

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

**Р.М. Літнарівч**

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

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

**Частина ІХ**

**Чернігів, 2001**

**УДК 378.147.31**

Літнарівч Р.М. Розробка технології створення планової геодезичної мережі методом несучільних спостережень тріангуляції. Навчальний посібник з курсу “Основні геодезичні роботи”. Частина ІХ, ЧДІЕіУ, Чернігів, 2001, - 45с.

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.с.т.н., професор

Проблемі дослідження точності елементів наземного методу тріангуляції, яка опирається на ряд пунктів, координати яких визначені по системі GPS і присвячується дана робота.

При цьому розробляється метод несучільних спостережень тріангуляції, коли ряд пунктів являють собою шпилі соборів, конструктивні елементи фундаментальних споруд, що не потребує доступу на дані пункти, але вони будуть зберігатись не один десяток років.

© Літнарівч Р.М.

## ЗМІСТ

Введення .....	4
3.1. Постановка проблеми досліджень .....	5
3.2. Польовий контроль при згущенні мереж .....	7
3.3. Розрахунок коефіцієнтів умовних рівнянь.....	14
3.4. Перехід до нормальних рівнянь і їх рішень .....	28
3.5. Розрахунок врівноважених сторін і координат. Оцінка точності .....	43
3.6. Попередній розрахунок точності .....	51
Висновки .....	55
Література .....	45

## ВВЕДЕННЯ

З часів Гауса вважається, що одним із найважливіших методів польового контролю в триангуляції є визначення вільного члена умови фігур, тобто відхилення суми кутів кожного трикутника від  $180^\circ$ .

Дійсно, в вільних мережах необхідно враховувати умовні рівняння фігур, полюсів і горизонता. Ці три умовні рівня є умовними рівняннями вільних мереж. Вони виконують слідуєчі функції:

- 1) визначення елементів мереж;
- 2) польових контролів;
- 3) узгодження умов;
- 4) підвищення точності елементів мереж.

В мережах згущення додатково виникають полігональні умови: умовні рівняння дирекційних кутів, сторін і координат.

У зв'язку з широким використанням за останній час методу визначення координат пунктів по системі 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, яка опирається на ряд пунктів, координати яких визначені по системі GPS і присвячується дана робота.

При цьому розробляється метод несучільних спостережень триангуляції, коли ряд пунктів являють собою шпилі соборів, конструктивні елементи фундаментальних споруд, що не потребує доступу на дані пункти, але вони будуть зберігатись не один десяток років.

### 3.1. Постановка проблеми дослідження

Умовні рівняння фігур, на жаль, не виконують функцію польового контролю полігональних умов. Крім цього, буде показано нижче, при визначенні і зрівноваженні елементів мереж є можливість строго уникнути врахування умов фігур. Ми дамо спосіб узгодження умов фігур без їх врахування.

Ми утверджуємо, що виконання умов фігур в мережах згущення не підвищує точності елементів мереж.

Професор Чеботарьов А.С. (4.-с.578) писав: “Итак, когда вычисляемая и исходная стороны треугольника близки по величине, измерение третьего угла треугольника не повышает точности вычислений длины искомой стороны”.

Розробку ефективного методу побудови опорних геодезичних мереж згущення розглянемо на прикладі мережі триангуляції 3 класу, приведеної в (1.-с.243).

Координати вихідних пунктів 2 класу 2 класу приведені в табл.1.

Таблица 1.

#### Координати вихідних пунктів

Номер пункта	Координати		Довжини сторін, м	Дирекційні кути, $\alpha$	На пункт
	x	y			
1	5709127,3 7	8400987,48	8288,08	156°16'66''	2
2	5701539,2 9	8404321,15	8288,08	336°16'57,66'	1
3	5702517,7 0	8420519,25	10493,58	25°15'33,29''	4
4	5712007,9 6	8424997,00	10493,58	205°15'33,29'	3

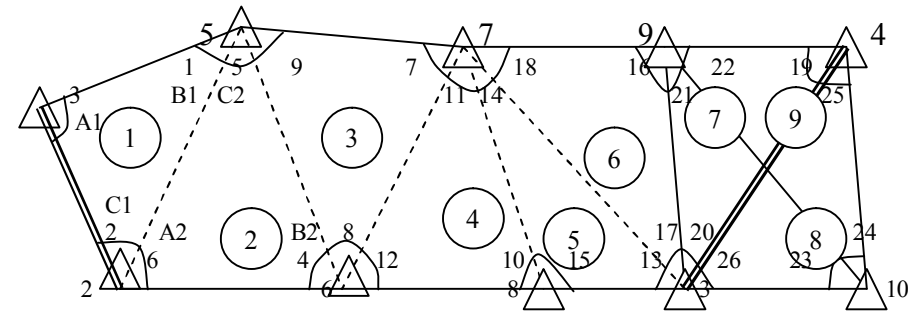


Рис. 1. Ряд суцільних спостережень триангуляції

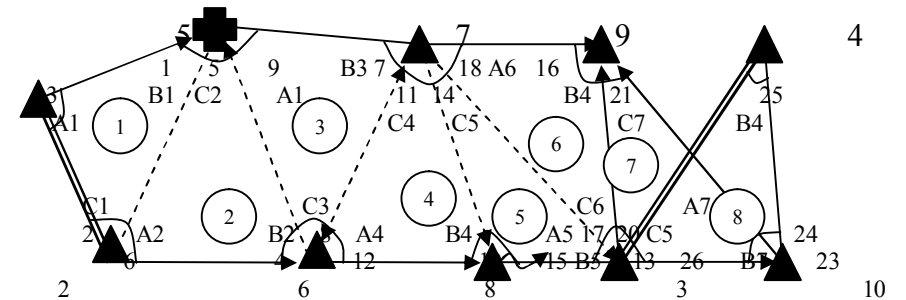


Рис. 2. Ряд несучільних спостережень триангуляції

В роботах (3, 5, 6,7) пропонується на ряді пунктів не робити спостереження, а згущати планові геодезичні мережі, прокладаючи ряди несучільних спостережень триангуляції. При цьому відсутні умовні рівняння фігур. Але наявність умовних рівнянь сторін, дирекційних кутів і координат дає можливість виконувати польовий контроль надійно по розробленим програмам на програмованих мікрокалькуляторах МК 52 і МК 61.

Нехай, на пунктах 5, 8, 9, 4 спостереження не виконувались. При проведенні досліджень нами взяті виміряні кути і редуковані на площину на пунктах 1, 2, 3, 6, 7 і 10. Кути в кожному трикутнику на пунктах 5, 8, 9, 4 взяті як доповнення до  $180^\circ$ . Необхідно строго корелатним способом зрівноважити ряд несучільних спостережень триангуляції, зробити оцінку точності зрівноважених елементів і порівняти з істинними значеннями, за які прийняті зрівноважені елементи мережі суцільних спостережень приведені у вище згаданому Практикумі Пункти 5, 8, 9 недоступні для встановлення на них теодоліта. Вибрані для візування конструктивні елементи фундаментальних споруд надійно збержуться і не втраяться за довгий час.

### 3.2. Польовий контроль при згущенні мереж

В рядах несучільних спостережень триангуляції проводиться оперативний польовий контроль шляхом подвійного розрахунку координат пунктів по мірі продвигу ходової лінії. На рис. 2 стрілками показані напрямки визначення координат пунктів полярною засічкою при попередньому розрахунку сторін. Всі розрахунки виконуються по програмі № 1 в польових умовах з записом результатів в протокол польового контролю.

Заключним польовим контролем є визначення вільних членів полігональних умовних рівнянь і координат, базиса і дирекційного кута.

Лише при необхідності проводять спостереження на трьох пунктах геодезичних чотирикутників тоді виникає полюсне умовне рівняння і додатковий контроль. При наявності полюсних умовних рівнянь їх відносять в першу групу і виконують зрівноваження двогруповим методом.

### Програма № 1.

#### Розрахунки сторін і координат в триангуляції

ФПРГ	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	С/П	ХП1	С/П	К	Fsin	:	ХП2	С/П	К	Fsin
10	X	С/П	ПК	Fsin	ПХ2	X	ХП1	С/П	БП	02
20	С/П	ХП5	С/П	ХП6	С/П	К	ХП3	ПХ3	С/П	К
30	+	ХП3	Fcos	С/П	ХП4	X	ПХ5	+	С/П	ПХ4
40	ПХ3	Fsin	X	ПХ6	+	С/П	БП	27	F	АВТ

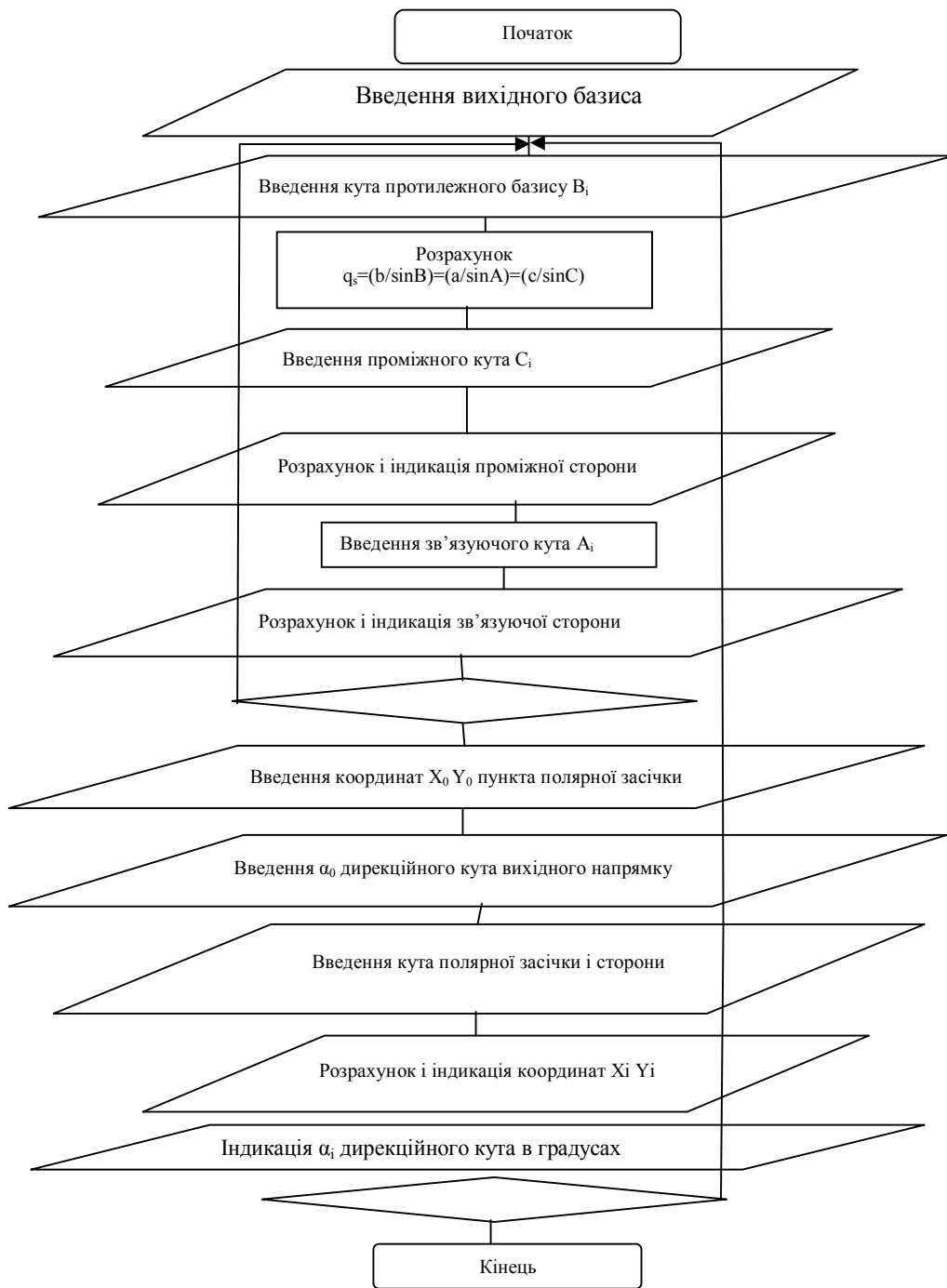
### Протокол № 2

#### Польовий контроль в рядах несучільних спостережень триангуляції

№ п/п	Введення даних	Результат	Позначення	№ п/п	Введення даних	Результат	Позначення
1	2	3	4	1	2	3	4
1	в/о с/п			60	5661,91 с/п		S68
2	8288,08 с/п		S12	61		700542,09 с/п	X8
3	72 12'08,03'' с/п		B1	62		415724,23	Y8
4	43 45'14,2'' с/п		C1	63	БП02 ПХ1 с/п	Після спостереження на пунктах 3 і 10	
5		6019,83	S15	64	53°13'01,1'' с/п		I3
6	64 02'37,5'' с/п		A1	65	41°53'55,2'' с/п		I4
7		7826,62 с/п	S25	66		5186,17	S83
8	70 27'22,0'' с/п		B2	67	84°53'03,7'' с/п		I5
9	47 07'34,5'' с/п		C2	68		7734,94 с/п	S

