі в 2.5 кв.м. а також районних центрів з обліковою одиницею площі в 10 кв.м.

### 5.1. Побудова моделі дослідження

Генеруємо істинні похибки величиною 1.5" і введемо їх в істинні значення кутів. Розрахуємо вільний член базисного умовного рівняння, рішимо трикутники і порівняємо сторони спотвореної моделі з їх істинними значеннями.

Таблиця 1. Побудова моделі дослідження

№ три к	Назва кутів	Істинні значення кутів	$\Delta''i$	Кути спотвореної моделі	$\delta_{i \text{ зам}}$ <i>i</i> мс	Сторони моделі (м)	Істинні значення (м)	$\Delta_{si}$ (мм)
1	A <sub>1</sub>	39°55'38.50"	+0.65"	39°55'39.15"	-1.195	4992.250	4992.250	0
	C <sub>1</sub>	37°42'27.50"	+0.75"	37°42'28.25"		4757.478	4757.480	-2
	B <sub>1</sub>	102°21'54.00"	-0.05"	102°21'53.95"	-0.219	7597.860	7597.889	-29
	$\Sigma$	180°00'00.00"	+1.35"	180°00'01.35"				
2	A <sub>2</sub>	100°00'08.54"	+1.50"	100°00'10.04"	+0.176	7597.860	7597.889	-29
	C <sub>2</sub>	41°29'35.71"	+0.44"	41°29'36.15"		5111.535	5111.536	-1
	B <sub>2</sub>	38°30'15.75"	-1.10"	38°30'14.65"	+1.257	4803.213	4803.258	-45
	$\Sigma$	180°00'00.00"	+0.84"	180°00'00.84"				
3	A <sub>3</sub>	57°57'37.11"	-0.39"	57°57'36.72"	-0.626	4803.213	4803.258	-45
	C <sub>3</sub>	45°30'07.82"	+0.26"	45°30'08.08"		4041.650	4041.679	-25
	B <sub>3</sub>	76°32'15.07"	-1.10"	76°32'13.97"	-0.239	5510.603	5510.656	-53
	$\Sigma$	180°00'00.00"	-1.23"	179°59'58.77"				
4	A <sub>4</sub>	73°56'42.40"	+1.30"	73°56'43.70"	-0.288	5510.603	5510.656	-53
	C <sub>4</sub>	56°01'09.10"	-0.80"	56°01'08.26"		4754.96	4755.03	-67

	4	"		"		5	2	
	B <sub>4</sub>	50°02'08.50"	-0.57"	50°02'07.93"	+0.838	4394.971	4395.032	-61
	$\Sigma$	180°00'00.00"	-0.11"	179°59'59.89"				
	A <sub>5</sub>	48°59'12.83"	-0.80"	48°59'12.03"	-0.870	4394.971	4395.032	-61
5	C <sub>5</sub>	50°58'06.57"	+1.19"	50°58'07.76"		4524.546	4524.573	-27
	B <sub>5</sub>	80°02'40.60"	+0.26"	80°02'40.86"	+0.176	5736.870	5736.928	-58
	$\Sigma$	180°00'00.00"	+0.65"	180°00'00.65"				
	A <sub>6</sub>	77°48'09.25"	-0.11"	77°48'09.14"	-0.216	5736.928	5736.928	-58
6	C <sub>6</sub>	59°03'02.15"	-1.49"	59°03'00.66"		5033.677	5033.750	-73
	B <sub>6</sub>	43°08'48.60"	+0.98"	43°08'49.58"	+1.067	4013.908	4013.928	-20
	$\Sigma$	180°00'00.00"	-0.62"	179°59'59.38"				
	A <sub>7</sub>	41°01'35.74"	-1.42"	41°01'34.32"	-1.149	4013.908	4013.928	-20
7	C <sub>7</sub>	53°31'07.21"	-0.38"	53°31'06.83"		4916.759	4916.752	+7
	B <sub>7</sub>	85°27'17.05"	+0.02"	85°27'17.07"	+0.079	6095.764	6095.747	+17
	$\Sigma$	180°00'00.00"	-1.78"	179°59'58.22"				
	A <sub>8</sub>	86°44'41.00"	+0.15"	86°44'41.15"	-0.057	6095.764	6095.747	+17
8	C <sub>8</sub>	54°19'14.02"	-1.16"	54°19'12.86"		4959.528	4959.534	-6
	B <sub>8</sub>	38°56'04.98"	+0.42"	38°56'05.40"	+1.238	3836.989	3836.968*	+21
	$\Sigma$	180°00'00.00"	-0.59"	179°59'59.41"				

$$[\Delta\Delta] = 17.81 \quad W_{\text{баз}} = \left(1 - \frac{bn}{b'n}\right) \quad \rho'' = \left(1 - \frac{3836.968}{3836.989}\right) * 206265'' = +1.13$$

\* Істинні значення сторони ScD моделі відрізняються від вихідної сторони на 3 мм

мінати на обернений вручну

**Протокол №1 рішення трикутників. визначення коефіцієнтів базисного умовного рівняння. вільного члена і суми квадратичних коефіцієнтів**

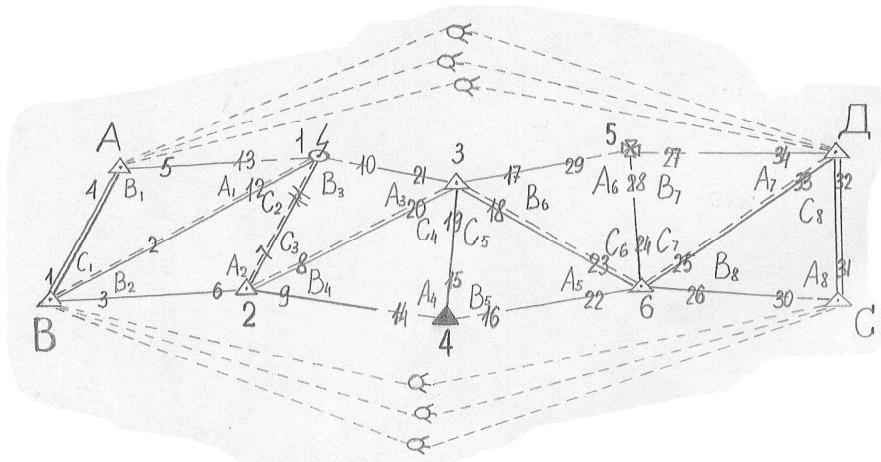


Рис. 1. Модель мережі несучільних спостережень триангуляції.

**Таблиця 2. Вихідні дані**

Назва пунктів	X	y	Довжина сторони	Дирекційний кут	На пункт
A	5934.594	2297.186	4992.250	188°54'25.00"	B
B	1002.545	1524.235	4992.250	8°54'25.00"	A
C	1311.420	20592.950	3836.965	1°53'04.316"	D
D	5146.310	20719.130	3836.965	181°53'04.316"	C

**Програма №1 рішення трикутників. визначення коефіцієнтів базисного умовного рівняння. вільного члена і суми квадратичних коефіцієнтів**

ГІР	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	Cx	X-	C/П	X-	X-	C/П	X-	C/П	X-	5
10	X-	3	X-	C/П	K <sub>0111</sub>	Fsin	KX-	FLO	13	П-
20	:	П-	X	X-	C/П	П-	X	П-	:	C/П
30	П-	Fsin	Ftg	F1/x	[--]	C/П	Fx <sup>2</sup>	П-	+	X-
40	П-	Fsin	Ftg	F1/x	C/П	Fx <sup>2</sup>	П-	+	X-	FL1
50	09	1	П-	П-	:	--	2	0	6	2
60	6	5	X	C/П	П-	C/П	БП	00	F	ABT

**Примітка.** Якщо зв'язуючий кут більший 90°. то відповідний знак

№ п/п	Введення даних	Результат	Познач.	№ п/п	Введення даних	Результат	Познач.
1	В/О С/П			32		+0.838	$\delta_{чис}$
2	4992.25 С/П		S <sub>AB</sub>	33	48°59'12.03" С/П		A <sub>5</sub>
3	3836.965 С/П		S <sub>CD</sub>	34	50°58'07.76" С/П		C <sub>5</sub>
4	8 С/П	3	n Δ	35	80°02'40.86" С/П		B <sub>5</sub>
5	39°55'39.15" С/П		A <sub>1зн.</sub>	36		5736.870 С/П	S <sub>36</sub>
6	37°42'28.25" С/П		C <sub>1</sub>	37		4524.546 С/П	S <sub>46</sub>
7	102°21'53.95" С/П		B <sub>1чис</sub>	38		-0.870 С/П	$\delta_{зн}$
8		7597.860 С/П	S <sub>B1</sub>	39		+0.176 С/П	$\delta_{чис}$
9		4757.478 С/П	S <sub>A1</sub>	40	77°48'09.14" С/П		A <sub>6</sub>
10		-1.195 С/П	$\delta_{знач}$	41	59°03'00.66" С/П		C <sub>6</sub>
11		+0.219 С/П	$\delta_{чис}$	42	43°08'49.58" С/П		B <sub>6</sub>
12	100°00'10.04" С/П		A <sub>2зн</sub>	43		4013.908 С/П	S <sub>56</sub>
13	41°29'36.15" С/П		C <sub>2</sub>	44		5033.677 С/П	S <sub>36</sub>
14	38°30'14.65" С/П		B <sub>2чис</sub>	45		-0.216 С/П	$\delta_{зн}$
15		4803.213 С/П	S <sub>12</sub>	46		+1.067 С/П	$\delta_{чис}$
16		5111.535 С/П	S <sub>B2</sub>	47	41°01'34.32" С/П		A <sub>7</sub>
17		-0.176 С/П	$\delta_{знач}$	48	53°31'06.83" С/П		C <sub>7</sub>
18		+1.257 С/П	$\delta_{чис}$	49	85°27'17.07" С/П		B <sub>7</sub>
19	57°57'36.72" С/П		A <sub>3зн</sub>	50		6095.764 С/П	S <sub>6D</sub>
20	45°30'08.08" С/П		C <sub>3</sub>	51		4916.759 С/П	S <sub>5D</sub>
21	76°32'13.97" С/П		B <sub>3чис</sub>	52		-1.149 С/П	$\delta_{зн}$
22		5510.603 С/П	S <sub>23</sub>	53		+0.079 С/П	$\delta_{чис}$
23		4041.650 С/П	S <sub>13</sub>	54	86°44'41.15" С/П		A <sub>8</sub>
24		-0.625 С/П	$\delta_{знач}$	55	54°19'12.86" С/П		C <sub>8</sub>
25		+0.239 С/П	$\delta_{чис}$	56	88°56'05.40" С/П		B <sub>8</sub>
26	73°56'43.70" С/П		A <sub>4зн</sub>	57		3836.989 С/П	S <sub>CD</sub>
27	56°01'08.26" С/П		C <sub>4</sub>	58		4959.528 С/П	S <sub>6C</sub>
28	50°02'07.93" С/П		B <sub>4чис</sub>	59		-0.057 С/П	$\delta_{зн}$
29		4394.971 С/П	S <sub>34</sub>	60		+1.238 С/П	$\delta_{чис}$
30		4754.965 С/П	S <sub>24</sub>	61		1.30"	W <sub>баз</sub>
31		-0.288 С/П	$\delta_{знач}$	62		9.16	[ $\delta\delta$ ]

**Примітка:** Якщо кут більший 90°, то знак  $\delta$  міняти на обернений. В ряді несучільних спостережень на тих пунктах, де не проводилось спостереження, кути взяті як доповнення до 180°

**Таблиця №3. Модель ряду несучільних спостережень і рішення трикутників**

№ трик.	Назва пункт.	Назва кутів.	Кути моделі.	Сторони моделі (м).	Істинні значення сторін (м).	$\Delta$ (мм)
	1	A <sub>1</sub>	39°55'37.90"	4992.250	4992.250	0
1	B	C <sub>1</sub>	37°42'28.25"	4757.513	4757.480	+33
	A	B <sub>1</sub>	102°21'53.95"	7597.917	7597.889	+28
	2	A <sub>2</sub>	100°00'10.04"	7597.917	7597.889	+28
2	1	C <sub>2</sub>	41°29'35.31"	5111.550	5111.536	+14
	B	B <sub>2</sub>	38°30'14.65"	4803.249	4803.258	-9
	3	A <sub>3</sub>	57°57'36.72"	4803.249	4803.258	-9
3	2	C <sub>3</sub>	45°30'08.08"	4041.681	4041.679	+2
	1	B <sub>3</sub>	76°32'15.20"	5510.652	5510.656	-4
	4	A <sub>4</sub>	73°56'43.81"	5510.652	5510.656	-4
4	3	C <sub>4</sub>	56°01'08.26"	4755.007	4755.032	-25
	2	B <sub>4</sub>	50°02'07.93"	4395.010	4395.032	-22
	6	A <sub>5</sub>	48°59'12.03"	4395.010	4395.032	-22
5	3	C <sub>5</sub>	50°58'07.76"	4524.586	4524.573	+13
	4	B <sub>5</sub>	80°02'40.21"	5736.917	5736.928	-11
	5	A <sub>6</sub>	77°48'09.76"	5736.917	5736.928	-11
6	6	C <sub>6</sub>	59°03'00.66"	5033.716	5033.750	-34
	3	B <sub>6</sub>	43°08'49.58"	4013.939	4013.928	+11
	D	A <sub>7</sub>	41°01'34.32"	4013.939	4013.928	+11
7	6	C <sub>7</sub>	53°31'06.83"	4916.796	4916.752	+44
	5	B <sub>7</sub>	85°27'18.85"	6095.814	6095.747	+67
	C	A <sub>8</sub>	86°44'41.74"	6095.814	6095.747	+67
8	D	C <sub>8</sub>	54°19'12.86"	4959.568	4959.534	+34
	6	B <sub>8</sub>	38°56'05.40"	3837.020	3836.968	+52

$$S_{\text{аіх}} = 3836,968 \quad W'_s = +52 \text{ мм}$$

$$W_{\text{баз}} = (b' - bn) \frac{S''}{bn} = 0.052 \frac{206265}{3837 \cdot 02} = 2.80$$

Представляє інтерес прослідкувати в якій мірі впливають попередньо зрівноваженні кути на точність визначення сторін в триангуляції.

**Таблиця №4. Розрахунок сторін по попередньо зрівноваженим кутам і їх порівняння з істинними таненнями**

№ трик.	Назва кутів	Кути триангуляції	V'	Попередньо зрівноважені кути	Сторони (м)	Істинні значення сторін (м)	$\Delta$ (мм)
	A <sub>1</sub>	39°55'39.15"	-0.45"	39°55'38.70"	4992.250	4992.250	0
1	C <sub>1</sub>	37°42'28.25"	-0.45"	37°42'27.80"	4757.477	4757.480	-3
	B <sub>1</sub>	102°21'53.95"	-0.45"	102°21'53.50"	7597.884	7597.889	-5
	A <sub>2</sub>	100°00'10.04"	-0.28"	100°00'09.76"	7597.884	7597.889	-5
2	C <sub>2</sub>	41°29'36.15"	-0.28"	41°29'35.87"	5111.542	5111.536	+6
	B <sub>2</sub>	38°30'14.65"	-0.28"	38°30'14.37"	4803.220	4803.258	-38
	A <sub>3</sub>	57°57'36.72"	+0.41"	57°57'37.13"	4803.220	4803.258	-38
3	C <sub>3</sub>	45°30'08.08"	+0.41"	45°30'08.49"	4041.659	4041.679	-20
	B <sub>3</sub>	76°32'13.97"	+0.41"	76°32'14.38"	5510.606	5510.656	-50
	A <sub>4</sub>	73°56'43.70"	+0.04"	73°56'43.74"	5510.606	5510.656	-50
4	C <sub>4</sub>	56°01'08.26"	+0.04"	56°01'08.30"	4754.968	4755.032	-64
	B <sub>4</sub>	50°02'07.93"	+0.03"	50°02'07.96"	4394.974	4395.032	-58
	A <sub>5</sub>	48°59'12.03"	-0.21"	48°59'11.82"	4394.974	4395.032	-58
5	C <sub>5</sub>	50°58'07.76"	-0.22"	50°58'07.54"	4524.550	4524.573	-23
	B <sub>5</sub>	80°02'40.86"	-0.22"	80°02'40.64"	5736.878	5736.928	-50
	A <sub>6</sub>	77°48'09.14"	+0.20"	77°48'10.34"	5736.878	5736.928	-50
6	C <sub>6</sub>	59°03'00.66"	+0.21"	59°03'00.87"	5033.681	5033.750	-69
	B <sub>6</sub>	43°08'49.58"	+0.21"	43°08'49.79"	4013.913	4013.928	-15
	A <sub>7</sub>	41°01'34.32"	+0.59"	41°01'34.91"	4013.913	4013.928	-15
7	C <sub>7</sub>	53°31'06.83"	+0.59"	53°31'07.42"	4916.760	4916.752	+8
	B <sub>7</sub>	85°27'17.07"	+0.60"	85°27'17.67"	6095.753	6095.747	+6
	A <sub>8</sub>	86°44'41.15"	+0.19"	86°44'41.34"	6095.753	6095.747	+6
8	C <sub>8</sub>	54°19'12.86"	+0.20"	54°19'13.06"	4959.522	4959.534	-12
	B <sub>8</sub>	38°56'05.40"	+0.20"	38°56'05.60"	3836.986	3836.968	+18

$$[V'V'] = 2.79$$

$$W_{\text{баз}} = (bn - bn) \frac{\rho''}{bn} = +0.97$$

Як видно із приведених досліджень, підвищення точності

визначення сторін в триангуляції при попередньому зрівноваженні кутів не спостерігається.

**Протокол №2 розрахунку істинних координат моделі по програмі №2**

№ п/п	Введення даних	Результат	Поз-нач.	№ п/п	Введення даних	Результат	Поз-нач.
1	В/О С/П			25	360- С/П		
2	1002.545С/П		X <sub>B</sub>	26		50°37'24.71	α <sub>23</sub>
3	1524.235С/П		Y <sub>B</sub>	27	5510.656 С/П		S <sub>23</sub>
4	188°54'25.00"С		α <sub>AB</sub>	28	+3496033 С/П	Δ X <sub>23</sub>	
5	5 С/П		n <sub>пункт</sub>	29	4933.502 С/П	X <sub>3</sub>	
6	37°42'27.70"С/		C <sub>1</sub>	30	+4259.705 С/П	Δ Y <sub>23</sub>	
7	+		Лкуг		10876.939 С/П	Y <sub>3</sub>	
8	360-С/П			32	106°59'15.67"		C <sub>4</sub> +C <sub>5</sub>
9		46°36'52.60"	α <sub>B1</sub>	33	-С/П		
10	7597.889С/П		S <sub>B1</sub>	34		123°38'09.10С	α <sub>36</sub>
11		+5219.007 С/П	Δ X <sub>B1</sub>	35	5736.928 С/П		S <sub>36</sub>
12		62211.552 С/П	X <sub>1</sub>	36		-3177.758С/П	Δ X <sub>36</sub>
13		5521.765 С/П	Δ Y <sub>B1</sub>	37		1755.744С/П	X <sub>6</sub>
14		7046.000 С/П	Y <sub>1</sub>	38		4776.422 С/П	Δ Y <sub>36</sub>
15	41°29'35.71"С/		C <sub>2</sub>	39		15653.361С/П	Y <sub>6</sub>
16	-С/П		П.куг	40	112°34'09.36"		C <sub>6</sub> +C <sub>7</sub>
17		185°07'16.90"С	α <sub>B12</sub>	41			
18	4803.258 С/П		S <sub>B12</sub>	42		56° 12'18.40"	α <sub>6Д</sub>
19		-4784.083 С/П	Δ X <sub>12</sub>	43	6095.747С/П		S <sub>6Д</sub>
20		1437.469 С/П	X <sub>2</sub>	44		+3390.585С/П	Δ X <sub>6</sub>
21		-428.766 С/П	Δ Y <sub>12</sub>	45		5146.3289С/П	X <sub>Д</sub>
22		6617.234С/П	Y <sub>2</sub>	46		+5065.774С/П	Δ Y <sub>6Д</sub>
23	45°30'07.82"		C <sub>3</sub>	47		20719.135	Y <sub>Д</sub>
24	+		Л.куг	48			

$$X_{Д \text{ вих.}} = 5146.31$$

$$Y_{Д \text{ вих.}} = 20719.13$$

Залишкові значення вільних членів  $W_x = +19\text{мм}$  і  $W_y = +5\text{мм}$  обумовлені похибками заокруглення мікрокалькулятора.

**Протокол №3 розрахунку істинних координат моделі по формулам Юнга**

№ п/п	Введення даних	Результат	Поз-нач.	№ п/п	Зведення даних	Результат	Поз-нач.
1	В/О С/П			6	48°59'12.83" С/П		A <sub>5</sub>
2	5934.594 С/П		X <sub>A</sub>	7	50°58'06.57" С/П		C <sub>5</sub>
3	2297.186 С/П		Y <sub>A</sub>	8		557.944 С/П	X <sub>4</sub>
4	1002.545 С/П		X <sub>B</sub>	9		11290.215 С/П	Y <sub>4</sub>
5	1524.235 С/П		Y <sub>B</sub>	1	В/О С/П		
6	102°21'54.00" С/П		B <sub>1</sub>	2	4933.502 С/П		X <sub>3</sub>
7	37°42'27.5" С/П		C <sub>1</sub>	3	10876.939 С/П		Y <sub>3</sub>
8		6221.554 С/П	X <sub>1</sub>	4	1437.469 С/П		X <sub>2</sub>
9		7045.996 С/П	Y <sub>1</sub>	5	6617.234 С/П		Y <sub>2</sub>
1	В/О С/П			6	56°01'09.1 С/П		C <sub>4</sub>
2	1755.744 С/П		X <sub>6</sub>	7	50°02'08.5"С/П		B <sub>4</sub>
3	15653.361 С/П		Y <sub>6</sub>	8		557.944 С/П	X <sub>4</sub>
4	5146.329 С/П		X <sub>Д</sub>	9	В/О С/П	11290.217 С/П	Y <sub>4</sub>
5	20719.135 С/П		Y <sub>Д</sub>	1			
6	53°31'07.21" С/П		C <sub>7</sub>	2	4933.502 С/П		X <sub>3</sub>
7	41°01'35.74" С/П		A <sub>7</sub>	3	10876.939 С/П		Y <sub>3</sub>
8		5765.261 С/П	X <sub>3</sub>	4	1755.744 С/П		X <sub>6</sub>
9		15841.494 С/П	Y <sub>3</sub>	5	15653.361 С/П		Y <sub>6</sub>
1	В/О С/П			6	43°08'48.6" С/П		B <sub>6</sub>
2	1755.744 С/П		X <sub>6</sub>	7	59°03'02.15" С/П		C <sub>6</sub>
3	15653.361 С/П		Y <sub>6</sub>	8		5765.261 С/П	X <sub>5</sub>
4	4933.502 С/П		X <sub>3</sub>	9		15841.494 С/П	Y <sub>5</sub>
5	10876.939 С/П		Y <sub>3</sub>				

**5.2 Польовий контроль при згущенні мережі методом несущільних спостережень**

Методика спостережень в розглянутому ряді не відрізняється від звичайної. регламентованої у відповідних інструкціях, але відсутність умовних рівнянь фігур потребує акцентувати особливу увагу на методах польового контролю.

Першою перевіркою якісного виконання польових робіт куткових вимірів є забезпечення польових допусків на станції по замиканню горизонту коливання напрямків. приведені до нуля в різних прийомах, коливання подвійної колімаційної

Оперативним контролем буде визначення координат пункту засічки з кожного пункту спостережень по розрахованим сторонам і координатам пункту ходової лінії. Він замінює контроль по умовам фігур.

Другим контролем буде розрахунок вільного члена базисного умовного рівняння і порівняння його з допустимим значенням, яке в нашому випадку буде:

$$\text{доп. } W_{\delta} = 2m_{\beta} \sqrt{[bb]} = 3'' \sqrt{9.16} = 9''$$

$$\text{або } W_{\delta} = \left(1 - \frac{bn}{bn'}\right) \rho'' \quad (5.2.2)$$

де  $bn'$  - вчислена довжина кінцевого базису;

$bn$  - значення вихідного кінцевого базису вищого класу триангуляції;

$[bb]$  - сума квадратичних коефіцієнтів базисного умовного рівняння;

$\rho''$  - число секунд в одному радіані;

$m_{\beta}$  - середня квадратична похибка вимірювання кутів.

Розрахунок виконується на кінцевому пункті спостережень по розробленій автором програмі №1 за декілька хвилин.

Наступним контролем буде розрахунок вільного члена умовного рівняння дирекційних кутів.

$$W_{\alpha} = \alpha_{\text{СДвир}} - \alpha_{\text{СДвих}}$$

де  $\alpha_{\text{СДвир}}$ ,  $\alpha_{\text{СДвих}}$  - вираховане і вихідне значення дирекційного кута кінцевої сторони  $S_{\text{сд}}$  ходової лінії.

В нашому випадку:

$$\alpha_{\text{СДвир}} = \alpha_{\text{AB}} + C_1 - C_2 + C_3 - C_4 - C_5 + C_6 + C_7 - C_8 \pm 180^\circ(n-1), \quad (5.2.4)$$

де  $C_1$  - проміжні кути, які беруть участь в передачі дирекційних кутів;

$n$  - число пунктів повороту; •

$\alpha_{\text{AB}}$  - вихідний дирекційний кут сторони АВ. Приймаючи до уваги, що в ряді несучільних спостережень кут  $C_2$  невимірний, і

$$C_2 = 180^\circ - B_2 - A_2. \quad (5.2.5)$$

одержимо:

$$\alpha_{\text{СДвир}} = \alpha_{\text{AB}} + C_1 + B_2 + A_2 + C_3 - C_4 - C_5 + C_6 + C_7 - C_8 \pm 180^\circ(n-2), \quad (5.2.6)$$

Допустиме значення вільного члена умовного рівняння дирекційних кутів у

нашому випадку:

$$W_{\delta} = 2m_{\beta} \sqrt{[aa]} = 3'' \sqrt{9} = 9''$$

де  $[aa]$  - сума квадратичних коефіцієнтів умовного рівняння дирекційних кутів.

Польовим контролем буде розрахунок вільних членів умовних рівнянь абсцис і ординат.

Попередні координати пунктів розраховують в польових умовах за програмою №2.

### Програма №2. Розрахунок координат пунктів.

ФПГР	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	С/П	Х-П1	С/П	Х-П2	С/П	ХП3	K <sub>0111</sub>	Х-П3	С/П	Х-П10
10	С/П	Х-П4	K <sub>0111</sub>	Х-П4	П-Х3	1	8	0	+	П-Х4
20	c/n <sup>+j</sup> <sub>-л</sub>	Х-П3	K <sub>0111</sub>	С/П	П-Х3	Fcos	С/П	Х-П5	x	С/П
30	П-Х1	+	С/П	Х-П1	П-Х3	Fsin	П-Х5	X	С/П	П-Х2
40	+	С/П	Х-П2	FL0	10	F	АВТ			

### Протокол №4 розрахунку незрівноважених координат ряду несучільних спостережень

№ п/п	Введення даних	Результат	Познач	№ п/п	Введення даних	Результат	Познач.
1	В/О С/П			25	360-С/П		
2	1002.545С/П		X <sub>B</sub>	26		50°37'25.93"C	α <sub>23</sub>
3	1524.235С/П		Y <sub>B</sub>	27	5510.652 С/П		S <sub>23</sub>
4	188°54'25.00"C/		α <sub>AB</sub>	28		+3496.005	ΔX <sub>23</sub>
5	5 С/П		пункт	29		4933.505 С/П	X <sub>3</sub>
6	37°42'28.25"C/		C <sub>1</sub>	30		+4259.723	ΔY <sub>23</sub>
7	+		Л.кут	31		10876.970	Y <sub>3</sub>
8	360-С/П			32	106°59'16.02"C/		C <sub>4</sub> +C <sub>5</sub>
9		46°36'53.17"C/	α <sub>B1</sub>	33	-С/П		
10	7597.917 С/П		S <sub>B1</sub>	34		123°38'10.0"C	α <sub>36</sub>
11		+5219.011	ΔX <sub>B1</sub>	35	5736.917 С/П		S <sub>36</sub>
12		6221.556 С/П	X <sub>1</sub>	36		-3177.772 С/П	ΔX <sub>36</sub>
13		+5521.799	ΔY <sub>B1</sub>	37		1755.732С/П	X <sub>6</sub>
14		7046.034 С/П	Y <sub>1</sub>	38		4776.398 С/П	ΔY <sub>36</sub>
15	41°29'35.31"C/		C <sub>2</sub>	39		15653.368	Y <sub>6</sub>
16	-С/П		П.кут	40	112°34'07.49"C/		C <sub>6</sub> +C <sub>7</sub>
17		185°07'17.9"	α <sub>B1</sub>	41	С/П		
18	4803.249 С/П		S <sub>B1</sub>	42		56°12'17.5"C/	α <sub>6Д</sub>
19		-4784.072 С/П	ΔX <sub>B1</sub>	43	6095.814С/П		S <sub>6Д</sub>
20		143 7.484 С/П	X <sub>1</sub>	44		+3390.645	ΔX <sub>6Д</sub>
21		-428.788 С/П	ΔY <sub>B1</sub>	45		5146.377 С/П	X <sub>Д</sub>
22		6617.247 С/П	Y <sub>1</sub>	46		+5065.815СТІ	ΔY <sub>6Д</sub>
23	45°30'08.08"		C <sub>2</sub>	47		20719.183	Y <sub>Д</sub>
24	+						

$$X_{\text{Двих}} = 5146.329$$

$$Y_{\text{Двих}} = 20719.135$$

$$W_X = +48 \text{ мм}$$

$$W_Y = +48 \text{ мм}$$

Таким чином, вільні члени координатних умовних рівнянь будуть:

$$W_{xсек} = W_{xм} * 206,265 = 0,048 * 206,265 = +9,901''$$

$$W_{yсек} = W_{yм} * 206,265 = 0,048 * 206,265 = +9,901''$$

Вільний член умовного рівняння дирекційних кутів:

$$W_{\alpha} = \alpha_{ДСвир.} - \alpha_{ДСвих.} = \alpha_{6д} + 180^{\circ} - C_8 - \alpha_{ДСвих.}$$