### БЛОК-СХЕМА

#### програми розрахунку сторін і координат пунктів в триангуляції



продовження протоколу №1

11	205°15'33,29"		A <sub>2</sub>	70			∠1
12		7361,205	S <sub>56</sub>	71		5351,385	7
13	БП 20			72	48°17'36,6" c/п		∠1
14	709127,37		X <sub>1</sub>	73		5778,26 c/п	8
15	400987,48		Y <sub>1</sub>	74	66°47'06,3" c/п		∠2
16	205°15'33,29"		a <sub>12</sub>	75	56°06'20,1" c/п		3
17	205°15'33,29"		-A <sub>1</sub>	76		5218,90	∠2
18	6019,83		S <sub>15</sub>	77	37°06'33,29" c/п		0+
19		708892,20 c/п	X <sub>5</sub>	78		5279,52 c/п	∠2
20		407002,72	Y <sub>5</sub>	79	14°33'24,4" c/п		6
21	БП 20 c/п			80	15°24'51,0" c/п		∠2
22	701539,29		X <sub>2</sub>	81		5583,16 c/п	5
23	404321,15		Y <sub>2</sub>	82	150°01'44,6" c/п		∠2
24	43°45'14,2" c/п		a <sub>21</sub>	83		10493,57 c/п	3+
25	7826,62		C <sub>1</sub>	84	БП 20 c/п		24
26			S <sub>25</sub>	85	706481,29		
27		708892,20 c/п	X <sub>5</sub>	86	413,877		
28		407002,71 c/п	Y <sub>5</sub>	87	40037303B↑		
29	62°25'03,3" c/п		A <sub>2</sub>	88	180-		
30	6086,44	702338,55 c/п	S <sub>26</sub>	89	K <sub>0</sub> .....←		
31		410354,88	X <sub>6</sub>	90	57°38'51,5" c/п		-
32			Y <sub>6</sub>	91	6219,76 c/п		∠11
33	БП 02 ПХ1 c/п	Після спостережень на пунктах 6		92		700542,09 c/п	S <sub>78</sub>
34	68°57'10,0"	7	∠7	93		415724,23 c/п	X <sub>8</sub>
35	67°27'45,6" c/п		∠8	94	41°53'55,2" c/п	415724,23 c/п	Y <sub>8</sub>
36		7285,05	S <sub>57</sub>	95	7734,94		∠14
37	43°35'04,4" c/п		∠9	96			S <sub>73</sub>
							X <sub>3</sub>

38		5437,78 с/п	S <sub>67</sub>	97		702517,57 с/п	Y <sub>3</sub>
39	54°13'34,7" с/п		∠10	98		4200519,42 с/п	α <sub>73</sub>
40	57°38'51,5" с/п		∠11	99	48°17'36,6" с/п	120,8267"	∠18
41		5661,91	S <sub>68</sub>	100	5351,385		S <sub>79</sub>
42	68°07'33,8" с/п		∠12	101		708087,53 с/п	X <sub>9</sub>
43		6219,755	S <sub>28</sub>	102		418981,90 с/п	Y <sub>9</sub>
44	ПХ3 180-	262,454225	α <sub>52</sub> =α <sub>26</sub> -180	103	БП 20 с/п		
45	ХПЗ			104	702517,70 с/п		X <sub>3</sub>
46	БП 20 с/п			105	420519,25 с/п		Y <sub>3</sub>
47	702338,55 с/п		X <sub>4</sub>	106	25°15'33,29" с/п		

**Продовження протоколу №1**

48	410354,88		Y <sub>6</sub>		107	15°24'51,0" с/п	∠26
49	ПХ3к ←		α <sub>62</sub>		108	5279,54 с/п	S <sub>3-Р</sub>
50	70°27'22,0" с/п		B <sub>2</sub>		109		706512,90 X <sub>Р-3</sub>
51	7361,205 с/п		S <sub>56</sub>		110		423960,17 Y <sub>Р-3</sub>
52		708892,20 с/п	X <sub>5</sub>		111	БП 20 с/п	
53		407002,71 с/п	Y <sub>5</sub>		112	712007,96 с/п	X <sub>4</sub>
54	67°27'45,60" с/п		∠8		113	424997,00 с/п	Y <sub>4</sub>
55	5437,78 с/п		S <sub>67</sub>		114	205°15'33,29" с/п	α <sub>23</sub>
56		706481,29 с/п	X <sub>7</sub>		115	14°33'24,4" с/п	∠25
57		413877,26 с/п	Y <sub>7</sub>		116	5583,20 с/п	S <sub>10</sub>
58		400,37303 с/п	α <sub>67</sub>		117		706521,88 X <sub>10</sub>
59	68°07'33,8" с/п		∠12		118		523960,15 Y <sub>10</sub>

**Таблиця №2**

**Зведена таблиця польового контролю**

№пп	X	X'	X-X'	№пп	Y	Y'	Y-Y'
5	5708892,20	5708892,20	00	5	8407002,72	8407002,72	0,01
6	702332,55			6	410354,88		
7	706481,29			7	413877,26		
8	700542,09	700542,09	00	8	415724,23	415724,23	00
9	708087,53	708087,63	-0,10	9	418981,90	418981,66	0,24
10	706521,90	706521,88	0,02	10	423960,17	423960,15	0,02
3	5702517,57	5702517,70	-13	3	8420519,428	8420519,25	0,17

$W'_{X3} = -0.13$

$W_{Y3} = 0.17$

Вільні члени координатних умовних рівнянь будуть

$W'_{X3} = W'_{X3} \cdot 206.265 = -26.81''$

$W'_{Y3} = W'_{Y3} \cdot 206.265 = 35.06''$

Визначимо вільний член умовного рівняння дирекційних кутів. Згідно протоколу:

$$\alpha_{73} = 120,8267^\circ \quad K_0 \quad 120^\circ 49' 36,1''$$

$$+ \angle (17+20) \quad 84^\circ 25' 59,6''$$

---


$$\alpha_{73} = 205^\circ 15' 35,7''$$

$$- \alpha_{73} = 205^\circ 15' 33,29''$$

$$W_\alpha = +2,41$$

Найдемо вільні члени умовного рівняння сторони

$W'_S = S'_{34\text{вир}} - S_{34\text{вих}} = 10493,57 - 10493,58 = -0,01$ ,

або  $W'_S = W''_S \frac{\rho''}{S'_{34}} = -0.20''$

В дальнішому визначають допустимість вільних членів умовних рівнянь.

В загальному випадку граничну величину вільного члена умовного рівняння  $a_1v_1 + a_2v_2 + a_3v_3 + \dots + a_nv_n + W = 0$  (3.2.1)

знаходять по формулі

$W_{cp} = t\mu\sqrt{[aa]}$  (3.2.2)

де  $\mu$  – середня квадратична похибка одиниці ваги;

$t$  - параметр, який залежить при заданій довірчій ймовірності від числа вимірів в мережі;

[aa]- сума квадратів коефіцієнтів умовного рівняння.

В геодезичних мережах при довірчій ймовірності 0,95 приймають – 2,5 t. – с.1-6

Значення вільних членів базисного і умовного рівняння дирекційних кутів не повинна перевищувати величин, вирахованих по формулам

$$W_{\text{баз}} \leq 2,5 \sqrt{m_{\beta}^2 [BB] + 2 \left( \frac{m_{\beta}}{b} \rho \right)^2} \quad (3.2.3)$$

і для умовного рівняння дирекційних кутів

$$W_{\alpha} \leq 2,5 \sqrt{m_{\beta}^2 [AA] + 2m_{\alpha}^2} \quad (3.2.4)$$

де  $m_{\beta}$  - середня квадратична похибка виміру кутів в триангуляції даного класу;  
 $m_{\beta}$ ,  $m_{\alpha}$  - середні квадратичні похибки базисних сторін і вихідних азимутів (дирекційних кутів) відповідно;

[AA], [BB] – суми квадратичних коефіцієнтів умовних рівнянь дирекційних кутів і сторін відповідно.

І в нашому випадку отримаємо

$$W_{\text{донбаз}} = 2,5 \sqrt{1,5''^2 \cdot 28,769 + 2 \left( \frac{2 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^3} \right)^2} = 20,3''$$

Де прийнято  $m_{\beta}/b = 1:300000$  і  $m_{\beta}=1,5''$ ;  $m_{\alpha}=1,1''$

$$W_{\alpha \text{дон}} = 2,5 \sqrt{1,5^2 \cdot 8 + 2 \cdot 1,1^2} = 11,3''$$

Допустиме значення вільних членів координатних умовних рівнянь розраховуєм по формулам

$$W_{\text{хдон}} = 2,5 \sqrt{\frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} [CC] \cdot 10^6 + 2m_x^2} \quad (3.2.5)$$

$$W_{\text{Yodo}} = 2 \sqrt{\frac{m_{\beta}}{\rho} [ДД] \cdot 10^6 + 2m_y^2} \quad (2.2.6)$$

m прийнято  $m_x = m = 5 \text{ см}$

$$W_{\text{Yodo}} = 2 \sqrt{\frac{15}{(2,06 \cdot 10^4)^2} \cdot 10^6 \cdot 861,4 + 2 \cdot 0,05^2} = 0,56 \text{ м}$$

$$W_{\text{Yodo}} = 2 \sqrt{\frac{15}{(2,06 \cdot 10^4)^2} \cdot 10^6 \cdot 683,8 + 2 \cdot 0,05^2} = 0,51 \text{ м}$$

Квадратичні коефіцієнти взяті із таблиці коефіцієнтів нормальних рівнянь як в координатних умовних рівняннях всі коефіцієнти і вільні члени були зменшені в 10 раз, то ці квадратичні збільшені в 100 раз при підстановці у формули (3,Ю 2, 5) і (3, 2,6).

### 3.3. Розрахунок коефіцієнтів умовних рівнянь

#### 3.3.1. Принцип переходу від коефіцієнтів умовних рівнянь мереж суцільних спостережень до коефіцієнтів умовних рівнянь мереж несучільних спостережень.

Спочатку на схемі мережі пунктирною лінією позначається ходова лінія як у звичайній триангуляції і визначаються коефіцієнти по формулам звичайної триангуляції.

Теорема. Якщо в трикутнику триангуляції є один невиміряний кут то коефіцієнти умовних рівнянь поправок даного кута вводяться у коефіцієнти умовних рівнянь двох других кутів алгебраїчно з протилежним знаком.

Так як в кожному трикутнику несучільних спостережень триангуляції є один невиміряний кут, який розраховується як доповнення до 180° суми двох виміряних кутів, то кінцевий диференціал невиміряного кута буде, наприклад

$$dBi = d(180^\circ - Ai - Ci)$$

і

$$dBi = -dA - dC.$$

Тобто, заміна коефіцієнтів невиміряного кута в умовних рівняннях змінює знаки даних коефіцієнтів на оберенні і вони вводяться в коефіцієнти виміряних кутів з оберненим знаком.

Це головне правило, яке дає можливість строго зрівноважити мережу несучільних спостережень.

Таким чином, нам необхідно визначити коефіцієнти умовних рівнянь як в звичайній триангуляції, а після перетворити їх з врахуванням

невимірних кутів, крім цього, з метою зменшення похибок округлення мікрокалькулятора, розрахунок дирекційних кутів слід проводити в ручному розрахунку.

### 3.3.2. Розрахунок коефіцієнтів умовного рівняння сторін

Коефіцієнти умовного рівняння сторони, самі довжини зв'язуючих сторін з точністю до міліметра і координати пунктів ходової лінії визначають по розробленій автором програмі № 2.