(5.2.7)

$\alpha_{6д}$	56°12'17.5"
+	180°
$-C_8$	-54°19'12.86"
$\alpha_{ДС}$	181°53'04.64"
$\alpha_{ДСвих}$	181°53'04.32"
$W_{\alpha}$	+0.32"

### Протокол №5 розрахунку координат в триангуляції по попередньо зрівноваженим кутам

№ п/п	Введення даних	Результат	Познач.	№ п/п	Введення даних	Результат	Познач.
1	В/О С/П			25	360-С/П		
2	1002.545С/П		X <sub>B</sub>	26	50°37'25.36"С/П		$\alpha_{23}$
3	1524.235С/П		Y <sub>B</sub>	27	5510.606 С/П		S <sub>23</sub>
4	88°54'25.00"С/П		$\alpha_{AB}$	28	+3495.988 С/П		$\Delta X_{23}$
5	5 С/П		Пункт	29	4933.488 С/П		X <sub>3</sub>
6	37°42'27.80"С/П		C <sub>1</sub>	30	+4259.678 С/П		$\Delta Y_{23}$
7	+		Л.кут	31	10876.915 С/П		Y <sub>3</sub>
8	360-С/П			32	06°59'15.84"С/П		C <sub>4</sub> +C <sub>5</sub>
9	46°36'52.7" С/П		$\alpha_{B1}$	33	-С/П		
10	7597.884 С/П		S <sub>B1</sub>	34	123°38'09.7"С/П		$\alpha_{36}$
11	+5219.000 С/П		$\Delta X_{B1}$	35	5736.878 С/П		S <sub>36}</sub>
12	6221.545 С/П		X <sub>1</sub>	36	-3177.742 С/П		$\Delta X_{36}$
13	+5521.764 С/П		$\Delta Y_{B1}$	37	1755.745С/П		X <sub>6</sub>
14	7045.999 С/П		Y <sub>1</sub>	38	4776.371 С/П		$\Delta Y_{36}$
15	41°29'35.87"С/П		C <sub>2</sub>	39	15653.286 С/П		Y <sub>6</sub>
16	-С/П		П.кут	40	12°34'08.29"С/П		C <sub>6</sub> +C <sub>7</sub>
17	85°07'16.9" С/П		$\alpha_{12}$	41	+С/П		
18	4803.220 С/П		S <sub>12</sub>	42	56°12'17.9"С/П		$\alpha_{6д}$
19	-4784.045 С/П		$\Delta X_{12}$	43	6095.753 С/П		S <sub>6д</sub>
20	1437.500 С/П		X <sub>12</sub>	44	+3390.602 С/П		$\Delta X_{6д}$

21	-428.762 С/П	$\Delta Y_{12}$	45		5146.347 С/П	X <sub>д</sub>
22	6617.23 7 С/П	Y <sub>2</sub>	46		+5065.770 С/П	$\Delta Y_{6д}$
23	45°30'08.49" С/П	C <sub>3</sub>	47		20719.056 С/П	Y <sub>д</sub>
24	+	Л.кут				

$$X_{Двих.} = 5146.329$$

$$W_x = +18 \text{ мм}$$

$$Y_{Двих.} = 20719.135$$

$$W_y = -79 \text{ мм}$$

Вільні члени координатних умовних рівнянь:

$$W_{xсек} = 0,018 * 206,265 = +3,71''$$

$$W_{yсек} = -0,079 * 206,265 = -16,29''$$

$$\alpha_{ДСвир.} = 56^{\circ}12'17.9'' - 54^{\circ}19'13.06'' = 181^{\circ}53'04.84'' \text{ і } W_{\alpha} = +0.52''$$

Допустимі значення вільних членів:

$$\partial \text{on} W_x = 2m_{\beta} \sqrt{[CC]} = 3\sqrt{1399} = 112''.$$

$$\partial \text{on} W_y = 2m_{\beta} \sqrt{[dd]} = 3\sqrt{1670} = 122''.$$

### Протокол №6 розрахунку координат пунктів 4 і 5

№ п/п	Введення даних	Результат	Познач.	№ п/п	Введення даних	Результат	Познач.
1	В/О С/П			1	В/О С/П		
2	4933.488 С/П		X <sub>3</sub>	2	4933.488 С/П		X <sub>3</sub>
3	10876.915 С/П		Y <sub>3</sub>	3	10876.915 С/П		Y <sub>3</sub>
4	1437.500 С/П		X <sub>2</sub>	4	1755.745 С/П		X <sub>6</sub>
5	6617.237 С/П		Y <sub>2</sub>	5	15653.286 С/П		Y <sub>6</sub>

### Продовження прот. №6

6	56°01'08.30"С/П		C <sub>4</sub>	6	43°08'49.79"С/П		B <sub>6</sub>
7	50°02'07.96"С/П		B <sub>4</sub>	7	59°03'00.87"С/П		C <sub>6</sub>
8		557.984 С/П	X <sub>4</sub>	8		5765.251 С/П	X <sub>5</sub>
9		11290.156	Y <sub>4</sub>	9		15841.404	Y <sub>5</sub>

### 5.3. Зрівноваження ряду суцільних спостережень триангуляції

Примінімо двогруповий метод зрівноваження Крюгера-Урмаєва

### Програма №3 розрахунку коефіцієнтів координатних умовних рівнянь

ГПР	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	C <sub>x</sub>	X-П2	X-П3	С/П	X-Па	С/П	X-Пв	С/П	X-Пс	С/П
10	X-Пd	5	X-П4	2	X-П0	С/П	K <sub>0111</sub>	Ftg	F1/x	KX-П4
20	FLO	15	П-Ха	П-ХС	-	X-П9	П-Х7	X	С/П	Fx <sup>2</sup>
Fx <sup>2</sup>	П-Х2	+	X-П2	П-Х9	П-Х6	X	[-]	С/П	Fx <sup>2</sup>	П-Х2
40	+	X-П2	П-Хв	П-Хd	-	X-П1	[-]	С/П	Fx <sup>2</sup>	П-Х2



50	+	X-П2	П-Х1	П-Х7	X	С/П	Fx <sup>2</sup>	П-Х3	+	X-П3
60	П-Х1	П-Х6	X	[ - ]	С/П	Fx <sup>2</sup>	П-Х3	+	X-П3	П-Х9
70	С/П	Fx <sup>2</sup>	П-Х3	+	X-П3	БП	07	П-Х2	С/П	П-Х3
80	С/П	F	АВТ							

**Примітки:** 1. Для прaviх кутiв в коефіцієнтах при поправках (Сi)змiнювати знаки на оберненi.

2. В кінці розрахунку БП 76 С/П і отримаємо [с<sub>x</sub> с<sub>x</sub>] С/П [d<sub>y</sub>d<sub>y</sub>]

**Протокол №7 розрахунку коефіцієнтів координатних умовних рiвнянь**

№ п/п	Введення даних	Результат	Познач	№ п/п	Введення даних	Результат	Познач
1	В/О С/П			39		-0.061 С/П	(A <sub>4</sub> )x
2	5.146 С/П		X <sub>д</sub> (км)	40		+(-9.842) С/П	(C <sub>4</sub> )x
3	20.719 С/П		Y <sub>д</sub> (км)	41		+8.248 С/П	(B <sub>4</sub> )y
4	1.002 С/П		X <sub>в</sub> (км)	42		-2.832 С/П	(A <sub>4</sub> )y
5	1.524 С/П		Y <sub>в</sub> (км)	43		-(+0213) С/П	(C <sub>4</sub> )y
6	39°55'38.70"		A <sub>1зн</sub>	44	4.933 С/П		X <sub>3</sub>
7	102°21'53.50"C/		B <sub>1чис.</sub>	45	10.877 С/П		Y <sub>3</sub>
8		-0.908 С/П	(B <sub>1</sub> )x	46	48°59'11.82"		A <sub>5</sub>
9		-4.951 С/П	(A <sub>1</sub> )x	47	80°02'40.64"		B <sub>5</sub>
10		-19.195 С/П	(C <sub>1</sub> )x	48		+0.037 С/П	(B <sub>5</sub> )x
11		-4.208 С/П	(B <sub>1</sub> )y	49		-0.185 С/П	(A <sub>5</sub> )x
12		-22.935 С/П	(A <sub>1</sub> )y	50		+(-9 842 ) С/П	(C <sub>5</sub> )x
13		+4.144 С/П	(C <sub>1</sub> )y	51		+1.728 С/П	(B <sub>5</sub> )y
14	6.222 С/П		X <sub>1</sub>	52		-8.560С С/П	(A <sub>5</sub> )y
15	7.046 С/П		Y <sub>1</sub>	53		-(+0213) С/П	(C <sub>5</sub> )y
16	100°00'09.76"C/		A <sub>2</sub>	54	1.756 С/П		X <sub>6</sub>
17	38°30'14.37"C/		B <sub>2</sub>	55	15.653 С/П		Y <sub>6</sub>
18		-1.352 С/П	(B <sub>2</sub> )x	56	77°48'10.34" С/П		A <sub>6</sub>
19		-0.190С/П	(A <sub>2</sub> )x	57	43°08'49.79"C/П		B <sub>6</sub>
20		+(-13.673 ) С/П	(C <sub>2</sub> )x	58		+3.617 С/П	(B <sub>6</sub> )x
21		+17.186 С/П	(B <sub>2</sub> )y	59		-0.733 С/П	(A <sub>6</sub> )x
22		+2.412 С/П	(A <sub>2</sub> )y	60		-5.066 С/П	(C <sub>6</sub> )x
23		+(-1.076) С/П	(C <sub>2</sub> )y	61		+5.404 С/П	(B <sub>6</sub> )y
24	1.438 С/П		X <sub>2</sub>	62		-1.095 С/П	(A <sub>6</sub> )y
25	6.617 С/П		Y <sub>2</sub>	63		+3.391 С/П	(C <sub>6</sub> )y
26	57°57'37.13"C		A <sub>3</sub>	64	1.756 С/П		X <sub>6</sub>
27	76°32'14.38"C		B <sub>3</sub>	65	15.653 С/П		Y <sub>6</sub>
28		+0.888 С/П	(B <sub>3</sub> )x	66	41°01'34.91" С/П		A <sub>7</sub>
29		-2.321 С/П	(A <sub>3</sub> )x	67	85°27'17.67" С/П		B <sub>7</sub>

30		-14.102 С/П	(C <sub>3</sub> )x	68		+0.270 С/П	(B <sub>7</sub> )x
31		+3.376 С/П	(B <sub>3</sub> )y	69		-3.897 С/П	(A <sub>7</sub> )x
32		-8.825 С/П	(A <sub>3</sub> )y	70		-5.066 С/П	(C <sub>7</sub> )x
33		+3.708 С/П	(C <sub>3</sub> )y	71		+0.403 С/П	(B <sub>7</sub> )y
34	4.933 С/П		X <sub>3</sub>	72		-5.822 С/П	(A <sub>7</sub> )y
35	10.877 С/П		Y <sub>3</sub>	73		+3.390 С/П	(C <sub>7</sub> )y
36	73°56'43.74"C		A <sub>4</sub>	74	БП 76 С/П	+1061.644 С/П	[с <sub>x</sub> с <sub>x</sub> ]
37	50°02'07.96"C		B <sub>4</sub>	75		+1206.124 С/П	[d <sub>x</sub> d <sub>x</sub> ]
38		+0.178 С/П	(B <sub>4</sub> )x				

$$W_x = +0.018 * 206.265 = +3.71'' \quad W_y = -0.079 * 206.265 = -16.29''$$

**Таблиця №5. Коефіцієнти умовних рiвнянь**

№	Назва	A	b	C	d	A	B	C	D
	(A <sub>1</sub> )	0	-1.195	-4.951	-22.935	-0.333	-0.724	+3.400	-15.268
1	(C <sub>1</sub> )	+1	0	-19.195	+4.144	+0.666	+0.471	-10.844	+11.810
	(B <sub>1</sub> )	0	-0.219	-0.908	-4.208	-0.333	+0.253	+7.444	+3.458
	(A <sub>2</sub> )	0	+0.176	-0.190	+2.412	+0.333	-0.302	-4.234	-4.479
2	(C <sub>2</sub> )	-1	0	+13.673	+1.075	-0.666	-0.478	+9.629	-5.816
	(B <sub>2</sub> )	0	+1.257	-1.352	+17.187	+0.333	+0.780	-5.395	+10.295
	(A <sub>3</sub> )	0	-0.626	-2.321	-8.825	-0.333	-0.497	+2.857	-8.245
3	(C <sub>3</sub> )	+1	0	-14.102	+3.709	+0.666	+0.129	-8.924	+4.289
	(B <sub>3</sub> )	0	+0.239	+0.888	+3.376	-0.333	+0.368	+6.067	+3.956
	(A <sub>4</sub> )	0	-0.288	-0.061	-2.832	+0.333	-0.471	-3.381	-4.566
4	(C <sub>4</sub> )	-1	0	+9.842	-0.213	-0.666	-0.183	+6.523	-1.947
	(B <sub>4</sub> )	0	+0.838	+0.178	+8.248	+0.333	+0.654	-3.142	+6.513
	(A <sub>5</sub> )	0	-0.870	-0.185	-8.560	+0.333	-0.639	-3.416	-6.212
5	(C <sub>5</sub> )	-1	0	+9.842	-0.213	-0.666	+0.231	+6.611	+2.135
	(B <sub>5</sub> )	0	+0.176	+0.037	+1.728	+0.333	+0.408	-3.195	+4.076
	(A <sub>6</sub> )	0	-0.216	-0.733	-1.095	-0.333	-0.500	-0.006	-3.66.2
6	(C <sub>6</sub> )	1	0	-5.066	+3.391	+0.666	-0.284	-4.339	+0.824
	(B <sub>6</sub> )	0	+1.067	+3.617	+5.404	-0.333	+0.784	4 345	+2.838
	(A <sub>7</sub> )	0	-1.149	-3.897	-5.822	-0.333	-0.792	-0.999	-5.146
7	(C <sub>7</sub> )	+1	0	-5.066	+3.391	0.666	-0.357	-2.168	+4.067
	(B <sub>7</sub> )	0	+0.079	+0.270	+0.403	-0.333	+0.435	+3.167	+1.079
	(A <sub>8</sub> )	0	-0.057	0	0	+0.333	-0.451	0	0
8	(C <sub>8</sub> )	-1	0	0	0	-0.666	-0.394	0	0
	(B <sub>8</sub> )	0	+1.238	0	0	+0.333	+0.845	0	0
	W	+0.52"	+0.97"	+3.71"	-16.29"	+0.52"	+0.97"	+3.71"	-16.29"

Перетворені коефіцієнти розраховують для кожного трикутника по формулам:

$$A_i = a_i - \frac{\sum a_i}{3}; B_i = b_i - \frac{\sum b_i}{3}; C_i = c_i - \frac{\sum c_i}{3}; D_i = d_i - \frac{\sum d_i}{3}. (5.3.1)$$

**Программа №4 розрахунку перетворених коефіцієнтів**

FP	00	01	02	05	04	05	06	07	08	09
00	С/П	Х-П2	С/П	Х-П3	+	Х-П4	С/П	Х-П5	+	3
10	:	Х-П1	ПХ2	-	[-]	С/П	П-Х3	П-Х1	-	С/П
20	П-Х5	П-Х1	-	С/П	БП	00	F	АВТ		

**Протокол №8 Приклад перетворення коефіцієнтів**

№ п/п	Введення даних	Результат	Познач.	№ п/п	Введення даних	Результат	Познач.
1	В/О С/П			8	-4.951 С/П		c <sub>1</sub>
2	0 С/П		a <sub>1</sub>	9	-19.195 С/П		c <sub>2</sub>
3	1 С/П		a <sub>2</sub>	10	-0.908 С/П		c <sub>3</sub>
4	0 С/П		a <sub>3</sub>	11		+3.400 С/П	C <sub>1</sub>
5		-0.333 С/П	A <sub>1</sub>	12		-10.844 С/П	C <sub>2</sub>
6		+0.666 С/П	A <sub>2</sub>	13		-7.443 С/П	C <sub>3</sub>
7		-0.333 С/П	A <sub>3</sub>	14			

**Таблиця №6 коефіцієнти нормальних рівнянь**

	A]	B]	C]	D]	=W
[A	+5.323	+1.496	-48.989	+26.591	-0.52
[B		+6.410	-6.769	+58.472	-0.97
[C			+631.794	-271.543	-3.71
[D				-839.594	+16.29
K	-0.265642	-0.964937	+0.004680	+0.096530	

**Таблиця №7 Відомість розрахунку зрівноважених координат**

Назва верш.	Назва кутів.	Лів. Прав.	Кути передачі	Дирекційні кути	Сторони	X	Y
A				188°54'25.00"			
B	+C <sub>1</sub>	+Л	37°42'28.26"	46°36'53.26"	7597.913	1002.545	1524.235
1	-C <sub>2</sub>	-П	41°29'35.99"	185°07'17.27"	4803.240	6221.551	7046.034
2	+C <sub>2</sub>	+Л	45°30'08.56"	50°37'25.83"	5510.634	1437.487	6617.262
3	-(C <sub>4</sub> +C <sub>5</sub> )	-П	106°59'16.23"	123°38'09.60"	5736.907	4933.482	10876.969
6	C <sub>6</sub> +C <sub>7</sub>	+Л	112°34'08.30"	56°12'17.90"	6095.759	1755.724	15653.365
D	-C <sub>8</sub>	-П	54°19'13.62"	181°53'04.28"		5146.329	20719.140
C				181°53'04.32" α <sub>вих</sub> =181°53'04.32" W <sub>a</sub> = -0.04"		5146.329	20719.135
						W <sub>x</sub> =0	

**Таблиця №8 Результати зрівноваження**

№ трик.	Назва кутів	Кути, виправлені первинними поправками	V	Зрівноважені кути	Зрівноважені сторони
1	A <sub>1</sub>	39°55'38.70"	-0.67"	39°55'38.03"	4992.250
	C <sub>1</sub>	37°42'27.80"	+0.46"	37°42'28.26"	
	B <sub>1</sub>	102°21'53.50"	+0.21"	102°21'53.71"	7597.913
2	A <sub>2</sub>	100°00'09.76"	-0.25"	100°00'09.51"	7597.913
	C <sub>2</sub>	41°29'35.87"	+0.12"	41°29'35.99"	
3	B <sub>2</sub>	38°30'14.37"	+0.13"	38°30'14.50"	4803.240
	A <sub>3</sub>	57°57'37.13"	-0.21"	57°57'36.92"	4803.240
	C <sub>3</sub>	45°30'08.49"	+0.07"	45°30'08.56"	
4	B <sub>3</sub>	76°32'14.38"	+0.14"	76°32'14.52"	5510.634
	A <sub>4</sub>	73°56'43.74"	-0.09"	73°56'43.65"	5510.634
	C <sub>4</sub>	56°01'08.30"	+0.20"	56°01'08.50"	
5	B <sub>4</sub>	50°02'07.96"	-0.11"	50°02'07.85"	4394.995
	A <sub>5</sub>	48°59'11.82"	-0.09"	48°59'11.73"	4394.995
	C <sub>5</sub>	50°58'07.54"	+0.19"	50°58'07.73"	
6	B <sub>5</sub>	80°02'40.64"	-0.10"	80°02'40.54"	5736.907
	A <sub>6</sub>	77°48'10.34"	+0.22"	77°48'10.56"	5736.907
	C <sub>6</sub>	59°03'00.87"	+0.15"	59°03'01.02"	
	B <sub>6</sub>	43°08'49.79"	-0.37"	43°08'49.42"	4013.925

7	A <sub>7</sub>	41°01'34.91"	+0.35"	41°01'35.26"	4013.925
---	----------------	--------------	--------	--------------	----------

**Продовження табл.№8**

7	C <sub>7</sub>	53°31'07.42"	-0.14"	53°31'07.28"	
	B <sub>7</sub>	85°27'17.67"	-0.21"	85°27'17.46"	6095.759
8	A <sub>8</sub>	86°44'41.34"	+0.35"	86°44'41.69"	6095.759
	C <sub>8</sub>	54°19'13.06"	+0.56"	54°19'13.62"	
	B <sub>8</sub>	38°56'05.60"	-0.91"	38°56'04.69"	3836.968

$$[VV]=2.64 \quad S_{CD \text{ вих}} = 3836,968 \quad W_s=0$$

**Протокол №9 розрахунку зрівноважених координат пунктів 4 і 5**

№ п/п	Введення даних	Результат	Поз-нач	№ п/п	Введення даних	Результат	Поз-нач
1	В/О С/П			1	В/О С/П		
2	4933.482 С/П			2	4933.482 С/П		
3	10876.969 С/П			3	10876.969 С/П		
4	1437.487 С/П			4	1755.724 С/П		
5	6617.262 С/П			5	15653.365 С/П		
6	56°01'08.50"			6	43°08'49.92" С/П		
7	50°02'07.85"			7	59°03'01.02" С/П		
8		557.958 С/П		8		576.42 С/П	
9		11290.206		9		15841.486	
1	В/О С/П			1	В/О С/П		
2	1755.724 С/П			2	1755.724 С/П		
3	15653.365 С/П			3	15653.365 С/П		
4	1933.482 С/П			1	5146.329 С/П		
5	10876.969 С/П			5	20719.135 С/П		
6	48°59'11.73"			6	53°31'07.28" С/П		
7	50°58'07.73"			7	41°01'35.26" С/П		
8				8		5765.236 С/П	
9		11290.207		9		1584.484 С/П	

**5.4 Зрівноваження ряду несучільних спостереження триангуляції**

Перехід від коефіцієнтів умовних рівнянь мережі суцільних спостережень триангуляції до коефіцієнтів умовних рівнянь мережі несучільних спостережень триангуляції служить наступна теорема.

Теорема: Якщо в трикутнику триангуляції є один невимірний кут, то коефіцієнти умовних рівнянь даного невимірного кута алгебраїчно вводяться в коефіцієнти двох других вимірних кутів з оберненим знаком.

Доказом даної теореми буде виконання контролю в зрівноваженій

мережі несучільних спостережень.

**Таблиця №9 Відомість розрахунку попередніх координат в ряді несучільних спостережень триангуляції**

Назва верш.	Назва кутів.	Кути передачі	Дирекційні кути	Сторони	X	Y
A						
B	+C <sub>1</sub>	37°42'28.25"	188°54'25.00"		1002.545	1524.235
			46°36'53.26"	7597.917		
1	-C <sub>2</sub>	41°29'35.31"	185°07' 17.94"	4803.249	6221.551	7046.031
2	+C <sub>2</sub>	45°30'08.08"	50°37'06.02"	5510.652	1437.487	6617.262
3	-(C <sub>4</sub> +C <sub>5</sub> )	106°59'16.02"	123°38'10.00"	5736.917	4933.482	10876.969
6	C <sub>6</sub> +C <sub>7</sub>	112°34'07.49"	56° 12'17.49"	6095.814	1755.724	15653.365
D	-C <sub>8</sub>	54° 19'12.86"	181°53'04.63"		5146.329	20719.140
C			α <sub>вих</sub> =181°53'04.32"		5146.329	20719.135
			W <sub>α</sub> = +0.31"			

$$W_x=0.029$$

$$W_{xсек} = +0,029 * 206,265 = +5.98''$$

$$W_{yсек} = +0,053 * 206,265 = +10.93''$$

**Таблиця №10. Перехід від коефіцієнтів умовних рівнянь ряду суцільних спостережень триангуляції до коефіцієнтів умовних рівнянь ряду несучільних спостережень триангуляції**

№ рик.	Назва попра-вок	a	b	c	d	A	B	C	D
1	(A <sub>1</sub> )	0	-1.195	-4.951	-22.935				
	(C <sub>1</sub> )	+1	0	-19.195	+4.144	+1	+1.195	-1.424	+2.708
	(B <sub>1</sub> )	0	-0.219	-0.908	-4.208	0	+0.976	+0.404	+1.873

2	(A <sub>2</sub> )	0	+0.176	-0.190	+2.412	+1	+0.176	-1.386	+0.134
	(C <sub>2</sub> )	-1	0	+13.673	+1.075				
	(B <sub>2</sub> )	0	+1.257	-1.352	+17.187	+1	+1.257	-1.502	+1.611
3	(A <sub>3</sub> )	0	-0.626	-2.321	-8.825	0	-0.865	-0.321	-1.220
	(C <sub>3</sub> )	+1	0	-14.102	+3.709	+1	-0.239	-1.499	+0.033
	(B <sub>3</sub> )	0	+0.239	+0.888	+3.376				
4	(A <sub>4</sub> )	0	-0.288	-0.061	-2.832				
	(C <sub>4</sub> )	-1	0	+9.842	-0.213	-1	+0.288	+0.990	+0.262
	(B <sub>4</sub> )	0	+0.838	+0.178	+8.248	0	+1.126	+0.024	+1.108
5	(A <sub>5</sub> )	0	-0.870	-0.185	-8.560	0	-1.046	-0.022	-1.029
	(C <sub>5</sub> )	-1	0	+9.842	-0.213	-1	-0.176	+0.980	-0.194
	(B <sub>5</sub> )	0	+0.176	+0.037	+1.728				
6	(A <sub>6</sub> )	0	-0.216	-0.733	-1.095				
	(C <sub>6</sub> )	+1	0	-5.066	+3.391	+1	+0.216	-0.433	+0.449
	(B <sub>6</sub> )	0	+1.067	+3.617	+5.404	0	+1.283	+0.435	+0.650
7	(A <sub>7</sub> )	0	-1.149	-3.897	-5.822	0	-1.228	-0.417	-0.622
	(C <sub>7</sub> )	+1	0	-5.066	+3.391	+1	-0.079	-0.534	+0.299
	(B <sub>7</sub> )	0	+0.079	+0.270	+0.403				
8	(A <sub>8</sub> )	0	-0.057	0	0				
	(C <sub>8</sub> )	-1	0	0	0	-1	+0.057	0	0
	(B <sub>8</sub> )	0	+1.238	0	0	0	+1.295	0	0
	W	+0.31"	+2.80"	+5.98"	+10.93"	+0.31"	+2.80"	+0.60"	+1.09"

Коефіцієнти координатних умовних рівнянь і вільні члени зменшені в 10 раз.

**Протокол №10 Розрахунок незрівноважених координат пунктів 4 і 5**

№ п/п	Введення даних	Результат	Поз-нач	№ п/п	Введення даних	Результат	Поз-нач.
1	В/О С/П			1	В/О С/П		
2	4933.485 С/П		X <sub>3</sub>	2	4933.485 С/П		X <sub>3</sub>
3	10876.975 С/П		Y <sub>3</sub>	3	10876.975 С/П		Y <sub>3</sub>
4	1437.482 С/П		X <sub>2</sub>	4	1755.713 С/П		X <sub>6</sub>
5	6617.251 С/П		Y <sub>2</sub>	5	15653.374 С/П		Y <sub>6</sub>
6	56°01'08.26"		C <sub>4</sub>	6	43°08'49.58" С/П		C <sub>6</sub>
7	50°02'07.93"		B <sub>4</sub>	7	59°03'00.66" С/П		B <sub>6</sub>
8		557.945 С/П	X <sub>4</sub>	8		5765.241 С/П	X <sub>5</sub>
9		11290.205	Y <sub>4</sub>	9		15841.496	Y <sub>5</sub>

**Таблиця №11 Коефіцієнти нормальних рівнянь**

	A]	B]	C]	D]	=W
[A	9	+2.357	-8.748	+5.166	-0.31
[B		12.160	-1.622	+12.265	-2.80
[C			11.495	-5.056	-0.60
[D				18.437	-1.09
K	-0.252167	-0.506313	-0.184588	+0.297735	

**Таблиця №12 Розрахунок зрівноважених координат**

Назва верш.	Назва кутів.	Кути передач	Дирекційні кути	Сторони	X	Y
A						
B	+C	37°42'28.46"	188°54'25.00"		1002.545	1524.235
			46°36'53.46"	7597.930		
1	+C <sub>2</sub>	41°29'35.48"			6221.557	7046.052
			185°07'17.98"	4803.253		
2	-(C <sub>4</sub> +C <sub>5</sub> )	45°30'08.24"			1437.481	6617.261
			50°37'26.22"	5510.654		
3	C <sub>6</sub> +C <sub>7</sub>	106°59'16.12"			4933.481	10876.991
		"	123°38'10.10"	5736.905		
6	-C <sub>8</sub>	112°34'08.32"			1755.716	15653.379
		"	56° 12'17.42"	6095.766		
D		54° 19'13.08"			5146.336	20719.152
			181°53'04.34"			
C					5146.329	20719.135
			α <sub>вих</sub> =181°53'04.32"			
			W <sub>x</sub> =+7мм		W <sub>y</sub> =+17мм	

Дане зрівноваження слід признати задовільним. Значення залишкових нев'язок  $W_x=+7\text{мм}$  і  $W_y=+17\text{мм}$  визвані похибками заокруглення програмованого мікрокалькулятора.