#### Програма № 2.

**Розрахунок зв'язуючих сторін, коефіцієнтів умовних рівнянь сторін та координат пунктів ходової лінії**

Fпрг	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	С/П	ХП1	С/П	К0	ХП2	Ftg	F1/X	/-/	С/П	К0
10	ХП3	Ftg	F1/X	С/П	ПХ3	Fsin	ПХ1	X	ПХ2	Fsin
20	:	ХП1	С/П	БП	02	С/П	ХП4	С/П	ХП5	С/П
30	→К0	ХП6	Fcos	С/П	ХП7	X	ПХ4	+	ХП4	С/П
40	ПХ6	Fsin	ПХ7	X	ПХ5	+	ХП5	С/П	БП	29

Базисне умовне рівняння виникає між вихідними сторонами S12 і S34. Взявши невимірні кути як доповнення до 180° і довжину вихідної сторони S12 вираховуємо довжину S'34 заданої сторони S34

$$S'_{34}=S_{12} \frac{\sin 3 \sin 6 \sin 9 \sin 12 \sin 15 \sin 18 \sin 21 \sin(23 + 24)}{\sin 1 \sin 4 \sin 7 \sin 10 \sin 13 \sin 16 \sin 23 \sin 25} \quad (3.3.2)$$

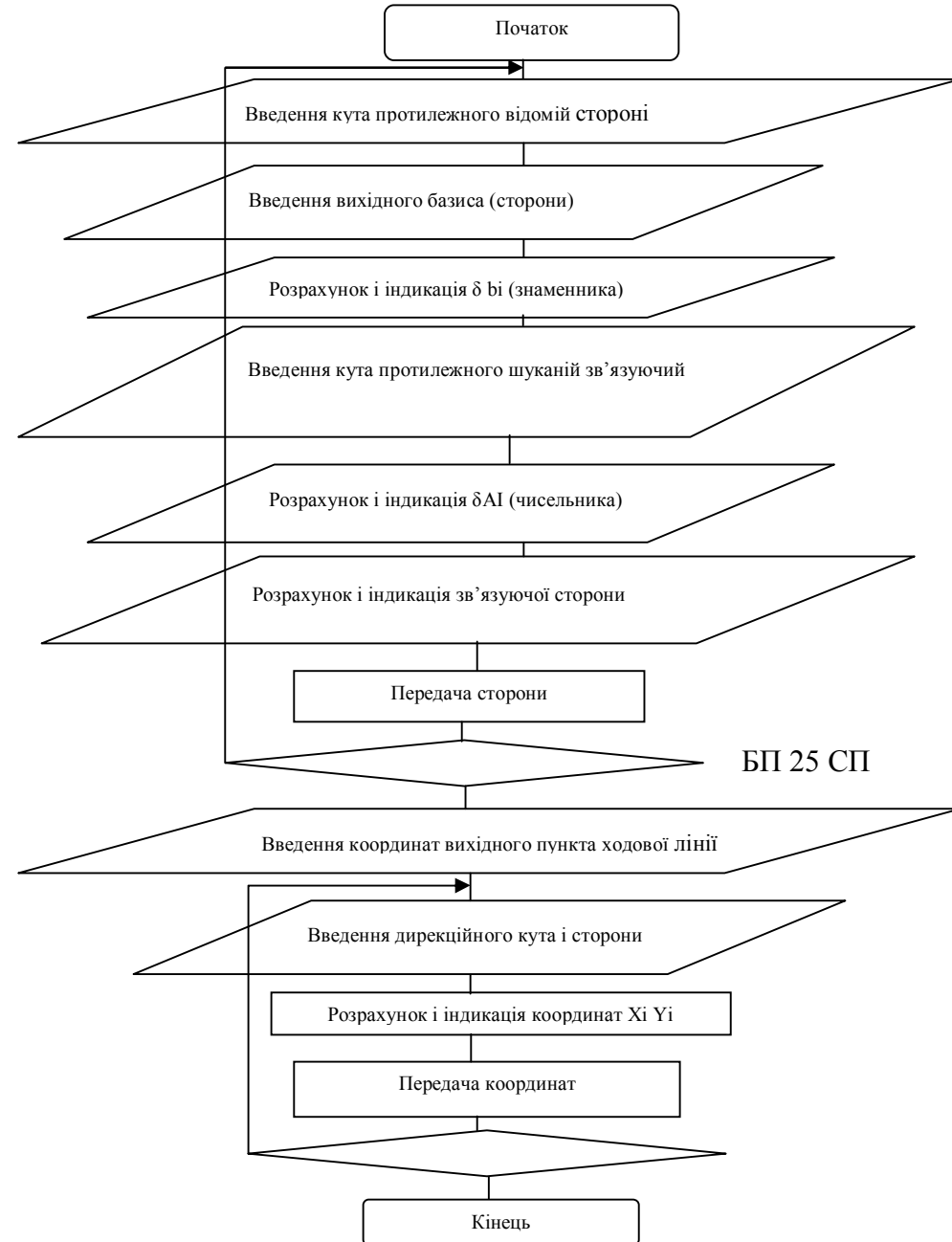
Лінеаризуючи вираз (3.3.2) і переходячи до поправок в виміряні кути, одержимо базисне умовне рівняння

$$-\delta 1(1) + \delta 3(3) - \delta 4(4) + \delta 6(6) - \delta 7(7) + \delta 10(10) + \delta 12(12) - \delta 13(13) + \delta 15(15) - \delta 16(16) + \delta 18(18) - \delta 23(23) + \delta 21(21) - \delta 25(25) + \delta 23+24(23+24) + W = 0 \quad (3.3.3)$$

$$+ \delta 21(21) - \delta 25(25) + \delta 23+24(23+24) + W = 0$$

$$\text{де } \delta \beta 1 = \text{ctg} \beta 1 \text{ і } W(S'_{34} - S_{34}) \frac{\rho''}{S'_{34}} \quad (3.3.4).$$

### Блок –схема програми №2





**Протокол №2**

**Розрахунок зв'язуючих сторін і коефіцієнтів умовного рівняння сторін**

№ п/п	Введення даних	Результат	Позначення	№ п/п	Введення даних	Результат	Позначення
1	в/о с/п			23	53°13'01,1" с/п		∠13
2	8288.08 с/п		S12	24		-0,748	δ3зн
3	72°12'08,3" с/п		B1	25	84°53'03,7" с/п		∠15
4		-0,321	δ1зн	26		+0,090 с/п	δ5чис
5	64°02'37,5" с/п		A1	27		7734,938 с/п	S73
6		+0,487 с/п	δ1чис	28	87°57'53,0" с/п		∠16
7		7826,618 с/п	S25	29		-0,036	δ6зн
8	70°27'22,0" с/п		∠4	30	48°17'36,6" с/п		∠18
9		-0,355	δ2зн.	31		+0,891 с/п	δ6чис
10	32°25'03,5" с/п		∠6	32		5778,261 с/п	S20
11		+0,522 с/п	δ2зн	33	66°47'06,3" с/п		∠23
12		7361,205 с/п	S56	34		-0,429	δ7зн
13	68°57'10,0" с/п		∠7	35	57°06'33,6" с/п		∠21
14		-0,385	δ3зн	36		+0,647 с/п	δ7чис
15	43°35'04,4" с/п		∠9	37		5279,522 с/п	S3-10
16		+1,051 с/п	δ3чис	38	14°33'24,4" с/п		∠25
17		5437,776 с/п	S76	39		-3,851	δ8зн
18	54°12'34,7" с/п		∠10	40	150°01'44,6" с/п		(23+24
19		-0,720	δ4зн	41		-1,734 с/п	δ 8чис
20	68°07'33,8" с/п		∠12	42		10493,566	S'34
21		+0,401 с/п	δ			10493,58	S34чис
22		6219,755 с/п	S16				W'S

Вільний член базисного умовного рівняння

$$W''_S = (S'_{34} - S_{34}) \rho / S'_{34} = (10493,566 - 10493,58) 206265 / 10493,566 = -0,28''$$

Замітимо, базисне умовне рівняння (3.3.3) складено на основі вимірних кутах.

Підставляючи значення коефіцієнтів з протоколу №2, базисне умовне рівняння набуде вигляду

$$\begin{aligned} & - 0,321(\delta_1) + 0,487(\delta_3) - 0,355(\delta_4) - \\ & - 0,385(\delta_7) + 1,05(\delta_3) - 0,720(\delta_8) - \\ & - 0,748(\delta_{13}) + 0,090(\delta_{15}) - 0,036(\delta_{17}) + 0,89(\delta_{18}) - \\ & - 0,429(\delta_{23}) + 0,647(\delta_{21}) - 3,851(\delta_{25}) - 1,734(\delta_{23-24}) - 0,28'' = 0. \end{aligned} \quad (2.3.5)$$

Виражаючи поправки в невимірні кути через поправки у вимірні базисне рівняння.

$$\begin{aligned} & [\delta_3 + \delta_1](3) + \delta_1(2) - \delta_4(4) + \delta_6(6) - \delta_8(8) + [-\delta_9 - \delta_7](7) + \\ & + \delta_{10}(11) + [\delta_{10} + \delta_{12}](12) - \delta_{15}(14) + [-\delta_{15} + \delta_{13}](13) + \delta_{16}(17) + \\ & + [\delta_{16} + \delta_{18}](18) + [-\delta_{23} - \delta_{21}](23) - [\delta_{21}](20 + 26) + [\delta_{25}](26) + \\ & + [\delta(23-21) + \delta_{26}](23+24) + WB - 0 \\ & \text{Підставляючи відповідні значення } \delta\beta_i = \text{ctg}\beta_i, \text{ одержимо} \\ & + 0,321\delta_2 + 0,808\delta_3 - 0,355\delta_4 + 0,522\delta_6 - 1,436\delta_7 - \\ & - 1,051\delta_8 + 0,720\delta_{11} + 1,121\delta_{12} - 0,838\delta_{13} - 0,090\delta_{14} + \\ & + 0,036\delta_{17} + 0,927\delta_{18} - 1,076\delta_{23} - 0,647\delta(20+26) + 2,117\delta(24+23) + \\ & + 3,851\delta_{26} - 0,28'' = 0 \end{aligned} \quad (2.3.7)$$

Умовне рівняння дирекційних кутів виникає між вихідними дирекційними кутами  $\alpha_{21}$  і  $\alpha_{34}$ . Дирекційні кути передаються по ходовій лінії, яка проходить через вершини проміжних кутів  $S_i$ .

Для ряду триангуляції умова дирекційних кутів запишеться у вигляді

$$+(2) - (5) + (8) - (11) - (14) + (17) + (20) + W\alpha = 0, \quad (2.3.8)$$

де вільний член  $W\alpha = \alpha'_{34} - \alpha_{34}$ вих, для ряду несучільних спостережень умовне рівняння буде мати вигляд

$$(2) + (4) + (6) + (8) - (11) - (14) + (17) + (20) + 2,47'' = 0, \quad (2.3.10)$$

Представимо вільні члени координатних умовних рівнянь у вигляді

$$W_x = W'x \cdot 206,265'' = -0,142 \cdot 206,265'' = 29,29'';$$

$$W_y = W'y \cdot 206,265'' = +0,170 \cdot 206,265'' = +35,06''.$$

Замітимо, що вільні члени умовних рівнянь, обчислених по попередньо врівноважених кутах

$$W'x = -0,15; \quad W'y = +0,05.$$

Із цього слідує важливий висновок про те, що урівнювання триангуляції за умови фігур підвищення точності визначення координат не дає.

Таблиця 3.

## Відомість розрахунку попередніх координат

№ п-та	№ кутів	+ лів. - пр.	Кути передачі	Дирекційні кути	Сторони	X	Y	№ п-та
1				156°16'57,66"				1
2	2	+	43°45'14,2"	20°02'11,86"	7826,618	5701539,29	8404321,15	2
5	5	-	47°07'34,5"	152°54'37,36"	7361,205	5708892,193	8407002,712	5
6	8	+	67°27'45,6"	40°22'22,96"	5437,776	5702338,547	8410354,886	6
7	(11+14)	-	99°32'46,6"	120°49'36,26"	7734,938	5706481,280	8413877,268	7
3	(17+20)	+	84°25'59,5"	25°15'35,76"		5702517,558	8420519,420	3
4				25°15'33,29"				4
				Wα = +2,47"		5702517,70	8420519,25	
						W'x = -0,142	W'y = +0,170	

Вільний член умовного рівняння дирекційних кутів, розрахований по попережному врівноважених кутах за умови фігур в триангуляції складає  $W\alpha = 3,27''$ , а в мережі несучільних спостережень триангуляції  $W\alpha$  м.с. = 0,08 і  $W'm.c. = +0,054$ , тобто попереднє врівноваження за умови фігур, як правило, зменшення величин вільних членів полігональних умовних рівнянь не забезпечує.

## Протокол №3.

## Розрахунку попередніх координат пунктів ходової лінії по програмі №2

№/п	Введення даних	Результат	Позначення	№ п/п	Введення даних	Результат	Позначення
1	БП 25 с/п			11		10354,88 6 сп	Y6
2	1539,29 с/п		X2	12	40°22'22, 96" с/п		α67
3	4321,15 с/п		Y2	13	5437,776 с/п		S67
4	20°02'11, 86"		X25	14		6481,280 с/п	X7
5	7826,618 с/п		S25	15		13877,26 8 с/п	Y7
6		8892,193 с/п	X5	16	120°49'3 6,26" с/п		α73
7		7002,712 с/п	Y5	17	7734,938 с/п		S73
8	152°54'3 7,36" с/п		α56	18			X3
9	7361,205 с/п		S56	19		2517,558 с/п	Y3
10		2338,847 с/п	X6	20		20519,42 с/п	

## Умови координат виникають в нашій мережі між вихідними пунктами 2 і 3.

Для наміченої ходової лінії координатні умовні рівняння (абсцис і ординат) будуть мати наступний вигляд

$$\varphi_x = X_2 + S_{25} \cos \alpha_{56} + S_{56} \cos \alpha_{56} + S_{67} \cos \alpha_{67} + S_{73} \cos \alpha_{73} \quad (2.3.11)$$

$$\varphi_y = Y_2 + S_{25} \sin \alpha_{25} + S_{56} \sin \alpha_{56} + S_{67} \sin \alpha_{67} + S_{73} \sin \alpha_{73} \quad (2.3.12)$$

В рівняннях (2.3.11) і (2.3.12) сторони і дирекційні кути визначають від вихідної сторони S12 і вихідного дирекційного кута α12 послідовно, тобто

$$S_{25} = S_{12} \frac{\sin 3}{\sin 1}; \quad \alpha_{25} = \alpha_{25} + \angle 2, \quad (2.3.12)$$

$$S_{56} = S_{12} \frac{\sin 3 \sin 6}{\sin 1 \sin 4}; \quad \alpha_{56} = \alpha_{21} + \angle 2 \pm 180 - \angle 5, \quad (2.3.13)$$

$$S_{67} = S_{12} \frac{\sin 3 \sin 6 \sin 9}{\sin 1 \sin 4 \sin 7}; \quad \alpha_{67} = \alpha_{21} + \angle 2 \pm 180 - \angle 5 \pm 180 + \angle 8, \quad (2.3.14)$$

$$S_{73} = S_{12} \frac{\sin 3 \sin 6 \sin 9 \sin 12 \sin 15}{\sin 1 \sin 4 \sin 7 \sin 10 \sin 13}; \quad \alpha_{73} = \alpha_{21} + \angle 2 \pm 180 - \angle 5 \pm 180 + \angle 8 \pm 180 - \angle (11+15)$$

Представим рівняння (2.3.11) і (2.3.12) через поправки (β1) в кути β1 в лінійній формі

$$\sum \left( \frac{dp}{dA_1} \right)_0 (A_1) + \sum \left( \frac{dp}{dB_1} \right)_0 (B_1) + \sum \left( \frac{dp}{dC_1} \right)_0 (C_1) + W_x = 0 \quad (2.3.15)$$

$$\sum \left( \frac{d\varphi_y}{dA_1} \right)_0 (A_1) + \sum \left( \frac{d\varphi_y}{dB_1} \right)_0 (B_1) + \sum \left( \frac{d\varphi_y}{dC_1} \right)_0 (C_1) + W_x = 0 \quad (2.3.16)$$

В рівняннях (2.3.15) і (2.4.16) вільними членами  $W_x$  і  $W_y$  є приблизні значення шуканих функцій (2.3.11) і (2.3.12), вираховані по вимірним значенням кутів А' В' С'і (і = 1,2,3,4,5) з використанням виразів (2.3.12) і (2.3.15).

Візьмемо повний диференціал по в рівняннях (2.3.11) і (2.3.15)

$$d\varphi_x = dS_{25} \cos \alpha_{25} - S_{25} \sin \alpha_{25} \frac{d\alpha_{25}}{p} + dS_{56} \cos \alpha_{56} - S_{56} \sin \alpha_{56} \frac{d\alpha_{56}}{p} +$$

$$dS_{67} \cos \alpha_{67} - S_{67} \sin \alpha_{67} \frac{d\alpha_{67}}{p} + dS_{73} \cos \alpha_{73} - S_{73} \sin \alpha_{73} \frac{d\alpha_{73}}{p} \quad (2.3.17)$$

$$) \quad d\varphi_x = dS_{25} \sin \alpha_{25} - S_{25} \cos \alpha_{25} \frac{d\alpha_{25}}{p} + dS_{56} \sin \alpha_{56} - S_{56} \cos \alpha_{56} \frac{d\alpha_{56}}{p} +$$

$$dS_{67} \sin \alpha_{67} - S_{67} \cos \alpha_{67} \frac{d\alpha_{67}}{p} + dS_{73} \sin \alpha_{73} - S_{73} \cos \alpha_{73} \frac{d\alpha_{73}}{p} \quad (2.3.18)$$

Розглянемо диференціал  $dS_{25}$

$$dS_{25} = S_{12} \left[ \frac{\cos 3 d3}{\sin 1 p} - \frac{\sin 3}{\sin^2 1} \cos 1 \frac{d1}{p} \right]$$

Помножимо праву частину на  $\frac{\sin 3}{\sin 1}$

$$dS_{25} = S_{12} \frac{\sin 3}{\sin 1} \operatorname{ctg} 3 \frac{d3}{p} - S_{12} \frac{\sin 3}{\sin 1} \operatorname{ctg} 1 \frac{d1}{p}$$

або

$$dS_{25} = S_{25} \operatorname{ctg} 3 \frac{d3}{p} - S_{25} \operatorname{ctg} 1 \frac{d1}{p} \quad (2.3.19)$$

$$\text{Диференціал буде } dS_{25} = d2 \quad (2.3.20)$$

Розглядаючи по аналогії кожен елемент рівнянь (2.3.17) і (2.3.18) і підставляючи всі диференціали в ці рівняння з врахуванням виразів

$$S \cos \alpha_i = \Delta X_i ; S \sin \alpha_i = \Delta Y_i \quad (2.3.21)$$

отримаємо

$$dS_{56} = \Delta X_{56} \operatorname{ctg} 3 \frac{d3}{p} + \Delta X_{56} \operatorname{ctg} 6 \frac{d6}{p} - \Delta X_{56} \operatorname{ctg} 1 \frac{d1}{p} - \Delta X_{56} \operatorname{ctg} 4 \frac{d4}{p} \quad (2.3.22)$$

$$dS_{67} = \Delta X_{67} \operatorname{ctg} 3 \frac{d3}{p} + \Delta X_{67} \operatorname{ctg} 6 \frac{d6}{p} + \Delta X_{67} \operatorname{ctg} 9 \frac{d9}{p} - \Delta X_{67} \operatorname{ctg} 1 \frac{d1}{p} - \Delta X_{67} \operatorname{ctg} 4 \frac{d4}{p} - \Delta X_{67} \operatorname{ctg} 7 \frac{d7}{p}, \quad (2.3.23)$$

$$dS_{73} = \Delta X_{73} \operatorname{ctg} 3 \frac{d3}{p} + \Delta X_{73} \operatorname{ctg} 6 \frac{d6}{p} + \Delta X_{73} \operatorname{ctg} 9 \frac{d9}{p} + \Delta X_{73} \operatorname{ctg} 12 \frac{d12}{p} + \Delta X_{73} \operatorname{ctg} 15 \frac{d15}{p} - \Delta X_{73} \operatorname{ctg} 1 \frac{d1}{p} - \Delta X_{73} \operatorname{ctg} 4 \frac{d4}{p} - \Delta X_{73} \operatorname{ctg} 7 \frac{d7}{p} - \Delta X_{73} \operatorname{ctg} 10 \frac{d10}{p} - \Delta X_{73} \operatorname{ctg} 13 \frac{d13}{p} .$$

Проводячи аналогічні викладки для ряду з n пунктів , в загальному вигляді умовні рівняння координат будуть:

$$\frac{\sum (X_n - X_i)_{MM} \operatorname{ctg} A_i(A_i)''}{\rho''} - \frac{\sum (X_n - X_i)_{MM} \operatorname{ctg} B_i(B_i)''}{\rho''} - \frac{\sum (Y_n - Y_i)_{MM} (\pm C_i)}{\rho''} + W_{XMM} = 0 \quad (2.3.24)$$

$$\frac{\sum (Y_n - Y_i)_{MM} (\pm C_i)}{\rho''} + W_{XMM} = 0$$

$$\frac{\sum (Y_n - Y_i)_{MM} \operatorname{ctg} A_i(A_i)''}{\rho''} - \frac{\sum (Y_n - Y_i)_{MM} \operatorname{ctg} B_i(B_i)''}{\rho''} - \frac{\sum (X_n - X_i)_{MM} (\pm C_i)}{\rho''} + W_{YMM} = 0 \quad (2.3.25)$$

$$\frac{\sum (X_n - X_i)_{MM} (\pm C_i)}{\rho''} + W_{YMM} = 0$$

або

$$\frac{\sum (X_n - X_i)_{MM} \operatorname{ctg} A_i(A_i)''}{206,265} - \frac{\sum (X_n - X_i)_{MM} \operatorname{ctg} B_i(B_i)''}{206,265} - \frac{\sum (Y_n - Y_i)_{MM} (\pm C_i)}{206,265} + W_{XMM} = 0 \quad (2.3.26)$$

$$\frac{\sum (Y_n - Y_i)_{MM} (\pm C_i)}{206,265} + W_{XMM} = 0$$

$$\frac{\sum (Y_n - Y_i)_{MM} \operatorname{ctg} A_i(A_i)''}{206,265} - \frac{\sum (Y_n - Y_i)_{MM} \operatorname{ctg} B_i(B_i)''}{206,265} - \frac{\sum (X_n - X_i)_{MM} (\pm C_i)}{206,265} + W_{YMM} = 0 \quad (2.3.27)$$

$$\frac{\sum (X_n - X_i)_{MM} (\pm C_i)}{206,265} + W_{YMM} = 0$$

і розділивши рівняння на 1000 , одержимо:

$$\sum (X_n - X_i)_{KM} \operatorname{ctg} A_i(A_i) - \sum (X_n - X_i)_{KM} \operatorname{ctg} B_i(B_i) - \sum (Y_n - Y_i)_{KM} (C_i) + 206.265 W_{Xm} = 0 \quad (2.3.28)$$

$$\sum(Y_n - Y_i)_{KM} \text{ctg} A_i(A_i) - \sum(Y_n - Y_i)_{KM} \text{ctg} B_i(B_i) + \sum(X_n - X_i)_{KM}(C_i) + 206.265 W_{Ym} = 0 \quad (2.3.29)$$

$$\text{де } W_{Xm} = X_n - X_i \quad W_{Ym} = Y_n - Y_i \quad (2.3.30)$$

Коефіцієнти координатних умовних рівнянь вираховуються по розробленій втором програмі №3.

#### Розрахунок коефіцієнтів в координатних умовних рівнянь

ФПРГ	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	Cx	XП2	XП3	C/П	XПа	C/П	XПв	C/П	XПс	C/П
10	XПd	5	XП4	2	XП0	C/П	→K0	Ftg	F1/X	KXП4
20	FLO	15	ПХа	ПХс	-	XП9	ПХ7	X	C/П	FX <sup>2</sup>
30	ПХ2	+	XП2	ПХ9	ПХ6	X	/-/	C/П	FX <sup>2</sup>	ПХ2
40	+	XП2	ПХв	ПХ	-	XП1	/-/	C/П	FX <sup>2</sup>	ПХ2
50	+	XП2	ПХ1	ПХ7	X	C/П	FX <sup>2</sup>	ПХ3	+	XП3
60	ПХ1	ПХ6	X	/-/	C/П	FX <sup>2</sup>	ПХ3	+	XП3	ПХ9
70	C/П	FX <sup>2</sup>	ПХ3	+	ПХ3	БП	07	ПХ2	C/П	ПХ3
80	C/П	F	АВТ							

Примітка 1. Для правих по ходу кутів знак коефіцієнта при поправці в проміжний кут (Ci) міняти на протилежний.

2. В кінці розрахунку БП76 C/П і одержим [a<sub>x</sub>a<sub>x</sub>] c/n [a<sub>y</sub>a<sub>y</sub>]

#### Протокол №4

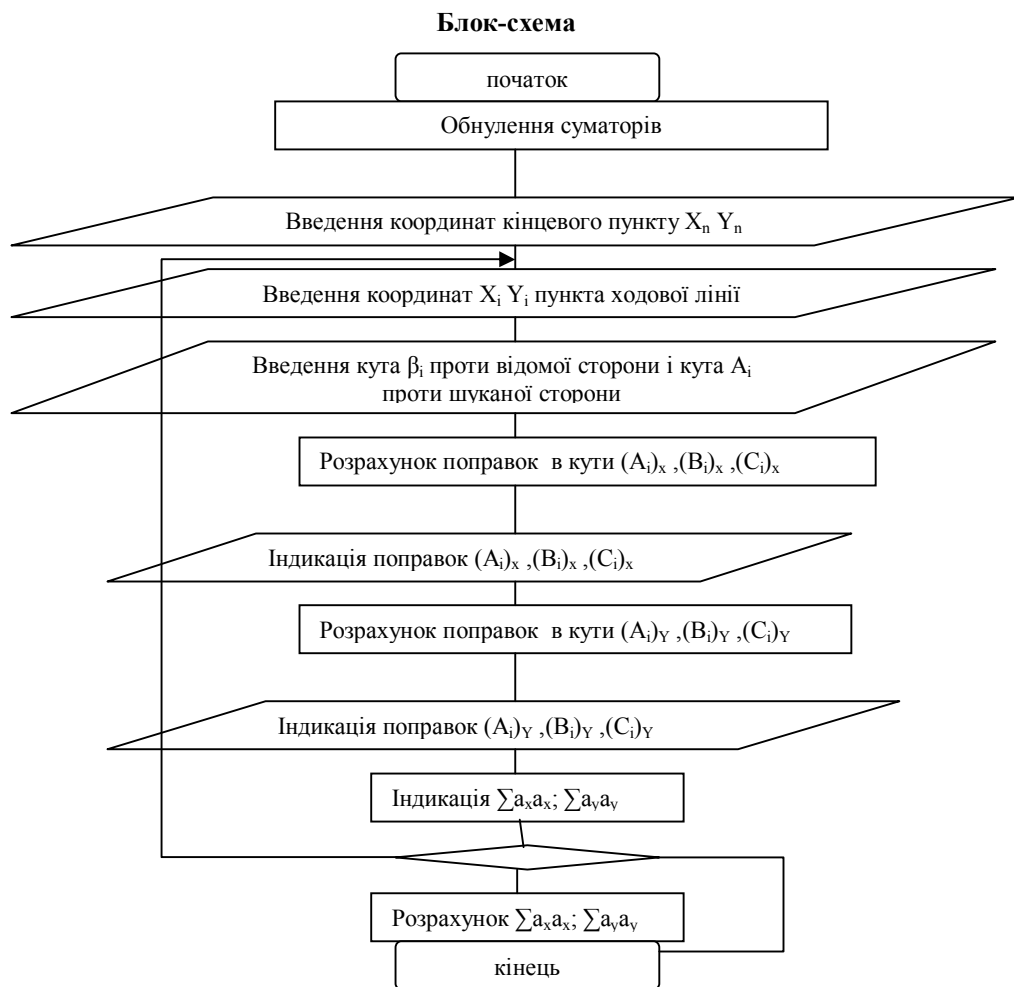
#### Розрахунок коефіцієнтів в координатних умовних рівнянь.