Слід відмітити, що при переводі кута з трьома значущими цифрами в градусах до десятих частин градуса може загубитись 0.1".

При розрахунку істинних координат за рахунок похибок заокруглення залишкова нев'язка по осі абсцис склала +5мм, а по осі ординат +19мм. В такому ж автоматичному режимі розраховані вільні члени координатних умовних рівнянь відрізняються від вільних членів. розрахунок

дирекційних кутів у яких був виконаний вручну відповідно по осі Х на 19 мм і по осі Y на 5мм.

Тому, залишкове значення в результаті зрівноваження в 7 і 17 мм слід признати задовільним.

В результаті зрівноваження похибка в Х зменшилась в 4 рази, а в Y і 3 рази.

**Таблиця №13 Поправки в зрівноважені кути. Результати зрівноваження**

№ трик.	Назва кутів	Кути, виправлені первинними	v	Зрівноважені кути	Зрівноважені сторони
1	A <sub>1</sub>			39°55'37.60"	4992.250
	C <sub>1</sub>	37°42'28.25"	+0.21"	37°42'28.46"	
	B <sub>1</sub>	102°21'53.95"	-0.01"	102°21'53.94"	7597.930
2	A <sub>2</sub>	100°00'10.04"	-0.04"	100°00'10.00"	7597.930
	C <sub>2</sub>			41°29'35.48"	
	B <sub>2</sub>	38°30'14.65"	-0.13"	38°30'14.52"	4803.253
3	A <sub>3</sub>	57°57'36.72"	+0.13"	57°57'36.85"	4803.253
	C <sub>3</sub>	45°30'08.08"	+0.16"	45°30'08.24"	
	B <sub>3</sub>			76°32'14.91"	5510.654
4	A <sub>4</sub>			73°56'44.05"	5510.654
	C <sub>4</sub>	56°01'08.26"	0.00"	56°01'08.26"	
	B <sub>4</sub>	50°02'07.93"	-0.24"	50°02'07.69"	4394.005
5	A <sub>5</sub>	48°59'12.03"	+0.23"	48°59'12.26"	4394.005
	C <sub>5</sub>	50°58'07.76"	+0.10"	50°58'07.86"	
	B <sub>5</sub>			80°02'39.88"	5736.905
6	A <sub>6</sub>			77°48'10.35"	5736.905
	C <sub>6</sub>	59°03'00.66"	-0.15"	59°03'00.51"	
	B <sub>6</sub>	43°08'49.58"	-0.54"	43°08'49.14"	4013.918
7	A <sub>7</sub>	41°01'34.32"	+0.51"	41°01'34.83"	4013.918
	C <sub>7</sub>	53°31'06.83"	-0.02"	53°31'06.81"	
	B <sub>7</sub>			85°27'18.36"	6095.766
8	A <sub>8</sub>			86°44'42.18"	6095.766
	C <sub>8</sub>	54° 19'12.86"	+0.22"	54°19'13.08"	
	B <sub>8</sub>	38°56'05.40"	-0.66"	38°56'04.74"	3836.974

$$[VV]=1.28 \quad S_{CD \text{ вих}} = 3836,968 \quad W_S = +6\text{мм}$$

Невимірні зрівноважені кути отримані як доповнення до 180° суми двох зрівноважених кутів.

**Протокол №11 розрахунку зрівноважених по кутам координат пунктів 4 і 5 ряду несучільних спостережень**

№ п/п	Введення даних	Результат	Поз-нач	№ п/п	Введення даних	Результат	Поз-нач.
1	В/О С/П			1	В/О С/П		
2	4933.481 С/П		X <sub>3</sub>	2	4933.481 С/П		X <sub>3</sub>
3	10876.991 С/П		Y <sub>3</sub>	3	10876.991 С/П		Y <sub>3</sub>
4	1437.481 С/П		X <sub>2</sub>	4	1755.716 С/П		X <sub>6</sub>
5	6617.261 С/П		Y <sub>2</sub>	5	15653.379 С/П		Y <sub>6</sub>
6	56°01'08.26"С/П		C <sub>4</sub>	6	43°08'49.14" С/П		B <sub>4</sub>
7	50°02'07.69"		B <sub>4</sub>	7	59°03'00.51" С/П		C <sub>6</sub>
8		557.944 С/П	X <sub>4</sub>	8		5765.223 С/П	X <sub>5</sub>
9		11290.215	Y <sub>4</sub>	9		15841.497	Y <sub>5</sub>
1	В/О С/П			1	В/О С/П		
2	1755.716 С/П		X <sub>6</sub>	2	1755.716 С/П		X <sub>6</sub>
3	15653.379 С/П		Y <sub>6</sub>	3	15653.379 С/П		Y <sub>6</sub>
4	1933.481 С/П		X <sub>3</sub>	1	5146.329 С/П		XД
5	10876.991 С/П		Y <sub>3</sub>	5	20719.135 С/П		YД
6	48°59'12.26"		A <sub>5</sub>	6	53°31'06.81"С/П		C <sub>7</sub>
7	50°58'07.86"		C <sub>5</sub>	7	41°01'34.83" С/П		A <sub>7</sub>
8		557.946 С/П	X <sub>4</sub>	8		5765.211 С/П	X <sub>5</sub>
9		11290.219	Y <sub>4</sub>	9		1584.496 С/П	Y <sub>5</sub>

### 5.5 Зрівноваження ряду несучільних спостережень триангуляції по напрямкам

При зрівноваженні по напрямкам приймаємо до уваги, що поправка в кут – це різниця поправок в правий і лівий напрямки.

**Таблиця №14. Коефіцієнти умовних рівнянь ряду несучільних спостережень**

Наз. поп-равок в напрям.	A'	B'	C'	D'	A	B	C	D	V''
(1)	-1	-1.195	+1.424	-2.708	-1	-1.195	+1.424	-2.708	-0.17
(2)	+1-1=0	+1.195 -1.257	-1.424 +1.502	+2.708 -1.611	0	-0.062	+0.078	+1.097	+0.19
(3)	+1	+1.257	-1.502	+1.611	+1	+1.257	-1.502	+1.611	-0.02
(4)	0	+0.976	+0.404	+1.873	0	+0.976	+0.404	+1.873	-0.00
(5)	0	-0.976	-0.404	-1.873	0	-0.976	-0.404	-1.873	+0.00
(6)	-1	-0.176	+1.386	-0.134	-1	-0.176	+1.386	-0.134	+0.02
(7)	+1-1=0	+0.176 +0.239	-1.386 +1.499	+0.134 -0.033	0	+0.415	+0.113	+0.101	-0.11
(8)	+1	-0.239 -1.126	-1.499 -0.024	+0.033 -1.108	+1	-1.365	-1.523	-1.075	+0.19
(9)	0	+1.126	+0.024	+1.108	0	+1.126	+0.024	+1.108	-0.10
(17)	0	-1.283	-0.435	-0.650	0	-1.283	-0.435	-0.650	+0.30
(18)	+1	+0.176 +1.283	-0.980 +0.435	+0.194 +0.650	+1	+1.459	-0.545	+0.844	-0.38
(19)	+1-1=0	-0.288 -0.176	-0.990 +0.980	-0.262 -0.194	0	-0.464	-0.010	-0.456	+0.04
(20)	-1	+0.865 +0.288	+0.321 +0.990	+1.220 +0.262	-1	+1.153	+1.311	+1.482	-0.03
(21)	0	-0.865	-0.321	-1.220	0	-0.865	-0.321	-1.220	+0.07
(22)	0	+1.046	+0.022	+1.029	0	+1.046	+0.022	+1.029	-0.09
(23)	-1	-1.046 -0.216	-0.022 +0.433	-1.029 -0.449	-1	-1.262	+0.411	-1.478	+0.25
(24)	+1-1=0	+0.216 +0.079	-0.433 +0.534	+0.449 +0.299	0	+0.295	+0.101	+0.748	+0.03
(25)	+1	-0.079 -1.295	-0.534 0	-0.299 0	+1	-1.374	-0.534	-0.299	+0.14
(26)	0	+1.295	0	0	0	+1.295	0	0	-0.33
(32)	+1	-0.057	0	0	+1	-0.057	0	0	-0.24
(33)	-1	+1.288 +0.057	+0.417 0	-0.622 0	-1	+1.345	+0.417	+0.622	-0.06
(34)	0	-1.288	-0.417	-0.622	0	-1.288	-0.417	-0.622	+0.30
W					+031	+2.80	+0.60	+1.09	

**Таблиця №15 Коефіцієнти нормальних рівнянь.**

	A]	B]	C]	D]	=W
[A	10	+0.055	-9.053	+3.297	-0.31
[B		24.129	+2.026	+21.881	-2.80
[C			11.991	-0.856	-0.60
[D				30.253	-1.09
K	-0.256539	-0.254165	-0.188610	+0.170420	

**Таблиця №16 Розрахунок зрівноважених кутів і сторін**

№ трик.	Назва кутів	Формули кутів	V''	Виміряні кути	Зрівноважені кути	Зрівноважені сторони
1	A <sub>1</sub>	13-12			39°55'37.42"	4992.250
	C <sub>1</sub>	2-1	+0.36"	37°42'28.25"	37°42'28.61"	
	B <sub>1</sub>	4-5	+0.02"	102°21'53.95"	102°21'53.97"	7597.936
2	A <sub>2</sub>	7-6	-0.13"	100°00'10.04"	100°00'09.91"	7597.936
	C <sub>2</sub>	12-11			41°29'35.65"	
3	B <sub>2</sub>	3-2	-0.21"	38°30'14.65"	38°30'14.44"	4803.255
	A <sub>3</sub>	21-20	+0.10"	57°57'36.72"	57°57'36.82"	4803.255
	C <sub>3</sub>	8-7	+0.30"	45°30'08.08"	45°30'08.38"	
4	B <sub>3</sub>	11-10			76°32'14.80"	5510.655
	A <sub>4</sub>	15-14			73°56'43.17"	5510.655
	C <sub>4</sub>	20-19	-0.07"	56°01'08.26"	56°01'08.19"	
5	B <sub>4</sub>	9-8	-0.29"	50°02'07.93"	50°02'07.64"	4394.005
	A <sub>5</sub>	23-22	+0.34"	48°59'12.03"	48°59'11.37"	4394.005
	C <sub>5</sub>	19-18	+0.42"	50°58'07.76"	50°58'07.18"	
6	B <sub>5</sub>	16-15			80°02'40.45"	5736.899
	A <sub>6</sub>	29-28			7°48'10.66"	5736.899
	C <sub>6</sub>	24-23	-0.22"	59°03'00.66"	59°03'01.44"	
7	B <sub>6</sub>	18-17	-0.68"	43°08'49.58"	43°08'48.90"	4013.908
	A <sub>7</sub>	34-33	+0.36"	41°01'34.32"	41°01'34.68"	4013.908
	C <sub>7</sub>	25-24	+0.11"	53°31'06.83"	53°31'06.94"	
8	B <sub>7</sub>	28-27			85°27'18.38"	6095.755
	A <sub>8</sub>	31-30			86°44'42.03"	6095.755
	C <sub>8</sub>	33-32	+0.18"	54° 19'12.86"	54° 19'13.04"	
8	B <sub>8</sub>	26-25	-0.47"	38°56'05.40"	38°56'05.93"	3836.917
						3836.968

W<sub>S</sub>=+3мм

**Таблиця №17 Зрівноважені координати пунктів ходової лінії**

Назва верш.	Назва кутів.	Кути передач	Дирекційні кути	Сторони	X	Y
A			188°54'25.00"			
B	+C <sub>1</sub>	37°42'28.61"	46°36'53.61"	7597.936	1002.545	1524.235
1	-C <sub>2</sub>	41°29'35.65"	185°07' 17.96"	4803.255	6221.558	7046.059
2	+C <sub>2</sub>	45°30'08.38"	50°37'26.34"	5510.655	1437.480	6617.269
3	-(C <sub>4</sub> +C <sub>5</sub> )	106°59'16.37"	123°38'09.97"	5736.899	4933.478	10876.001
6	C <sub>6</sub> +C <sub>7</sub>	112°34'07.38"	56° 12'17.35"	6095.755	1755.716	15653.385
D	-C <sub>8</sub>	54°	181°53'04.31"		5146.332	20719.148
C			$\alpha_{\text{вих}}=181^{\circ}53'04.32''$ $W_{\alpha}=+0.31''$		5146.329	20719.135
					$W_x=+3\text{мм}$	$W_y=+13\text{мм}$

**Протокол №12 розрахунок зрівноважених координат пункту 4**

№ п/п	Введення даних	Результат	Поз-нач	№ п/п	Введення даних	Результат	Поз-нач.
1	В/О С/П			1	В/О С/П		
2	4933.478 С/П		X <sub>3</sub>	2	1755.716 С/П		X <sub>6</sub>
3	10877.001 С/П		Y <sub>3</sub>	3	15653.385 С/П		Y <sub>6</sub>
4	1437.480 С/П		X <sub>2</sub>	4	4933.478 С/П		X <sub>3</sub>
5	6617.269 С/П		Y <sub>2</sub>	5	10877.001 С/П		Y <sub>3</sub>
6	56°01'08.19"		C <sub>4</sub>	6	48°59'12.37" С/П		A <sub>5</sub>
7	50°02'07.64"		B <sub>4</sub>	7	50°58'08.18" С/П		C <sub>5</sub>
8		557.942	X <sub>4</sub>	8		557.942 С/П	X <sub>4</sub>
9		11290.221	Y <sub>4</sub>	9		11290.221	Y <sub>4</sub>

**Протокол №13 розрахунок зрівноважених координат пункту 5**

№ п/п	Введення даних	Результат	Поз-нач	№ п/п	Введення даних	Результат	Поз-нач.
1	В/О С/П			1	В/О С/П		
2	4933.478 С/П		X <sub>3</sub>	2	1755.716 С/П		X <sub>6</sub>
3	10877.001 С/П		Y <sub>3</sub>	3	15653.385 С/П		Y <sub>6</sub>
4	1755.716 С/П		X <sub>6</sub>	4	5146.329 С/П		X <sub>Д</sub>
5	15653.385 С/П		Y <sub>6</sub>	5	20719.135 С/П		Y <sub>Д</sub>
6	43°08'48.90"		B <sub>6</sub>	6	53°31'06.94" С/П		C <sub>7</sub>
7	59°03'00.44"		C <sub>6</sub>	7	41°01'34.68" С/П		A <sub>7</sub>
8		5765.213	X <sub>5</sub>	8		5765.205 С/П	X <sub>5</sub>
9		15841.500С/	Y <sub>5</sub>	9		15841.498	Y <sub>5</sub>

**5.6 Зрівноваження ряду суцільних спостережень триангуляції методом мінімуму поправок.**

Зрівноважимо ряд суцільних спостережень розробленим методом не порушуючи строгості рішення.