№п п	Введення даних	Результат	Позначення	№п п	Введення даних	Результат	Позначення
1	2	3	4	1	2	3	4
1	В/О c/п			29		-0.069 c/п	(B <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>
2	2,518c/п		X <sub>3(KM)</sub>	30		-10.164 c/п	(C <sub>3</sub> ) <sub>x</sub>
3	20,519c/п		Y <sub>3(KM)</sub>	31		10.679 c/п	(A <sub>3</sub> ) <sub>y</sub>
4	1,539		X <sub>2(KM)</sub>	32		-3.911 c/п	(B <sub>3</sub> ) <sub>y</sub>
5	4,321	2:	Y <sub>2(KM)</sub>	33		0.180 c/п	(C <sub>3</sub> ) <sub>y</sub>
6	72 12 08,3 c/п		B <sub>13H</sub>	34	6.481 c/п		X <sub>7</sub>
7	64 02 37,5 c/п		A <sub>13H</sub>	35	13.877 c/п	2:	Y <sub>7</sub>

8		0,477 c/п	(A <sub>1</sub> ) <sub>x</sub>	36	54 13 34 .7		B <sub>4</sub>
9		-0,314 c/п	(B <sub>1</sub> ) <sub>x</sub>	37	68 07 33.8		A <sub>4</sub>
10		-16,198 c/п	(C <sub>1</sub> ) <sub>x</sub>	38		-1.591 c/п	(A <sub>4</sub> ) <sub>x</sub>
11		7,885 c/п	(A <sub>1</sub> ) <sub>y</sub>	39		2.855 c/п	(B <sub>4</sub> ) <sub>x</sub>
12		-5,200 c/п	(B <sub>1</sub> ) <sub>y</sub>	40		-6.642 c/п	(C <sub>4</sub> ) <sub>x</sub>
13		0,979 c/п	(C <sub>1</sub> ) <sub>y</sub>	41		2.666 c/п	(A <sub>4</sub> ) <sub>y</sub>
14	8,892 c/п		X <sub>5</sub>	42		-4.786 c/п	(B <sub>4</sub> ) <sub>y</sub>
15	7,003 c/п	2:	Y <sub>5</sub>	43		-3.963 c/п	(C <sub>4</sub> ) <sub>y</sub>
16	70 27 22,0 c/п		B <sub>2</sub>	44	6.481 c/п		X <sub>7</sub>
17	62 25 03,5 c/п		A <sub>2</sub>	45	13.877 c/п	2:	Y <sub>7</sub>
18		-3,333 c/п	(A <sub>2</sub> ) <sub>x</sub>	46	53 13 01.1 c/п		B <sub>5</sub>
19		2,263 c/п	(B <sub>2</sub> ) <sub>x</sub>	47	84 53 03.7 c/п		A <sub>5</sub>
20		-13,516 c/п	(C <sub>2</sub> ) <sub>x</sub>	48		-0.355 c/п	(A <sub>5</sub> ) <sub>x</sub>

#### Продовження протоколу №4

1	2	3	4	1	2	3	4
21		7,061c/п	(A <sub>2</sub> ) <sub>y</sub>	49		2,963 c/п	(B <sub>5</sub> ) <sub>x</sub>
22		-4,798 c/п	(B <sub>2</sub> ) <sub>y</sub>	50		-6,642 c/п	(C <sub>5</sub> ) <sub>x</sub>
23		-6,374 c/п	(C <sub>2</sub> ) <sub>y</sub>	51		0,595 c/п	(A <sub>5</sub> ) <sub>y</sub>
24	2,338 c/п		X <sub>6</sub>	52		-4,966 c/п	(B <sub>5</sub> ) <sub>y</sub>
25	10,355 c/п	2:	Y <sub>6</sub>	53		-3,963 c/п	(C <sub>5</sub> ) <sub>y</sub>
26	68°57'10,0" c/п		B <sub>3</sub>	54	БП 76 c/п		
27	43°35'04,4" c/п		A <sub>3</sub>	55		672,759 c/п	[a <sub>x</sub> a <sub>x</sub> ]
28		0,189 c/п	(A <sub>2</sub> ) <sub>x</sub>	56		403,775 c/п	[a <sub>y</sub> a <sub>y</sub> ]



Умовне рівняння абсис  

$$-1,589(2)+0,079(3)-1,126(4)-1,685(6)-0,026(7)-1,017(8)+0,379(11)-0,444912)+0,332(13)+0,700(14)-2,93=0 \quad (2.3.31)$$

Умовне рівняння ординат  

$$0,150(2)+0,84193)-1,117(40+0,069(6)-1,433(7)-1,031(8)+0,874(11)+0,744(12)-0,557(13)+0,334(14)+3,51=0 \quad (2.3.32)$$

У координатах умовного рівняння x коефіцієнтів і вільні члени зменшені в 10 раз.

Вагові функції дирекційних кутів і зв'язуючої слабою сторони ряду  

$$F_{\alpha 78}=(2)+(4)+(6)+(8)-(11) \quad (2.3.33)$$

$$F_{S78}=0,321(2)+0,808(3)-0,355(4)+0,522(6)-1,436(7)-1,051(8)+0,720(11)+1,121(12) \quad (2.3.34)$$

Вагові функції координат слабого пункту ряду  

$$F_{X8}=(X_8-X_2)_{KM} \operatorname{ctg} 3(3)-(X_8-X_2)_{KM} \operatorname{ctg} 1(1)-(Y_8-Y_2)_{KM}(2)+(X_8-X_5)_{KM} \operatorname{ctg} 6(6)-(X_8-X_5)_{KM} \operatorname{ctg} 4(4)+(Y_8-Y_5)_{KM}(5)+(X_8-X_6)_{KM} \operatorname{ctg} 9(9)-(X_8-X_6)_{KM} \operatorname{ctg} 7(7)-(Y_8-Y_6)_{KM}(8)+(X_8-X_7)_{KM} \operatorname{ctg} 12(12)-(X_8-X_7)_{KM} \operatorname{ctg} 10(10)-(Y_8-Y_2)_{KM}(11) \quad (2.3.35)$$

$$F_{Y8}=(Y_8-Y_2)_{KM} \operatorname{ctg} 3(3)-(Y_8-Y_2)_{KM} \operatorname{ctg} 1(1)+(X_8-X_2)_{KM}(2)+(Y_8-Y_5)_{KM} \operatorname{ctg} 6(6)-(Y_8-Y_5)_{KM} \operatorname{ctg} 4(4)-(X_8-X_5)_{KM}(5)+(Y_8-Y_6)_{KM} \operatorname{ctg} 9(9)-(Y_8-Y_6)_{KM} \operatorname{ctg} 7(7)+(X_8-X_6)_{KM}(8)+(Y_8-Y_7)_{KM} \operatorname{ctg} 12(12)-(Y_8-Y_7)_{KM} \operatorname{ctg} 10(10)-(X_8-X_2)_{KM}(11) \quad (2.3.36)$$

Для ряду суцільних спостережень триангуляції в числовому вираженні вагові функції мають вигляд

$$F_{X8}=0,320(1)-11,403(2)-0,485(3)+2,964(4)+8,721(5)-4,362(6)+0,691(7)-5,369(8)-1,887(9)+4,279(10)+1,847(11)-2,384(12) \quad (2.3.37)$$

$$F_{Y8}=-3,660(1)-0,997(2)+5,551(3)-3,096(4)+8,350(5)+4,556(6)-2,006(7)-1,796(8)+5,641(9)-1,331(10)+5,939(11)+0,742(12) \quad (2.3.38)$$

По перетвореним коефіцієнтам для двохгрантового зрівноваження  

$$F_{X8}=4,176(1)-7,547(2)+3,371(3)+0,523(4)+6,280(5)-6,803(6)+2,879(7)-3,181(8)+0,302(9)+3,032(10)+0,600(11)-3,632(12) \quad (2.3.39)$$

$$F_{Y8}=-3,958(1)-1,295(2)+5,253(3)+4,325(4)-2,297(5)-2,028(6)-2,659(7)-2,389(8)+5,048(9)-3,114(10)+4,155(11)-1,041(12) \quad (2.3.40)$$

Для ряду несучільних спостережень триангуляції вагові функції по перетвореним коефіцієнтам набувають вигляду

$$F_{X5}=-11.72(2)-0.80(3)-5.76(4)-13.08(6)+2.58(7)-3.48(8)-2.43(11)-6.66(12) \dots (2.3.41)$$

$$F_{Y5}=2.66(2)+9.21(3)-11.45(4)-3.79(6)-7.71(7)-.44(8)+7.27(11)+2.07(12)\dots(2.3.42)$$

Таблиця 5

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

№п/р	№кут	Триангуляція				Мережа несуцільних спостережень									
		a(α)	b(S)	c(X)	d(Y)	A(α)	B(S)	C(X)	(Y)	F <sub>α78</sub>	F <sub>S78</sub>	F <sub>X78</sub>	F <sub>Y9</sub>	V''	
	1B1	0	-0.321	-0.031	-0.05										
1	2C1	+1	0	-1.620	0.09	-1	0.32	-1.59	0.150	1	0.32	-1.1	0.3	-0.9	
	3A1	0	-0.487	0.048	0.78	0	0.81	0.08	0.841	0	0.80	-0.1	0.9	-0.6	
	4	0	-0.355	0.226	-0.48	1	-0.35	-1.13	-1.117	1	-0.3	-0.6	-1.2	0.3	
2	5	-1	0	1.352	0.63										
	6	0	0.522	-0.333	0.70	1	0.52	-1.68	0.069	1	0.52	-1.3	-0.4	-0.8	
	7	0	-0.385	-0.007	-0.38	0	-1.44	-0.03	-1.433	0	-1.4	0.26	-0.8	1.1	
3	8	+1	0	-0.998	0.02	1	-1.05	-1.02	-1.031	1	-1.1	-0.3	-0.7	0.1	
	9	0	1.051	0.019	1.05										
	10	0	-0.720	0.295	-0.48										
4	11	-1	0	0.664	0.40	-1	0.72	0.38	0.874	-1	0.72	-0.2	0.7	-0.2	
	12	0	0.401	-0.159	0.27	0	1.12	-0.78	0.744	0	1.12	-0.7	0.2	-0.6	
	13	0	-0.748	0.296	-0.50	0	-0.84	0.33	-0.557					0.5	
5	14	-1	0	0.664	0.39	-1	-0.09	0.70	0.334					0.3	
	15	0	0.090	-0.036	0.06										
	16	0	-0.036	0	0										
6	17	+1	0	0	0	1	0.04	0	0					-0.5	
	18	0	0.891	0	0	0	0.93	0	0					0.2	
	23	0	-0.429	0	0	0	-1.08	0	0					-0.2	
7	20	+1	0	0	0	1	0	0	0					-0.5	
	20+26	0	0	0	0	0	-0.65	0	0					-0.1	
	21	0	0.647	0	0										
	25	0	-3.851	0	0	0									
8	26	0	0	0	0	0	3.85	0	0					0.8	
	23+24	0	-1.734	0	0		2.12	0	0					0.4	

$$W = +2.47 \ -0.28 \ -2.93 \ +3.51$$

$$\sum VV = 5.44$$

$$\text{Середня квадратична похибка одиниці ваги } \mu = \sqrt{\frac{5.44}{4}} = 1.16$$

### 3.4. Перехід до нормальних рівнянь і їх рішень.

#### 3.4.1. Формування зовнішніх діагональних блоків розміром 4x4.

Нехай ,маємо систему з 8 умовних рівнянь .В загальному вигляді коефіцієнти нормальних рівнянь будуть мати вигляд.

Таблиця №6

Коефіцієнти нормальних рівнянь у загальному вигляді

Зовнішній діагональний блок				II		II	
1	2	3	4	5	6	7	8
[aa]	[ab]	[ac]	[ad]	[ae]	[af]	[ag]	[ah]
	[bb]	[bc]	[bd]	[be]	[bf]	[bg]	[bh]
		[cc]	[cd]	[ce]	[cf]	[cg]	[ch]

Таблиця №4

Виміряні і обчислені кути ,довжини зв'язуючих сторін ,коефіцієнти базисного умовного рівняння , поправки ,врівноважені кути і сторони

№пп	Назви вершин	№кутів	Виміряні кути і редуковані на площину	Виміряні і вираховані кути	δ <sub>зн</sub> δ <sub>чс</sub>	Попередні довжини сторін	V сек	Зрівноважені	
								Кути (сек)	сторони
	5	1B <sub>1</sub> <sup>зн</sup>		72 12 08.3	-0.3	8288.08		9.88	8288.08
1	2	2C <sub>1</sub>	43 45 14.2	43 45 14.2			-0.9	13.27	6019.783
	1	3A <sub>1</sub> <sup>чс</sup>	64 02 37.5	64 02 37.5	0.49	7826.618	-0.65	36.85	7826.587
	6	4B <sub>2</sub>	70 27 22.0	70 27 22.0	-0.3	7826.618	0.30	22.30	7826.587
2	5	5C <sub>2</sub>	47 07 34.5	47 07 34.5				35.03	6086.428
	2	6A <sub>1</sub>	62 25 03.5	62 25 03.5	0.52	7361.205	-0.83	02.67	7361.156
	7	7	68 57 10.0	68 57 10.0	-0.4	7361.205	1.12	11.12	7361.156
3	6	8	67 27 45.6	67 27 45.6			0.09	45.69	7284.992
	5	9	43 35 04.4	43 35 04.4	1.1	5437.776		03.19	5437.695
	8	10	54 13 34.7	54 13 34.7	-0.7	5437.776		35.46	5437.695
4	7	11	57 38 51.5	57 38 51.5			-0.15	51.35	5661.804
	6	12	68 07 33.8	68 07 33.8	0.4	6219.755	-0.61	33.19	6219.638
	3	13	53 13 01.1	53 13 01.1	-0.7	6219.755	0.45	01.55	6219.638
5	7	14	41 53 55.2	41 53 55.2			0.29	55.49	5186.069
	8	15	84 53 03.7	84 53 03.7	0.09	7734.938		02.96	7734.779
	9	16	87 57 53.0	87 57 53.0	-0.1	7734.938		53.29	7734.779
6	3	17	43 44 30.4	43 44 30.4			-0.48	29.92	5351.261
	7	18	48 17 36.6	48 17 36.6	0.089	5778.261	-0.19	36.79	5778.147
	10	23	66 47 06.3	66 47 06.3	-0.43	5778.261	-0.22	06.08	5778.147
	3	20	40 41 29.1	40 41 29.1			-0.48	28.62	
7	3	20+26	56 06 20.1	56 06 20.1			-0.14	19.96	5218.790
	9	21	57 06 33.6	57 06 33.6	0.65	5279.522		33.96	5279.426
	4	25	14 33 24.4	14 33 24.4	-3.8	5279.522		23.15	5279.426
8	3	26	15 24 51.0	15 24 51.0			0.81	51.81	5583.272
	10	23+24	50 01 44.6	50 01 44.6	-1.7	10493.566	0.44	45.04	10493.58

$$10793.58$$

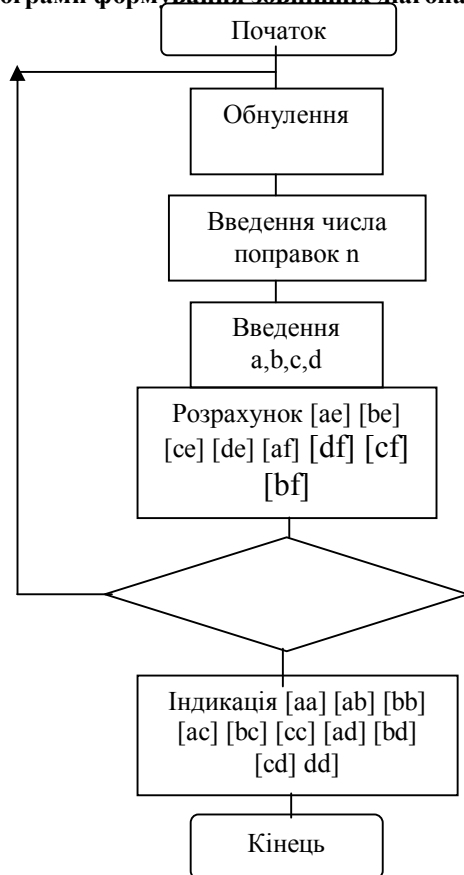
$$W_s = -0.014м.$$

$$W_s = 0,28''$$

$$W_s = 0,003$$

Продовження таблиці №6							
1	2	3	4	5	6	7	8
			[dd]	[de]	[df]	[dg]	[fh]
				[ee]	[ef]	[eg]	[eh]
					[ff]	[fg]	[fh]
						[gg]	[gh]
							[hh]
1				1			

Блок-схема програми формування зовнішніх діагональних блоків



Розрахунок зовнішніх діагональних блоків матриці коефіцієнтів нормальних рівнянь і вагових функцій. Програма №4

$$A_{4 \times n} \cdot A_{n \times 4}^T = N_{4 \times 4}$$

Фпрг	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
00	Cx	XП2	XП4	XП5	XП7	XП8	XП9	XПв	XПс	XПd
10	XПе	C/П	XП0	C/П	XП1	FX <sup>2</sup>	ПХ2	+	XП2	C/П

продовження програми №4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
20	XП3	FX <sup>2</sup>	ПХ4	+	XП4	ПХ1	ПХ3	X	ПХ5	+
30	XП5	C/П	XП6	FX <sup>2</sup>	ПХ7	+	XП7	ПХ1	ПХ6	X
40	ПХ8	+	XП8	ПХ3	ПХ6	X	ПХ9	+	XП9	C/П
50	XПа	FX <sup>2</sup>	ПХв	+	XПа	ПХа	ПХ1	X	ПХс	+
60	XПс	ПХ3	ПХа	X	ПХd	+	XПd	ПХ6	ПХа	X
70	ПХе	+	XПе	FLO	13	ПХ2	C/П	ПХ5	C/П	ПХ4
80	C/П	ПХ8	C/П	ПХ9	C/П	ПХ7	C/П	ПХс	C/П	ПХd
90	C/П	ПХе	C/П	ПХв	C/П	БП	00	F	АВТ	

Примітка 1. Для двох стовбців із двох рівнянь програму слід відкорегувати наступним чином : БП 31 ФПРГ БП 73 FАВТ.

2. Для одного рівняння БП 19 ФПРГ БП 73.

3. Для одного рівняння БП 49 ФПРГ БП 73 FАВТ

4. Після вводу коефіцієнтів певної кількості строчок натиском клавіш БП 75 C/П виводяться коефіцієнти нормальних рівнянь із даних строчок .Натиском клавіш БП 13 C/П переходять до набіру інших коефіцієнтів.

Таблиця №7.

Коефіцієнти нормальних рівнянь перших чотирьох трикутників для визначення коефіцієнтів вагових функцій

	$f_{a78}^{-1}$	$f_{s78}$	$F_{x8}$	$F_{y8}$
$f_a$	5	-1.283	-5.796	-2.803
$f_s$		6.096	-0.045	5.765
$f_x$			8.014	2.056
$f_y$				6.416

Розрахунок коефіцієнтів нормальних рівнянь Протокол №5

№п/п	Введення даних	Результат	Позначення	№п/п	Введення даних	Результат	Позначення
1	2	3	4	1	2	3	4
1	В/О с/п			35	БП 75с/п		
2	17 с/п		n	36		5с/п	[aa]`
3-5	1с/п0,321с/п-1,589с/п		a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> c <sub>1</sub>	37		-1.283 с/п	[ab]`

6-8	0,15с/п0с/п 0,808с/п		d <sub>1</sub> a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	38		6.096 с/п	[bb]`
9-10	0,079с/п0,8 41с/п		c <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	39		-5.796 с/п	[ac]`
11-12	1с/п- 0,355с/п		a <sub>3</sub> b <sub>3</sub>	40		-0.045 с/п	[dc]`
13-14	-1,126с/п- 1,117с/п		c <sub>3</sub> d <sub>3</sub>	41		8.014 с/п	[cc]`
15-17-19	1с/п0,522с/ п-1,685с/п		a <sub>4</sub> b <sub>4</sub> c <sub>4</sub>	42		-2.803 с/п	[ad]`
18-19	0,069с/п 0 с/п		d <sub>4</sub> a <sub>5</sub>	43		5.765 с/п	[bd]`
20-21	-1,436с/п- 0,026с/п		b <sub>5</sub> c <sub>5</sub>	44		2.056с/п	[cd]`

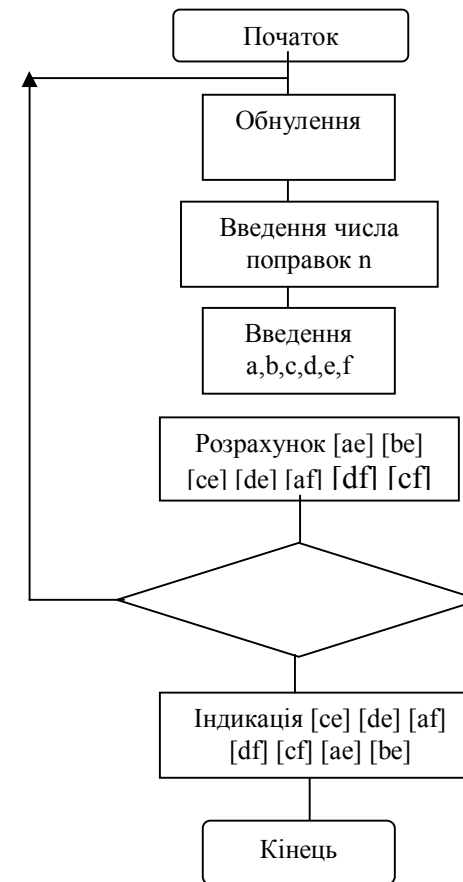
Таблиця №8.

Коефіцієнти нормальних рівнянь

	A]	B]	C]	D]	=W
[A	8	-1.157	-6.496	-3.137	-2.47
[B		28.555	-0.386	6.202	0.28
[C			8.614	2.105	2.93
[D				6.838	-3.51
K	-0.483500	0.209484	0.228147	-0.995351	

Рішення нормальних рівнянь виконується в автоматичному режимі по програмі №6 [8-с.79] дещо вдосконаленою автором.

Блок-схема програми



Продовження протоколу №5

1	2	3	4	1	2	3	4
22.23	-1.433с/п-1с/п		d <sub>5</sub> a <sub>6</sub>	45		6.416 с/п	[dd]`
24.25	-1.051с/п-1,017с/п		d <sub>6</sub> c <sub>6</sub>	46	БП 13 с/п		
26.27	-1.031с/п-1с/п		d <sub>6</sub> a <sub>7</sub>	47	0 с/п		a <sub>9</sub>
28.29	0.720с/п+0.379с/п		b <sub>7</sub> c <sub>7</sub>	48	-0.838 с/п		b <sub>9</sub>
30.31	0.874с/п0с/п		d <sub>7</sub> a <sub>7</sub>	49	0.322 с/п		c <sub>9</sub>
32.33	1.121с/п-0.444с/п		b <sub>8</sub> c <sub>8</sub>	50	-0.557 с/п		d <sub>9</sub>
34	0.744с/п		d <sub>8</sub>				

Програма №5.

Розрахунок внутрішніх блоків розміром 4x2 коефіцієнтів нормальних рівнянь і вагових функцій

$$A_{4 \times 4} \cdot B_{4 \times 2} = C_{4 \times 2} \dots \dots \dots (3.4.2)$$

Фпрг	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	5	XП4	8	XП0	Cx	KXП4	FLO	04	04	C/
10	C/П	XП1	C/П	XП2	C/П	XП3	C/П	XП4	C/П	XП5
20	X	ПХ9	+	XП9	C/П	XПe	ПХ4	X	ПХd	+
30	XПd	ПХe	ПХ3	X	ПХC	+	XПC	ПХe	ПХ2	X
40	ПХв	+	XПв	ПХ1	ПХe	X	ПХа	+	Xпа	ПХ3
50	ПХ5	X	ПХ8	+	XП8	ПХ2	ПХ5	X	ПХ7	+
60	XП7	ПХ1	ПХ5	X	ПХ6	+	XП6	FLO	10	ПХ6
70	5	XП4	8	XП0	KXП4	C/П	FLO	74	БП	00

Після натиску клавіш В/О С/П вводиться число поправок і послідовно по рядам коефіцієнти a,v,c,d,e,g.Після вводу останнього коефіцієнта на екрані дисплея висвічуються через натиск клавіші С/П коефіцієнти [ae],[be],[ce],[de],[af],[bf],[cf],[df]/



Програма №6

Рішення системи нормальних рівнянь  $n \leq 4$

Гпрг	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	ХП4	1	4	ХП2	ПХ0	ХП1	С/П	ПХ4	:	КХП2
10	FL1	06	1	4	ХП3	ПХ0	ХП1	FL1	23	КПХ3
20	С/П	БП	19	Сх	КХП2	FL1	24	КХП2	ПХ0	ПХ2
30	+	ХП1	ХП2	ПХ3	-	FX=0	42	С/П	ПП	84
40	БП	28	КПХ0	ПХ0	ХП3	С/П	КПХ2	-	ХП3	С/П
50	КПХ2	-	ПХ4	:	КХП1	FL3	49	ПХ1	ПХ0	+
60	ХП3	1	4	ХП1	ХП2	КПХ1	/-	ПП	84	ПХ3
70	+	ХП3	ПХ1	-	FX=0	65	ПХ0	ХП1	КПХ3	КХП2
80	FL1	78	БП	12	ПХ0		В	КПХ3	Х	КПХ1
90	+	КХП2	F0	FL0	86	F0	ХП0	В/О	ПХС	С/П
100	ПХВ	С/П	ПХа	С/П						

Протокол №6

Рішення нормальних рівнянь.