Таким чином, в умовних рівняннях фігур поправка в невимірний кут переходить з оберненим знаком в поправки вимірних кутів, що в сумі дають нуль. і по даній методиці виключаються умови фігур із результатів зрівноваження. Коефіцієнти в полігональних умовних рівняннях ідентичні з коефіцієнтами полігональних умовних рівнянь ряду несучільних спостережень.

Результати зрівноваження повністю відповідають результатам зрівноваження ряду несучільних спостережень.





(A <sub>4</sub> )	+0.04	-0.09	-0.05		-1.30
(C <sub>4</sub> )	+0.04	+0.20	+0.24	-0.07	+0.84
(B <sub>4</sub> )	+0.03	-0.11	-0.08	-0.29	+0.57 1

**Продовження табл. №19**

(A <sub>5</sub> )	-0.21	-0.09	-0.30	+0.34	+0.80
(C <sub>5</sub> )	-0.22	+0.19	-0.03	+0.42	-1 19
(B <sub>5</sub> )	-0	-0.10	-0.32		-0.26
(A <sub>6</sub> )	+0.20	+0.22	+0.42		+0.11
(C <sub>6</sub> )	+0.21	+0.15	+0.36	-0.22	+1 49
(B <sub>6</sub> )	+0.21	-0.37	-0.16	-0.68	-0.98
(A <sub>7</sub> )	+0.59	+0.35	+0.94	+0.36	+1 42
(C <sub>7</sub> )	+0.59	-0.14	+0.45	+0.11	+0.38
(B <sub>7</sub> )	+0.60	-0 21	+0.39		-0.02
(A <sub>8</sub> )	+0.19	+0.35	+0.54		-0.15
(C <sub>8</sub> )	+0.20	+0.56	+0.76	+0.18	+1.16
(B <sub>8</sub> )	+0.20	-0.91	-0.71	-0.47	-0.42
[VV]	2.79	2.64	5.42	1.28	17.81

Середня квадратична похибка одиниці ваги по результатам двугрупового зрівноваження склала  $\mu = \sqrt{\frac{[VV]}{r}} = \sqrt{\frac{5.42}{12}} = 0.67''$ , а в ряді несучільних спостережень  $\mu = \sqrt{\frac{1.28}{4}} = 0.56''$

**Програма №5 переходу від коефіцієнтів умовних рівнянь і вагових функцій в мережах суцільних спостережень триангуляції до коефіцієнтів умовних рівнянь і вагових функцій в мережах несучільних спостережень**

ФПГР	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	С/П	Х-П1	[ - ]	Х-П4	С/П	Х-П2	[ - ]	Х-П5	С/П	Х-П3
10	[ - ]	Х-П6	С/П	F <sub>x</sub> =0	32	П-Х4	П-Х2	+	С/П	П-Х4
20	П-Х3	+	С/П	F <sub>x</sub> =0	33	П-Х5	П-Х1	+	С/П	П-Х5
30	П-Х3	+	С/П	П-Х	П-Х	+	С/П	П-Х6	П-Х2	+
40	С/П	БП	00	F	АВТ					

**Протокол №14 розрахунку коефіцієнтів вагових функцій координатних умовних рівнянь в ряді несучільних спостережень**

№ п/п	Введення даних	Результат	Познач	№ п/п	Введення даних	Результат	Познач.
-------	----------------	-----------	--------	-------	----------------	-----------	---------

1	В/О С/П			1	В/О С/П		
2	+0.053 С/П		K <sub>FXA1</sub>	2	0.055 С/П		K <sub>FXA3</sub>
3	-0.977 С/П		K <sub>FXC1</sub>	3	-0.467 С/П		K <sub>FXC3</sub>
4	+0.010 С/П		K <sub>FXB1</sub>	4	-0.021 С/П		K <sub>FXB3</sub>
5	0 С/П		(A <sub>1</sub> )	5	1 С/П		(A <sub>3</sub> )
6		-1.03 С/П	K' <sub>FXC1</sub>	6	1 С/П		(C <sub>3</sub> )
7		-0.043 С/П	K' <sub>FXB1</sub>	7		+0.076 С/П	K' <sub>FXA3</sub>
1	В/О С/П			8		-0.446 С/П	K' <sub>FXC3</sub>
2	-1.167 С/П		K <sub>FYA1</sub>	1	В/О С/П		
3	-0.044 С/П		K <sub>FYC1</sub>	2	-0.292 С/П		K <sub>FYA3</sub>
4	-0.214 С/П		K <sub>FYB1</sub>	3	-0.088 С/П		K <sub>FYC3</sub>
5	0 С/П		(A <sub>1</sub> )	4	+0.112 С/П		K <sub>FYB3</sub>
6		+1.123 С/П	K' <sub>FYC1</sub>	5	1 С/П		(A <sub>3</sub> )
7		+0.953 С/П	K' <sub>FYB1</sub>	6	1 С/П		(C <sub>3</sub> )
1	В/О С/П			8		-0.404 С/П	K' <sub>FYA3</sub>
2	-0.100 С/П		K <sub>FXA2</sub>	7	С/П	-0.200 С/П	K' <sub>FYC3</sub>
3	+0.042 С/П		K <sub>FXC2</sub>	1	В/О С/П		
4	-0.712 С/П		K <sub>FXB2</sub>	2	+0.126 С/П		K <sub>FXA4</sub>
5	1 С/П		(A <sub>2</sub> )	3	+0.041 С/П		K <sub>FXC4</sub>
6	0 С/П		(C <sub>2</sub> )	4	-0.367 С/П		K <sub>FXB4</sub>
7		-0.142 С/П	K' <sub>FXA2</sub>	5	0 С/П		(A <sub>4</sub> )
8		-0.754 С/П	K' <sub>FXB2</sub>	6		-0.085 С/П	K' <sub>FXC4</sub>
1	В/О С/П			7		-0.493 С/П	K' <sub>FXB4</sub>
2	0.075 С/П		K' <sub>FYA2</sub>	1	В/О С/П		
3	0.566 С/П		K <sub>FYC2</sub>	2	-0.012 С/П		K <sub>FYA4</sub>
4	0.536 С/П		K <sub>FYB2</sub>	3	+0.438 С/П		K <sub>FYC4</sub>
5	1 С/П		(A <sub>2</sub> )	4	0.035 С/П		K <sub>FYB4</sub>
6	0 С/П		(C <sub>2</sub> )	5	0 С/П		(A <sub>4</sub> )
7		-0.491 С/П	K' <sub>FYA2</sub>	6		+0.450 С/П	K' <sub>FYC4</sub>
8		-0.03	K' <sub>FYB2</sub>	7		+0.047 С/П	K' <sub>FYB4</sub>

Для ряду несучільних спостережень:

- вагова функція дирекційного кута  

$$F_{\alpha 34} = (C_1) - (C_2) + (C_3) - (C_4) . \quad (5.7.1.)$$

- вагова функція сторони  

$$FS_{34} = \text{ctg}B_1(B_1) - \text{ctg}A_1(A_1) + \text{ctg}B_2(B_2) + \text{ctg}A_2(A_2) + \text{ctg}B_3(B_3) - \text{ctg}A_3(A_3) + \text{ctg}B_4(B_4) - \text{ctg}A_4(A_4) \quad (5.7.2.)$$

- вагова функція координат  

$$FX_4 = (X_4 - X_B) \text{ctg}B_1(B_1) - (X_4 - X_B) \text{ctg}A_1(A_1) - (Y_4 - Y_B)(C_1) +$$

$$+(X_4-X_1)\text{ctg}B_2(B_2)-(X_4-X_1)\text{ctg}A_2(A_2)+(Y_4-Y_1)(C_2)+$$

$$+(X_4-X_2)\text{ctg}B_3(B_3)-(X_4-X_2)\text{ctg}A_3(A_3)-(Y_4-Y_2)(C_3)+$$

$$+(X_4-X_3)\text{ctg}B_4(B_4)-(X_4-X_3)\text{ctg}A_4(A_4)+(Y_4-Y_3)(C_4); (5.7.3.)$$

$$FY_4=(Y_4-Y_B)\text{ctg}B_1(B_1)-(Y_4-Y_B)\text{ctg}A_1(A_1)+(X_4-X_B)(C_1)+$$

$$+(Y_4-Y_1)\text{ctg}B_2(B_2)-(Y_4-Y_1)\text{ctg}A_2(A_2)-(X_4-X_1)(C_2)+$$

$$+(Y_4-Y_2)\text{ctg}B_3(B_3)-(Y_4-Y_2)\text{ctg}A_3(A_3)+(X_4-X_2)(C_3)+$$

$$+(Y_4-Y_3)\text{ctg}B_4(B_4)-(Y_4-Y_3)\text{ctg}A_4(A_4)-(X_4-X_3)(C_4); (5.7.4.)$$

- В числовому вираженні отримаємо

$$F\alpha_{34}=1(C_1)-1(C_2)+1(C_3)-1(C_4); (5.7.5.)$$

$$FS_{34}= -1.195(A_1)-0.219(B_1)+0.176(A_2)+1.257(B_2)-$$

$$-0.626(A_3)+0.239(B_3)-0.288(A_4)+0.838(B_4); (5.7.6.)$$

$$FX_4=+0.053(A_1)-0.977(C_1)+0.010(B_1)-0.100(A_2)+$$

$$+0.042(C_2)-0.712(B_2)+0.055(A_3)-0.467(C_3)-$$

$$-0.012(B_3)+0.126(A_4)+0.041(C_4)-0.367(B_4); (5.7.7.)$$

$$FY_4=-1.167(A_1)-0.044(C_1)-0.214(B_1)+0.075(A_2)+$$

$$+0.566(C_2)+0.044(B_2)-0.214(A_3)-0.088(C_3)+$$

$$+0.112(B_3)-0.012(A_4)+0.438(C_4)+0.035(B_4); (5.7.8.)$$

Коефіцієнти вагових функцій координат зменшені в 10 раз.

Для двогрупового зрівноваження вагові функції приймають вигляд:

$$F\alpha_{34}=-0.333(A_1)+0.666(C_1)-0.333(B_1)+0.333(A_2)-$$

$$-0.666(C_2)+0.333(B_2)-0.333(A_3)+0.666(C_3)-$$

$$-0.333(B_3)+0.333(A_4)-0.666(C_4)+0.333(B_4); \dots (5.7.9.)$$

$$FS_{34}=-0.724(A_1)+0.471(C_1)+0.253(B_1)-0.302(A_2)-$$

$$-0.478(C_2)+0.780(B_2)-0.479(A_3)+0.129(C_3)+$$

$$+0.368(B_3)-0.471(A_4)-0.183(C_4)+0.654(B_4); (5.7.10.)$$

$$FX_4=+0.358(A_1)-0.672(C_1)+0.314(B_1)+0.157(A_2)+$$

$$+0.298(C_2)-0.455(B_2)+0.199(A_3)-0.322(C_3)+$$

$$+0.123(B_3)+0.193(A_4)+0.108(C_4)-0.300(B_4); (5.7.11.)$$

$$FY_4=-0.692(A_1)+0.431(C_1)+0.261(B_1)-0.317(A_2)+$$

$$+0.173(C_2)+0.144(B_2)-0.206(A_3)+0.003(C_3)+$$

$$+0.203(B_3)-0.165(A_4)+0.284(C_4)-0.119(B_4); (5.7.12.)$$

Для ряду несучільних спостережень:

$$F\alpha_{34}=(C_1)+(A_2)+(B_2)+(C_3)-(C_4); (5.7.13.)$$

$$FS_{34}= +1.195(C_1)+0.976(B_1)+0.176(A_2)+1.257(B_2)-$$

$$-0.865(A_3)-0.239(C_3)+0.288(C_4)+1.126(B_4); \dots (5.7.14.)$$

$$FX_4=-1.03(C_1)-0.043(B_1)-0.142(A_2)-0.754(B_2)+$$

$$+0.076(A_3)-0.446(C_3)-0.085(C_4)-0.493(B_4); (5.7.15.)$$

$$FY_4=+1.123(C_1)+0.953(B_1)-0.491(A_2)-0.030(B_2)-$$

$$-0.404(A_3)-0.200(C_3)+0.450(C_4)+0.047(B_4); (5.7.16.)$$

**Таблиця №20 Коефіцієнти умовних рівнянь і вагових функцій**

Назва и попра	Умови дирек. кутів.	Умова базиса	Умова абсцис	Умова орди- нат	F $\alpha_{34}$	FS $_{34}$	FX $_4$	FY $_4$	сучільні спо- стереження	
									FX' $_4$	FY' $_4$
(A $_1$ )									+0.053	-1.167
(C $_1$ )	+1	+1.195	-14.244	+27.07	+1	+1.195	-1.030	+1.123	-0.977	-0.044
(B $_1$ )	0	+0.976	+4.043	+18.72	0	+0.976	-0.043	+0.953	+0.010	-0.214
(A $_2$ )	+1	+0.176	-13.863	+1.337	+1	+0.176	-0.142	-0.491	-0.100	+0.075
(C $_2$ )									+0.042	+0.566
(B $_2$ )	+1	+1.257	-15.025	+16.11	+1	+1.257	-0.754	-0.030	-0.712	+0.536
(A $_3$ )	0	-0.865	-3.209	-12.201	0	-0.865	+0.076	-0.404	+0.055	-0.292
(C $_3$ )	+1	-0.239	-14.990	+0.333	+1	-0.239	-0.446	-0.200	-0.467	-0.088
(B $_3$ )									-0.021	+0.112
(A $_4$ )									+0.126	-0.012
(C $_4$ )	-1	+0.288	+9.903	+2.619	-1	+0.288	-0.085	0.450	+0.041	+0.438
(B $_4$ )	0	+1.126	-0.239	+11.08	0	+1.126	-0.493	-0.047	-0.367	+0.035
(A $_5$ )	0	-1.046	-0.222	-10.288						
(C $_5$ )	-1	-0.176	+9.805	-1.941						
(B $_5$ )										

(A <sub>6</sub> )										
(C <sub>6</sub> )	+1	+0.216	-4.333	+4.486						
(B <sub>6</sub> )	0	+1.283	+4.350	+6.499						
(A <sub>7</sub> )	0	-1.228	-4.167	-6.225						
(C <sub>7</sub> )	+1	-0.079	-5.336	+2.988						
(B <sub>7</sub> )										
(A <sub>8</sub> )										
(C <sub>8</sub> )	-1	+0.057	0	0						
(B <sub>8</sub> )	0	+1.295	0	0						

Коефіцієнти зменшені в 10 раз. F<sub>x4</sub>. F<sub>y4</sub>

**Таблиця №21 Коефіцієнти нормальних рівнянь і вагових функцій**

	A]	B]	C]	D]	F <sub>α<sub>34</sub></sub>	F <sub>S<sub>34</sub></sub>	F <sub>x<sub>4</sub></sub>	F <sub>y<sub>4</sub></sub>	W	Σ
[A	9	+2.357	-87.499	+51.657	5	+2.101	-2.287	-0.048	+0.31	-19.409
[B		12.160	-16.232	+122.648	+2.101	+6.148	-2.784	+2.728	+2.80	+131.926
[C			150.017	-505.791	-68.025	-24.922	33.277	+3.876	+5.98	+490.681
[D				1843.608	+42.242	+94.830	-47.796	+53.679	+10.93	1666.007
FF					5	6.148	2.106	2.819		

**Таблиця №22 Рішення нормальних рівнянь і вагових функцій способом квадратичних коренів**

t <sub>1i</sub>	3	+0.786	-29.166	+17.219	+1.667	+0.700	-0.762	-0.016	+0.103	-6.470
t <sub>2i</sub>		+3.397	+1.970	+32.117	+0.233	+1.648	-0.643	+0.807	+0.800	+40.328
t <sub>3i</sub>			+17.190	-3.889	-1.156	-0.451	+0.717	+0.106	+0.431	+12.946
t <sub>4i</sub>				22.372	+0.070	+1.256	-0.502	+1.272	-0.664	+23.804
K	-0.2506	-0.5056	-0.01835	+0.0297	$\sqrt{\frac{1}{P_\alpha}} = 0.909$	$\sqrt{\frac{1}{P_S}} = 1.078$	$\sqrt{\frac{1}{P_x}} = 0.588$	$\sqrt{\frac{1}{P_y}} = 0.807$		

Проведемо контрольний розрахунок корелат із рішення нормальних рівнянь.

$$K_4 = -\frac{l_{44}}{t_{44}} = -\frac{-0.664}{22.372} = +0.0297$$

Інші корелати розраховані по приведеній раніше програмі.

Середня квадратична похибка визначення дирекційного кута по результатам зрівноваження:

$$m_{\alpha_{34}} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_\alpha}} = 0.56'' * 0.909 = 0.51''$$

Таким чином, уникнувши похибок за умови фігур, одержана точність передачі дирекційного кута, рівна точності зрівноважених кутів.

Середня квадратична похибка визначення сторони S<sub>34</sub> по результатам зрівноваження:

$$m_{S_{34}} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_S}} = 0.56'' * 1.078 = 0.60''$$

$$\text{або } S'_{34} - S_{34} = \frac{0.60'' * 4395005 \text{ мм}}{206265} = 12,7 \text{ мм}$$

Середня квадратична похибка визначення координат пункту 4.

$$\sqrt{\frac{1}{P_{x4}}} = 10 * 0.588 = 5.88$$

$$m_{x4} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{x4}}} = 0.56'' * 5.88 = 3.29''$$

$$m_{x4} = \frac{3.29}{206.265} = 0.015 \text{ м}$$

$$\sqrt{\frac{1}{P_{y4}}} = 10 * 0.807 = 8.07$$

$$m_{y4} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_y}} = 0.56 * 8.07 = 4.52''$$

$$m_{y4} = \frac{4.52}{206.265} = 0.022 \text{ м}$$

Таким чином, сумарна похибка положення пункту 4 в плані складає:

$$M_{X,Y} = \sqrt{m_{x4}^2 + m_{y4}^2} = 26.6 \text{ мм}$$

**Таблиця №23 Порівняльна таблиця зрівноважених і істинних координат ряду суцільних спостережень (зрівноваження по кутам)**

№ пункту	X <sub>ТС</sub>	X <sub>ІСТ</sub>	Δ (мм)	Y <sub>ТС</sub>	Y <sub>ІСТ</sub>	Δ (мм)
1	6221.551	6221.552	-1	7046.034	7046.000	+34

2	1437.487	1437.469	+18	6617.262	6617.234	+28
3	4933.482	4933.502	-20	10876.969	10876.939	+30
4	557.958	557.944	+14	11290.206	11290.216	+10
5	5765.239	5765.261	-22	15841.485	15841.494	-9
6	1755.724	1755.744	-20	15653.365	15653.361	+4

Середні квадратичні похибки координат:

$$m_x = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} = 17\text{мм}; \quad m_y = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]}{n}} = 22\text{мм}$$

**Таблиця №24 Порівняльна таблиця зрівноважених і істинних координат ряду несучільних спостережень і ряду суцільних спостережень зрівноваженого методом мінімуму поправок (зрівноваження по кутам)**

№ пункту	X <sub>нс</sub>	X <sub>іст</sub>	Δ (мм)	Y <sub>нс</sub>	Y <sub>іст</sub>	Δ (мм)
1	6221.557	6221.552	+5	7046.052	7046.000	+52
2	1437.481	1437.469	+12	6617.261	6617.234	+27
3	4933.481	4933.502	-24	10876.991	10876.939	+52
4	557.945	557.944	+1	11290.217	11290.216	+1
5	5765.216	5765.261	-45	15841.496	15841.494	+2
6	1755.716	1755.744	-28	15653.379	15653.361	+18

$$m_x = \sqrt{\frac{[\Delta_x \Delta_x]}{n}} = 24\text{мм}; \quad m_y = \sqrt{\frac{[\Delta_y \Delta_y]}{n}} = 32.8\text{мм}$$

На основі даних таблиць 23 і 24 робимо висновок, що найбільші відхилення зрівноважених координат ряду суцільних спостережень триангуляції від їх істинних значень складає  $\Delta_x = -22\text{мм}$ ,  $\Delta_y = +34\text{мм}$ , а в ряді несучільних спостережень

$$\Delta_x = -45\text{мм}, \Delta_y = +52\text{мм}.$$

**Таблиця №25 Порівняльна таблиця зрівноважених координат по кутам ряду суцільних і несучільних спостережень триангуляції**

№ пункту	X <sub>нс</sub>	X <sub>с</sub>	δx (мм)	Y <sub>нс</sub>	Y <sub>с</sub>	δy (мм)
1	6221.557	6221.551	+6	7046.052	7046.034	+18
2	1437.481	1437.487	-6	6617.261	6617.262	-1
3	4933.481	4933.482	-1	10876.991	10876.969	+22
4	557.945	557.958	-13	11290.217	11290.206	-11
5	5765.216	5765.239	-23	15841.496	15841.485	+11
6	1755.716	1755.724	-8	15653.379	15653.365	+14

Найбільше розходження зрівноважень координат ряду несучільних і суцільних спостережень триангуляції складає  $\delta x = -23\text{мм}$ ,  $\delta y = +22\text{мм}$ .

**Таблиця №26 Порівняльна таблиця зрівноважених координат по кутам і напрямкам ряду несучільних спостережень триангуляції**

№ пункту	X <sub>напр</sub>	X <sub>кутів</sub>	δx	Y <sub>напр</sub>	Y <sub>кутів</sub>	δy
1	6221.558	6221.557	+1	7046.059	7046.052	+7
2	1437.480	1437.481	-1	6617.269	6617.261	+8
3	4933.478	4933.481	-3	10877.001	10876.991	+10
4	557.942	557.945	-3	11290.221	11290.217	+4
5	5765.209	5765.216	-7	15841.499	15841.496	+3
6	1755.716	1755.716	0	15653.385	15653.379	+6

Найбільше розходження зрівноважених координат по напрямкам і кутам ряду несучільних спостережень складає  $\delta_x = -7\text{мм}$ ,  $\delta_y = +10\text{мм}$  розрахована

по величині оберненої ваги в ряді несучільних спостережень середня квадратична похибка координат пункту 4 складає  $m_{x4} = 15\text{мм}$ ,  $m_{y4} = 22\text{мм}$ .

Істинна похибка пункту 4 складає  $\Delta_{x4} = +1\text{мм}$ ,  $\Delta_{y4} = +1\text{мм}$

Хоча на пункті 4 і не виконувалось спостереження напрямків, точність визначення його планового положення виявилась найвищою як в ряді несучільних спостережень, так і в ряді суцільних спостережень.

Найменш точно визначеним виявився пункт 3, тобто середній пункт ходової лінії.

Середня квадратична похибка планового положення пункту 3 в ряді суцільних спостережень виявилась:

$$\Delta_{x,y3} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \sqrt{(-20)^2 + 30^2} = 36\text{мм};$$

а в ряді несучільних спостережень

$$\Delta_{x,y,z} = \sqrt{(-24)^2 + 52^2} = 57 \text{ мм}$$

Розходження максимальних істинних похибок визначення координат пункту 3 в 2 см слід признати незначним і знаходиться в межах похибок заокруглень мікрокалькулятора.

Хоча генератором випадкових чисел генерувались середні квадратичні похибки кутів в 1.5'', розрахована по формулі Гаусса загальна середня квадратична похибка склала 0.86'', а по формулі Ферреро по нев'язкам трикутників 0.59''.

**Таблиця №27 Порівняльна таблиця істинних і незрівноважених координат пунктів (без попередньо зрівноважених кутів)**

№ пункту	X <sub>НЕЗРІВН.</sub>	X <sub>ІСТ</sub>	Δ (ММ)	Y <sub>НЕЗРІВН.</sub>	Y <sub>ІСТ</sub>	Δ (ММ)
1	6221.554	6221.552	+2	7046.037	7046.000	+37
2	1437.482	1437.469	+13	6617.251	6617.234	+17
3	4933.485	4933.502	-17	10876.975	10876.939	+36
4	557.945	557.944	+1	11290.205	11290.216	-11
5	5765.241	5765.261	+20	15841.496	15841.494	+2
6	1755.713	1755.744	-31	15653.374	15653.361	+13
D	5146.358	5146.329	+29	20719.188	20719.135	+53

**Таблиця №28 Порівняльна таблиця істинних і попередньо зрівноважених за умови фігур координат пунктів**

№ пункту	X <sub>НЕЗРІВН.</sub>	X <sub>ІСТ</sub>	Δ (ММ)	Y <sub>НЕЗРІВН.</sub>	Y <sub>ІСТ</sub>	Δ (ММ)
1	6221.545	6221.552	-7	7045.999	7046.000	-1
2	1437.500	1437.469	+31	6617.237	6617.234	+3
3	4933.488	4933.502	-14	10876.915	10876.939	+34
4	557.984	557.944	+40	11290.156	11290.216	-60
5	5765.251	5765.261	-10	15841.404	15841.494	-90
6	1755.745	1755.744	+1	15653.286	15653.361	-75
0	5146.347	5146.329	+18	20719.056	20719.135	-79

Як бачимо при попередньому зрівноваженні, похибки визначення координат пунктів збільшуються.

Приймаючи до уваги граничну точність визначення координат пунктів ±5см для забезпечення топографічних знімачь самого великого масштабу, по результатам зрівноваження ряду суцільних спостережень одержано:

$$\Delta_{x \max} = |-22| + |18| = 40 \text{ мм}; \Delta_{y \max} = |34| + |-9| = 43 \text{ мм}$$

для ряду несущільних спостережень:

$$\Delta_{x \max} = |-45| + |12| = 57 \text{ мм}; \Delta_{y \max} = |52| - 1 = 51 \text{ мм}$$

при граничній похибці:

$$\Delta_{x_{\text{сп.}}} = \Delta_{y_{\text{сп.}}} = |-50| + |50| = 100 \text{ мм}$$

Незрівноважені ж значення координат, виключаючи вихідних пункт замикання дає:

$$\Delta_{x \max} = |-31| + |20| = 51 \text{ мм}; \Delta_{y \max} = |-11| + |37| = 48 \text{ мм}$$

Як бачимо, процедура строгого зрівноваження перерозподілила похибки і узгодила умови, виникаючи в мережі.

При достатньо високій точності кутових вимірів цілком можна відмовитися від зрівноваження, проводячи в кожному конкретному випадку аналогічні дослідження.

**Таблиця №29 Коефіцієнти нормальних рівнянь і вагових функцій ряду суцільних спостережень триангуляції (традиційна методика зрівноваження)**

Назви поправок	Вага	A	B	C	D	Fα <sub>34</sub>	FS <sub>34</sub>	Fx <sub>34</sub>	Fy <sub>34</sub>	не перетворені	
										F'x <sub>4</sub>	F'y <sub>4</sub>
(A <sub>1</sub> )	1	-0.333	-0.724	+3.400	-15.268	-0.333	-0.724	+0.358	-0.692	+0.530	-11.669
(C <sub>1</sub> )	1	+0.666	+0.471	10.844	+11.810	+0.666	+0.471	-0.672	+0.431	-9.766	-0.444
(B <sub>1</sub> )	1	-0.333	+0.253	+7.444	+3.458	-0.333	+0.253	+0.314	+0.261	+0.097	-2.141
(A <sub>2</sub> )	1	+0.333	-0.302	-4.234	-4.479	+0.333	-0.302	+0.157	-0.317	-0.999	+0.748
(C <sub>2</sub> )	1	-0.666	-0.478	+9.629	-5.816	-0.666	-0.478	+0.298	+0.173	-4.244	-5.664
(B <sub>2</sub> )	1	+0.333	+0.780	-5.395	+10.295	+0.333	+0.780	-0.455	+0.144	-7.120	+5.335
(A <sub>3</sub> )	1	-0.333	-0.497	+2.857	-8.245	-0.333	-0.479	+0.199	-0.206	+0.551	-2.924
(C <sub>3</sub> )	1	+0.666	+0.129	-8.924	+4.289	+0.666	+0.129	-0.322	+0.003	-4.673	-0.880
(B <sub>3</sub> )	1	-0.333	+0.368	+6.067	+3.956	-0.333	+0.368	+0.123	+0.203	-0.211	+1.119
(A <sub>4</sub> )	1	+0.333	-0.471	-3.381	-4.566	+0.333	-0.471	+0.192	-0.165	+1.259	-0.119
(C <sub>4</sub> )	1	-0.666	-0.183	+6.523	-1.947	-0.666	-0.183	-0.108	+0.284	-4.413	-4.375
(B <sub>4</sub> )	1	+0.333	+0.654	-3.142	+6.513	+0.333	+0.654	-0.300	-0.119	-3.666	+0.346
(A <sub>5</sub> )	1	+0.333	-0.639	-3.416	-6.212						
(C <sub>5</sub> )	1	-0.666	+0.239	+6.611	+2.135						
(B <sub>5</sub> )	1	-0.333	+0.408	-3.195	+4.076						
A <sub>6</sub>	1	-0.333	-0.500	-0.006	-3.662						
(C <sub>6</sub> )	1	+0.666	-0.284	-4.339	+0.824						
(B <sub>6</sub> )	1	-0.333	+0.784	+4.345	+2.838						
(A <sub>7</sub> )	1	-0.333	-0.792	-0.999	-5.146						
(C <sub>7</sub> )	1	+0.666	+0.357	-2.168	+4.067						