№п/п	Введення даних	Результат	Позначення	№п/п	Введення даних	Результат	Позначення
1	4ХП0		n	14	8,614 с/п		с3
2	8В/О С/П		a1	15	2,105 с/п		d3
3	-1,157с/п		b1	16	2,93 с/п		-W3
4	-6,796 с/п		c1	17	-3,137 с/п		d1
5	-3,137 с/п		d1	18	6,202 с/п		d2
6	-2,47 с/п		-W1	19	2,105 с/п		d3
7	-1,157 с/п		b1	20	6,838 с/п		d4
8	28,555 с/п		b2	21	-3,51 с/п		-W5
9	-0,386 с/п		c2	22		-0,483500	K1
10	6,202 с/п		d2	23		0,209484	K2
11	0,28 с/п		-W2	24		0,228147	K3
12	-6,496 с/п		c1	25		-0,995351	K4
13	-0,386 с/п		c2	26			

Обчислення поправок в кути. Програма №7

Гпрг	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	Сх	ХПе	С/П	ХП0	ХПd	0	С/П	КХП0	ПХ0	1
10	-	FX=0	06	ПХd	ХП0	КПХ0	С/П	Х	Пхе	+
20	ХПе	ПХ0	1	-	FX=0	15	ПХе	С/П	СхСх	ХПе
30	БП	13	F	АВТ						

Протокол №7

Контроль рішення нормальних рівнянь і розрахунок поправок в кути

№п/п	Введення даних	Результат	Позначення	№п/п	Введення даних	Результат	Позначення
1	2	3	4	1	2	3	4
1	В/О С/П			17	-6,496 с/п		[AC]
2	5 с/п		N+1	18	-0,386 с/п		[BC]
3	-0,483500 с/п		K <sub>1</sub>	19	8,614 с/п		[CC]
4	0,209484 с/п		K <sub>2</sub>	20	2,105 с/п		[CD]
5	0,228147 с/п		K <sub>3</sub>	21		2,93 с/п	-W <sub>3</sub>
6	-0,995351 с/п		K <sub>4</sub>	22	-3,137 с/п		[AD]
7	8 с/п		[AA]	23	6,202 с/п		[BD]
8	-1,157 с/п		[AB]	24	2,105 с/п		[CD]
9	-6,496 с/п		[AC]	25	6,838 с/п		[DD]
10	-3,137 с/п		[AD]	26		-3,51 с/п	W <sub>4</sub>
11		-2,47 с/п	-W <sub>1</sub>	27	1 с/п		A <sub>1</sub>

Продовження протоколу №7

1	2	3	4	1	2	3	4
12	-1,157с/п		[AB]	28	0,321 с/п		B <sub>1</sub>
13	28,555 с/п		[BB]	29	-1,589 с/п		C <sub>1</sub>
14	-0,386 с/п		[BC]	30	0,150 с/п		D <sub>1</sub>
15	6,202 с/п		[BD]	31		-0,93 с/п	V <sub>C1</sub>
16		0,28 с/п	-W <sub>2</sub>				

Програма №8

Рішення нормальних рівнянь і вагових функцій способом квадратних коренів

Гпрг	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	-	/-	ХП5	ПХ3
30	1	-	FX=0	40	ПХ5	F√	ХП3	С/П	БП	11
40	ПХ5	ПХ3	:	С/П	БП	11	F	АВТ		

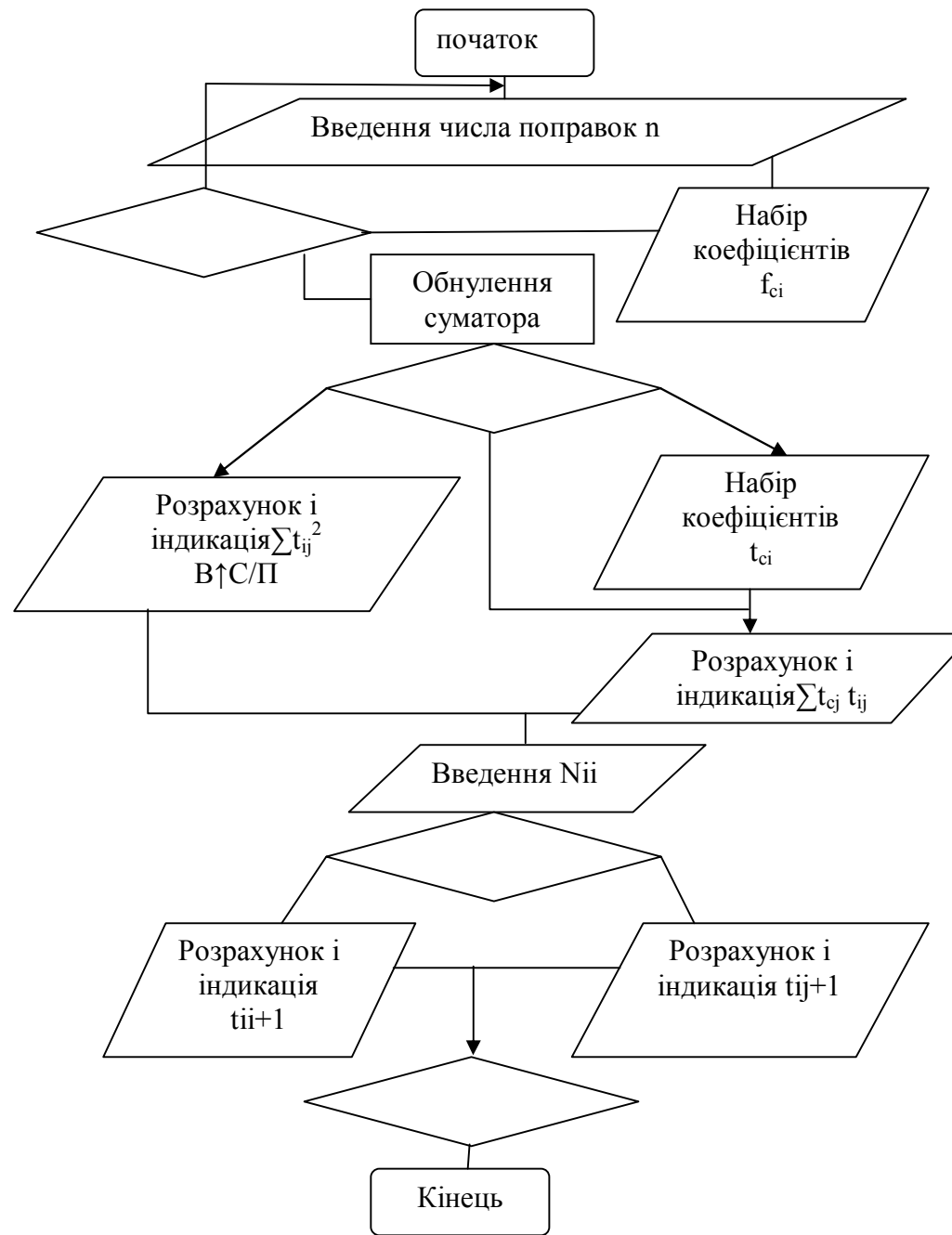
Примітка 1. Для розрахунку корелат слід відкорегувати програму :БП, 00, F ПРГ, С/П, F АВТ.

2. Для розрахунку поправок в кути програму корегують БП, 26, F ПРГ, БП1, F АВТ.

3. При числі нормальних рівнянь більшим дев'яти ,необхідно рішення проводити по частинам.

Розрахунок вагових функцій і рішення нормальних рівнянь раціонально виконувати способом краков'яків або квадратних коренів Холецького. При цьому матрицю коефіцієнтів						
N11	N12	N13	N14	F15	L11	S11
	N22	N23	N24	F25	L22	S22
		N33	N34	F35	L33	S33
			N44	F45	L44	S44
				F55	L44	S55
Представимо у вигляді						
$t_{11}=(N_{11})^{1/2}$	$t_{12}=N_{12}/t_{11}$	$t_{13}=N_{13}/t_{11}$	$t_{14}=N_{14}/t_{11}$	$f_{15}=F_{15}/t_{11}$	$l_{11}=L_{11}/t_{11}$	$s_{11}=S_{11}/t_{11}$
	$t_{22}=(N_{22}-t_{12}^2)^{1/2}$	$t_{23}=(N_{23}-t_{12}t_{13})/t_{22}$	$t_{24}=(N_{24}-t_{12}t_{14})/t_{22}$	$f_{22}=(F_{25}-t_{12}f_{15})/t_{22}$	$l_{22}=(L_{22}-t_{12}l_{11})/t_{22}$	$s_{22}=(S_{22}-t_{12}s_{11})/t_{22}$
		$(N_{33}-t_{13}^2-t_{23}^2)^{1/2}$	$(N_{44}-t_{14}^2-t_{24}^2-t_{34}^2)^{1/2}$	$f_{35}=(F_{35}-t_{13}f_{15}-t_{23}f_{25})/t_{33}$	$l_{35}=(L_{35}-t_{13}l_{11}-t_{23}l_{22})/t_{33}$	$s_{35}=(S_{35}-t_{13}s_{11}-t_{23}s_{22})/t_{33}$
				$(F_{42}-t_{14}f_{15}-t_{24}f_{25}-t_{34}f_{35})/t_{44}$	$(L_{44}-t_{14}l_{11}-t_{24}l_{22}-t_{34}l_{35})/t_{44}$	$(S_{44}-t_{14}s_{11}-t_{24}s_{22}-t_{34}s_{35})/t_{44}$
				$(1/P)_1^{1/2}=(f_{55}-f_{15}^2-f_{25}^2-f_{35}^2-f_{45}^2)^{1/2}$		
				$K_j=(1/t_{ii})[\sum(t_{ij}K_j)-l_j]$		
			Корелати розраховуємо по формулі			

## Блок-схема програми



**Протокол №8**  
**розрахунок коефіцієнтів при рішенні нормальних рівнянь методом**  
**квадратних коренів**

№пп	Введення даних	Результат	Позначення	№пп	Введення даних	Результат	Позначення
1	В/О С/П	:5		1	В/О С/П	:5	
2	1		n	2	2		n
3	0		t <sub>00</sub>	3	-2.297		t <sub>13</sub>
4	В↑с/п		t <sub>00</sub> <sup>2</sup>	4	-0.249		t <sub>12</sub>
5	8		N <sub>11</sub>	5	В↑с/п		t <sub>13</sub> <sup>2</sup>
6		2.8284	t <sub>11</sub>	6	В↑с/п		t <sub>23</sub> <sup>2</sup>
7	0		t <sub>00</sub>	7	8.614		N <sub>33</sub>
8	-1.107		N <sub>12</sub>	8	1.768	1.810	t <sub>33</sub>
9		-0.409	t <sub>12</sub>	9			f <sub>a1</sub>
10	0		t <sub>00</sub>	10	-0.105		f <sub>a2</sub>
11	-6.496		N <sub>13</sub>	11	-5.796		F <sub>a3</sub>
12		-2.2965	t <sub>13</sub>	12		-0.973	f <sub>a3</sub>
13	0		t <sub>00</sub>	13			
14	-3.137		N <sub>14</sub>	14			
15		-1.1091	t <sub>14</sub>	15			
16							
1	В/О С/П	:5		1	В/О С/П	:5	
2	1	5.328	n	2	3		n
3	-0.409		t <sub>12</sub>	3	-1.109		t <sub>14</sub>
4	В↑с/п		t <sub>12</sub> <sup>2</sup>	4	1.039		t <sub>24</sub>
5	28.555		N <sub>22</sub>	5	-0.095		t <sub>34</sub>
6			t <sub>22</sub>	6	В↑с/п		t <sub>14</sub> <sup>2</sup>
7	-2.297		t <sub>13</sub>	7	В↑с/п		t <sub>24</sub> <sup>2</sup>
8	-0.386		N <sub>13</sub>	8	В↑с/п		t <sub>34</sub> <sup>2</sup>
9		-0.249	t <sub>23</sub>	9	6.838		N <sub>44</sub>
10	-1.109		t <sub>14</sub>	10		2.106	t <sub>44</sub>
11	6.202		N <sub>14</sub>	11	1.768		f <sub>a1</sub>
12		1.079	t <sub>24</sub>	12	-0.105		f <sub>a2</sub>
13	1.768		f <sub>1a</sub>	13	-0.973		f <sub>a3</sub>
14	-1.283		F <sub>2a</sub>	14	-2.803		F <sub>a4</sub>
15		-0.105	f <sub>2a</sub>	15		-0.390	f <sub>a4</sub>
16							