(B <sub>7</sub> )	1	-0.333	+0.435	+3.167	+1.079						
(A <sub>8</sub> )	1	+0.333	-0.451	0	0						
(C <sub>8</sub> )	1	-0.666	-0.394	0	0						
(B <sub>8</sub> )	1	+0.333	+0.845	0	0						

Таблиця №30 Коефіцієнти нормальних рівнянь і вагових функцій

	A]	B]	C]	D]	F <sub>α<sub>34</sub></sub>	F <sub>S<sub>34</sub></sub>	F <sub>x<sub>4</sub></sub>	F <sub>y<sub>4</sub></sub>	W	Σ
[A	+5.323	+1.496	-48.989	+26.591	+2.661	+1.254	-1.399	-0.023	+0.52	-12.566
[B		+6.410	-6.769	+58.472	+1.260	+2.811	-1.442	+1.021	+0.97	+64.229
[C			631.794	-271.543	-35.884	-15.161	20.687	+0.548	+3.71	+278.393
[D				-839.594	+23.838	+42.379	-25.013	+20.394	-16.29	+698.422
					+2.661	+2.811	1.296	1.090		

Таблиця №31 Рішення нормальних рівнянь і вагових функцій

t <sub>1i</sub>	2.307	+0.648	-21.233	+11.525	+1.153	+0.544	-0.606	-0.010	+0.225	-5.447
t <sub>2i</sub>		+2.447	+2.856	+20.839	+0.210	+1.004	-0.429	+0.420	+0.337	+27.684
t <sub>3i</sub>			+13.145	-6.569	-0.913	-0.493	+0.688	-0.066	+0.572	+6.365
t <sub>4i</sub>				+15.14	+0.012	+0.789	-0.302	+0.748	-	44.930
K	0.265	0.965	+0.0047	+0.0965	$\sqrt{\frac{1}{P_\alpha}} = +0.67$	$\sqrt{\frac{1}{P_S}} = 0.080$	$\sqrt{\frac{1}{P_x}} = 0.424$	$\sqrt{\frac{1}{P_y}} = 0.5$	П-ХЗ:	

-0.096569 = -K

Розрахуємо середню квадратичну похибку визначення дирекційного кута  $m_{\alpha_{34}}$  в ряді суцільних спостережень триангуляції

$$m_{\alpha_{34}} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{\alpha_{34}}}} = 0.67 * 0.67 = 0.45''$$

В ряді несучільних спостережень  $m_{\alpha_{34}} = 0.51''$

Середня квадратична похибка визначення сторони  $m_{S_{34}}$  в даному ряді буде

$$m_{S_{34}} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{S_{34}}}} = 0.67 * 0.80 = 0.54''$$

або 
$$S_{34} - S_{34} = \frac{0.54'' * 4395005_{мм}}{206265'} = 11.5_{мм}$$

Зауважимо, що в ряді несучільних спостережень ця похибка склала 12.7 мм

Середня квадратична похибка визначення координат пункту 4 в даному ряді:

$$\sqrt{\frac{1}{P_x}} = 10 * 0.424 = 4.24$$

$$m_{x_4} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{x_4}}} = 0.67 * 4.24 = 2.84''$$

$$m_{x_4} = \frac{2.84}{206.265} = 0.014_{м}$$

В ряді несучільних спостережень ця величина склала 0.015 м:

$$\sqrt{\frac{1}{P_y}} = 10 * 0.591 = 5.91''$$

$$m_{y_4} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_y}} = 0.67 * 5.91 = 3.96''$$

$$m_{y_4} = \frac{3.96}{206.265} = 0.019_{м}$$

а в ряді несучільних спостережень ця величина склала 0.022 м.

Таким чином, практично результати визначення елементів ряду суцільних і несучільних спостережень можна вважати однаковими.

### 5.8. Вивід формул попередньої оцінки точності досліджуваної моделі

Для вільного ряду, який складається з 8 трикутників величина оберненої ваги дирекційного кута зв'язуючої сторони буде для ряду несучільних спостережень:

$$\sqrt{\frac{1}{P_{\alpha_8}}} = \sqrt{9} = 3.0$$

а для ряду суцільних спостережень:

$$\sqrt{\frac{1}{P_{\alpha_8}}} = \sqrt{5.323} = 2.31$$

Для одного трикутника ряду несучільних спостережень:

$$\sqrt{\frac{1}{\frac{P_{\alpha 8}}{8}}} = 1.06$$

і для ряду суцільних спостережень:

$$\sqrt{\frac{1}{\frac{P_{\alpha 8}}{8}}} = \sqrt{\frac{5.323}{8}} = 0.82$$

В даному випадку враховані умовні рівняння фігур.

Середня квадратична похибка визначення дирекційного кута для зв'язуючої сторони ряду несущільних спостережень:

$$m_{cn} = 1.06 m_{\beta} \sqrt{n}$$

(5.8.1)

і для ряду суцільних спостережень

$$m_{cn} = 0.82 m_{\beta} \sqrt{n} \quad (5.8.2)$$

де  $n$  - число трикутників ряду

$m_{\beta}$  - середня квадратична похибка вимірювання кутів.

Для ряду несущільних спостережень, який опирається на два вихідні дирекційні кути, величина оберненої ваги слабкої сторони буде:

$$\sqrt{\frac{1}{P_{\alpha}}} = \sqrt{5 - 1.67^2} = 1.47$$

в ряді суцільних спостережень. одержимо:

$$\sqrt{\frac{1}{P_{\alpha}}} = \sqrt{2.66 - 1.15^2} = 1.16$$

Середня квадратична похибка слабкої сторони ряду несущільних спостережень триангуляції, який складається із 8 трикутників:

$$m_{\alpha} = 1.47 \mu$$

а для ряду суцільних спостережень :  $m_{\alpha} = 1.16 \mu$

Для ряду із  $n$  трикутників одержимо, відповідно:

$$m_{\alpha nc} = \sqrt{\frac{1.47^2}{8}} \mu \sqrt{n} = 0.52 \mu \sqrt{n} \quad (5.8.3)$$

$$m_{\alpha c} = \sqrt{\frac{1.16^2}{8}} \mu \sqrt{n} = 0.41 \mu \sqrt{n} \quad (5.8.4)$$

де  $\mu$  - середня квадратична похибка одиниці ваги.

Для вільного ряду оберненої ваги зв'язуючої сторони:

$$\sqrt{\frac{1}{P_{Snc}}} = \sqrt{12.16} = 3.49$$

$$\sqrt{\frac{1}{P_{Sc}}} = \sqrt{6.41} = 2.53$$

Для одного трикутника:

$$\sqrt{\frac{1}{P_{Snc}}} = \sqrt{\frac{12.16}{8}} = 1.23$$

$$\sqrt{\frac{1}{P_{Sc}}} = \sqrt{\frac{6.41}{8}} = 0.90$$

Середня квадратична похибка передачі зв'язуючої сторони вільного ряду розраховується по формулам:  $m_{Snc} = 1.23 \mu \sqrt{n} \quad (5.8.5)$

$$m_{Sc} = 0.90 \mu \sqrt{n} \quad (5.8.6)$$

Для ряду, який опирається на дві вихідні сторони, обернена вага слабкої сторони буде:

$$\sqrt{\frac{1}{P_{Snc}}} = \sqrt{6.148 - 1.648^2} = 1.85$$

$$\sqrt{\frac{1}{P_{Sc}}} = \sqrt{2.811 - 1.004^2} = 1.34$$

і середня квадратична похибка слабкої сторони невільного ряду із 8 трикутників буде:

$$m_{Snc} = 1.85 \mu (\text{сек})$$

$$m_{Sc} = 1.34 \mu (\text{сек}) \quad (5.8.7)$$

$$m_{Smm} = \frac{m_S''}{\rho} S$$

для ряду із  $n$  трикутників:

$$m_{Snc} = \sqrt{\frac{1.85^2}{8}} \mu \sqrt{n} = 0.65 \mu \sqrt{n} (\text{сек}) \quad (5.8.8)$$

$$m_{Sc} = \sqrt{\frac{1.34^2}{8}} \mu \sqrt{n} = 0.47 \mu \sqrt{n} (\text{сек}) \quad (5.8.9)$$

Ряд, який опирається на дві вихідні сторони з відомими дирекційними кутами із 8 трикутників має величину оберненої ваги дирекційного кута слабкої зв'язуючої сторони.

$$\sqrt{\frac{1}{P_{анс}}} = \sqrt{5 - 1.667^2 - 0.233^2} = 1.47 \quad (5.8.10)$$

$$\sqrt{\frac{1}{P_{ас}}} = \sqrt{2.661 - 1.153^2 - 0.210^2} = 1.13 \quad (5.8.11)$$

Ряд, що опирається на два вихідні пункти на початку і два кінці:

$$m_{анс.} = \sqrt{\frac{0.909^2}{8}} \mu\sqrt{n} = 0.325\mu\sqrt{n} \quad (5.8.12)$$

$$m_{ас.} = \sqrt{\frac{0.647^2}{8}} \mu\sqrt{n} = 0.24\mu\sqrt{n} \quad (5.8.13)$$

$$m_{сис.} = \sqrt{\frac{1.078^2}{8}} \mu\sqrt{n} = 0.38\mu\sqrt{n} \text{ (сек)} \quad (5.8.14)$$

$$m_{сс.} = \sqrt{\frac{0.801^2}{8}} \mu\sqrt{n} = 0.28\mu\sqrt{n} \text{ (сек)} \quad (5.8.15)$$

$$m_{хис.} = \frac{\sqrt{5.882^2}}{206.265} \mu\sqrt{n} = 0.010\mu\sqrt{n} \text{ (м)} \quad (5.8.16)$$

$$m_{хс.} = \frac{\sqrt{4.24^2}}{206.265} \mu\sqrt{n} = 0.007\mu\sqrt{n} \text{ (м)} \quad (5.8.17)$$

$$m_{уис.} = \frac{\sqrt{8.07^2}}{206.265} \mu\sqrt{n} = 0.014\mu\sqrt{n} \text{ (м)} \quad (5.8.18)$$

$$m_{ус.} = \frac{\sqrt{5.91^2}}{206.265} \mu\sqrt{n} = 0.010\mu\sqrt{n} \text{ (м)} \quad (5.8.19)$$

Для вільного ряду:

$$m_{хис.} = \frac{\sqrt{1150.017}}{206.265} \mu\sqrt{n} = 0.058\mu\sqrt{n} \text{ (м)} \quad (5.8.20)$$

$$m_{уис.} = \frac{\sqrt{1843.608}}{206.265} \mu\sqrt{n} = 0.074\mu\sqrt{n} \text{ (м)} \quad (5.8.21)$$

$$m_{хс.} = \frac{\sqrt{631.794}}{206.265} \mu\sqrt{n} = 0.043\mu\sqrt{n} \text{ (м)} \quad (5.8.22)$$

$$m_{ус.} = \frac{\sqrt{839.594}}{206.265} \mu\sqrt{n} = 0.050\mu\sqrt{n} \text{ (м)} \quad (5.8.23)$$

## Висновки

1. Проведена апробація ідеї створення геодезичних мереж несучільних спостережень триангуляції на основі моделі мережі №3.
2. Розроблена методика зрівноваження мереж несучільних спостережень.
3. Проведений порівняльний аналіз мережі суцільних і несучільних спостережень триангуляції.
4. Одержані формули оцінки точності елементів ряду.
5. В даній роботі встановлено, що при вимірюванні кутів з точністю 1.5" при довжинах сторін 4-5км гранична істинна похибка координат пунктів складає 52 мм при середніх квадратичних похибках  $m_x = 24\text{мм}$ ;  $m_y = 33\text{мм}$ .

Найбільші розходження зрівноважених координат по напрямкам і кутам ряду несучільних спостережень складає  $-7\text{ мм}$ .  $+10\text{ мм}$ . із чого витікає еквівалентність простих мереж несучільних спостережень по напрямкам і кутам.

6. На основі проведених досліджень робиться висновок, що згущення планових геодезичних мереж методом несучільних спостережень триангуляції може конкурувати з традиційним методом суцільних спостережень, тому що розроблена теорія побудови мереж, розроблені способи польового контролю, строгого



- зрівноваження коррелятним способом з оцінкою точності результатів.
7. Вибір конструктивних елементів фундаментальних споруд як об'єктів візування пунктів триангуляції дасть можливість довгострокового зберігання пунктів. не потребує побудови пунктів і різко знижує вартість робіт.
  8. Метод несучільних спостережень триангуляції рекомендується для впровадження в топографо-геодезичне виробництво.

### **Література**

1. Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР.- М.: Недра. 1966.-340с.
2. Практикум по высшей геодезии (вычислительные работы) (Н. В. Яковлев. Н.А.Беспалов. В.П Глумов и др. : Учебное пособие для вузов. М.: Недра. 1982. - 368с.
3. Р.Н.Литнарович. Создание опорных геодезических сетей несплошных наблюдений и автоматизированная система их обработки. Информационный листок №87-099. Ровенский МТ ЦНТИ. 1987. - 4с.
4. Р.М.Литнарович Інженерна геодезія. Курс лекцій для студентів будівельного бакалаврату. м. Рівне. УДАВГ. 1998.-131с. Шифр 076-58.
5. Літнарович Р. М. Прогресивна технологія створення планової геодезичної основи. Тези доповідей Міжнародної науково-методичної конференції "Проблеми багаторівневої вищої технічної освіти." 13-15 жовтня 1993. - м.Київ.-с.238-241

1. Програма №1 рішення трикутників. визначення коефіцієнтів базисного умовного рівняння. вільного члена і суми квадратичних коефіцієнтів.....7
2. Програма №2 розрахунок координат пунктів.....14
3. Програма №3 розрахунок коефіцієнтів координатних умовних рівнянь .....16
4. Програма №4 розрахунок перетворених коефіцієнтів.....19
5. Програма №5 перехід до коефіцієнтів умовних рівнянь мережі несучільних спостережень.....33

### ***Вказівник програм***

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

**Розробка технології створення  
планової геодезичної мережі  
методом несучільних спостережень  
тріангуляції**

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

**Робота є фрагментом дисертації на здобуття  
вченого ступеня доктора технічних наук**

**Відредагували і набрали в редакторі Microsoft  
Word – Носко Юлія Михайлівна, Сердюкова Алла  
Олександрівна**

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