**Рішення нормальних рівнянь методом квадратних коренів. Таблиця №9**

	A]	B]	C]	D]	F <sub>a78</sub>	F <sub>S78</sub>	W=L
[A	8	-1.157	-6.496	-3.137	5	-1.283	2.47
[B		28.555	-0.386	6.202	-1.283	6.069	-0.28
[C			8.614	2.105	-5.796	-0.045	-2.93
[D				6.838	-2.803	5.765	3.51
K	-0.4835	0.2095	0.2281	-0.9554	5	6.096	
t <sub>1i</sub>	2.828	-0.409	-2.297	-1.109	1.768	-0.454	0.873
t <sub>2i</sub>		5.328	-0.249	1.079	-0.105	1.109	0.014
t <sub>3i</sub>			1.810	-0.095	-0.973	-0.451	-0.509
t <sub>4i</sub>				2.106	-0.390	1.910	2.096
K	-0.4835	0.2096	0.2284	-0.9954	$\sqrt{\frac{1}{P_a}} = 0.874$	$\sqrt{\frac{1}{P_a}} = 0.899$	

**Протокол №9. Розрахунок корелат по програмі №8**

№пп	Введення даних	Результат	Позначення	№пп	Введення даних	Результат	Позначення
1	В/О С/П	:5	n	8	0.509		-l <sub>34</sub>
2	3		t <sub>14</sub>	9		0.228418	K <sub>3</sub>
3	-1.109		t <sub>24</sub>	1	В/О С/П	:5	
4	1.079		t <sub>34</sub>	2	5.328		t <sub>22</sub>
5	-0.095		t <sub>14</sub> <sup>2</sup>	3	2		n
6	В↑с/п		t <sub>24</sub> <sup>2</sup>	4	0.228418		K <sub>3</sub>
7	В↑с/п		t <sub>34</sub> <sup>2</sup>	5	-0.99545		K <sub>4</sub>
8	В↑с/п		N <sub>44</sub>	6	-0.249		t <sub>23</sub>
9	6.38		t <sub>44</sub>	7	1.079		t <sub>24</sub>
10		2.106	n	8	-0.014		-l <sub>24</sub>
11	0.873		l <sub>14</sub>	9		0.209549	K <sub>2</sub>
12	0.014		l <sub>24</sub>	1	В/О С/П	:5	
13	-0.509		l <sub>34</sub>	2	2.828		t <sub>11</sub>
14	-3.51		L <sub>44</sub>	3	3		n
15		2.097337	l <sub>44</sub>	4	0.209642		K <sub>2</sub>
16	ПХЗ	0.995455	-K <sub>4</sub>	5	0.228418		K <sub>3</sub>
1	БП00 F ПРГ			6	-0.995455		K <sub>4</sub>
2	С/П F АТВ			7	-0.409		t <sub>12</sub>
3	В/О С/П			8	-2.297		t <sub>13</sub>
4	1.810		t <sub>33</sub>	9	-1.109		t <sub>14</sub>
5	1		n	10	-0.873		l <sub>14</sub>
6	-0.99545		K <sub>4</sub>	11		-0.48321	K <sub>1</sub>
7	-0.026		t <sub>34</sub>				

Для оцінки точності не будемо зменшувати в 10 раз коефіцієнти координатних умовних рівнянь і вагових функцій

Знаходження значень  $1/P_F$  Таблиця №10

№тр	№кута	A	B	C	D	F <sub>a78</sub>	F <sub>S78</sub>	F <sub>x78</sub>	F <sub>y78</sub>	w	s	контроль
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	1											
1	2	1	0.321	-15.8	1.50	1	0.321	-11.7	2.66			
	3	0	0.808	0.79	8.41	0	0.808	-0.80	-11.45			
	4	1	-0.35	-11.2	-11.2	1	-0.35	-5.76	-11.45			
2	5											
	6	1	0.522	-16.8	0.69	1	0.522	-13.0	-3.79			
	7	0	-1.44	-0.26	-14.3	0	-1.43	2.58	-7.71			
3	8	1	-1.05	-10.2	-10.3	1	-1.05	-3.48	-7.44			
	9											
	10											
4	11	-1	0.720	3.79	8.74	-1	0.720	-2.43	7.27			
	12	0	1.11	-4.44	7.44	0	1.121	-6.66	2.07			
	13	0	-0.84	3.32	-5.57							
5	14	-1	-0.09	7.00	3.34							
	15											
	16											
6	17	1	0.036	0	0							
	18	0	0.927	0	0							
	23	0	-1.076	0	0							
7	20	1	0	0	0							
	20+26	0	-0.65	0	0							
	21											
	25											
8	26	0	3.85	0	0							
	23+24	0	2.12	0	0							
	8		-1.16	-64.9	-31.3	5	-1.28	-31.6	-27.2	2.47	142	
			28.55	-3.85	62.0	-1.28	6.096	-18.4	36.82	-0.2	108.	

			861.4	210.5	-57.9	-0.45	525.9	253.82	-2.9	1721		
				683.7	-28.0	57.64	-40.8	472.8	-3.5	1390		
			-0.41	∑ff	5	6.069	411.290	409.3				
			-22.9	-11.0	1.768	-0.45	-11.17	-9.64	0.87	-50		-50.276

продовження таблиці №10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			5.328	-2.487	10.788	-0.105	1.109	-4.321	0.179	0.014	-16.498	-16.498
				18.104	-0.960	-0.973	-0.448	14.279	2.629	0.948	33.579	33.579
					21.059	-0.390	1.911	-4.962	14.331	0.662	32.609	32.609
					0.0314	0.874	0.899	3.564	8.114			

$$\sqrt{\frac{1}{P_\alpha}} \quad \sqrt{\frac{1}{P_s}} \quad \sqrt{\frac{1}{P_x}} \quad \sqrt{\frac{1}{P_y}}$$

Таким чином для розробленої теорії згущення опорних мереж методом несущільних спостережень триангуляції:

-СКП дирекційного кута  $m_{\alpha_{76}} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{F_\alpha}}} = 1,16 \cdot 0,84 = 1,01''$

-СКП сторони  $m_{S_{76}} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_s}} = 1,16 \cdot 0,899 = 1,041$   
 $m_{S_{78}} = 1,04(6219,637/206265) = 0,031\text{м}$

-СКП координат  $m_{x_8} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_x}} = 1,16 \cdot 3,564 = 4,134$   
 $m_{x_8} = 4,136/206,265 = 0,046\text{м}$

$$m_{y_8} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_y}} = 1,16 \cdot 8,114 = 9,412$$

i  $m_{y_8} = 9,412/206,265 = 0,046\text{м.}$

$$M_{XY} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = 0,050\text{м.}$$

Дамо порівняльний аналіз традиційного метода триангуляції .Дані взяті на основі таблиці №11.

Середня квадратична похибка дирекційного кута  $m_{\alpha_{78}}$

$$m_{\alpha 76} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{\alpha}}} = 1,2 \cdot 0,672 = 0,81''$$

Середня квадратична похибка сторони  $m_{S78}$

$$m_{\alpha 76} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_S}} = 1,2 \cdot 0,676 = 0,81''$$

$$m_{S78} = 0,81(6219,637/206265) = 0,024\text{м.}$$

Середня квадратична похибка координат

$$m_{X8} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_X}} = 1,2 \cdot 3,837 = 4,604$$

$$m_{X8} = 4,604/206,265 = 0,023\text{м}$$

$$m_{Y8} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_Y}} = 1,2 \cdot 10,472 = 12,57$$

$$m_{Y8} = 12,57/206,265 = 0,061\text{м.}$$

$$M_{XY} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = 0,065\text{м}$$

Знаходження значень  $1/P_{\Gamma}$  мережі триангуляції.

Таблиця №11

№ тр	№ кут а	A	B	$\alpha$ C	S D	X E	Y G	$F_{\alpha 78}$	$F_{S78}$	$F_{X8}$	$F_{Y8}$	w	s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	1	0	0	-0,333	-0,376	5,03	-3,30	-0,333	-0,376	4,176	-3,958		
1	2	0	0	0,667	-0,055	-10,86	0,667	-0,055	-0,055	-7,547	-1,295		
	3	0	0	-0,333	0,432	5,82	-0,333	0,432	0,432	3,371	5,253		
	4	0	0	0,333	-0,411	-1,89	-7,68	0,333	-0,411	0,523	4,325		
2	5	0	0	-0,667	-0,056	9,37	3,49	-0,667	-0,056	6,280	-2,297		
	6	0	0	0,333	0,467	-7,48	4,18	0,333	0,467	-6,803	-2,028		
	7	0	0	-0,333	-0,607	3,22	-6,12	-0,333	-0,607	2,879	-2,659		
3	8	0	0	0,667	-0,222	-6,69	-2,10	0,667	-0,222	-3,181	-2,389		
	9	0	0	-0,333	0,829	3,48	8,21	-0,333	0,829	0,302	5,048		

	10	0	0	0,333	-0,614	0,22	-5,39	0,333	-0,614	3,032	-3,114		
4	11	0	0	-0,667	0,106	4,01	3,35	-0,667	0,106	0,600	4,155		
	12	0	0	0,333	0,507	-4,22	2,05	0,333	0,507	-3,632	-1,041		
	13	0	0	-0,333	-0,529	-0,12	-4,83						
5	14	0	0	0,667	0,219	3,56	4,08						
	15	0	0	0,333	0,309	-3,44	0,74						
	16	0	0	-0,333	-0,321	0	0						
6	17	0	0	0,667	-0,285	0	0						
	18	0	0	-0,333	0,606	0	0						
	19	-0,50	0,931	-0,250	-1,058	0	0						
7	20	-0,50	-0,70	-0,750	0,564	0	0						
	21	-0,50	0,619	-0,250	0,264	0	0						
	22	-0,50	-0,85	-0,250	0,26								
	23	-0,50	-0,02	0	0								
8	24	-0,50	-0,02	0	0								

Продовження таблиці №11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	25	0,500	-2,908	0	0								
	26	0,500	2,939	0	0								
		-2	-2,843	-0,500	-0,811	0	0	0	0	0	0	1,057	1,097
			19,559	-0,700	-1,437	0	0	0	0	0	0	-15,566	30,145
				4,750	-0,267	34,487	-14,823	2,667	-0,328	-17,608	-5,542	-0,521	-67,359
					5,005	-1,675	27,829	-0,328	2,471	-7,873	9,386	-0,943	33,243
						450,126	87,708	-30,927	-1,455	281,329	55,557	-0,950	805,266
							323,146	-10,74	24,151	-23,744	83,829	6,479	503,835
							$\Sigma$ ff	2,667	2,471	212,996	139,336		
		1,414	-2,010	-0,354	-0,573	0	0	0	0	0	0	0,747	-0,776
			3,939	-0,358	-0,657	0	0	0	0	0	0	4,332	7,256
				-2,120	-0,332	-16,264	-6990	1,258	-0,155	-8,304	-2,614	0,610	-30,670
					2,033	-3,479	12,544	0,044	1,190	-5,228	4,189	2,174	13,466
						13,172	1,341	-0,783	0,012	9,724	2,096	1,255	26,818
							10,730	-0,135	0,757	-2,726	0,950	-1,697	7,882

$\sqrt{1/P_n} =$						0,672	0,676	3,837	10,472	1,057	

.....Продовження протоколу №10

### 3.5 Розрахунок врівноважених сторін і координат .Оцінка точності

Розрахунок врівноважених сторін і координат виконується по програмі №1

Протокол №10

#### Розрахунок врівноважених сторін.

№/п	Введення даних	Результат	Позначення	№ п/п	Введення даних	Результат	Позначення
1	в/о с/п			22			∠13
2	8288,08 с/п		S12	23	53°13'01,55" с/п		δзн
3	72°12'09,88" с/п		B1	24	41°53'55,49" с/п		∠15
4	43°45'13,278" с/п		C1	25			δ5чис
5		6019,783	S15	26	84°53'02,96" с/п		S73
6	64°02'36,85" с/п		A1	27		7734,779 с/п	∠16
7		7826,587 с/п	S25	28	87°57'53,29" с/п		δбзн
8	70°27'22,39" с/п		B2	29	43°44'29,92" с/п		∠18
9	47°07'35,03" с/п		C2	30		5351,261	δбчис
10		6086,482	S26	31	48°17'36,79" с/п		S20
11	62°25'02,67" с/п		A2	32		5778,147 с/п	∠23
12		7361,156 с/п	S56	33	66°47'06,08" с/п		δ7зн
13	68°57'11,12" с/п		∠7	34	57°06'19,56" с/п		∠21
14	67°27'45,69" с/п		∠8	35		5218,790	δ7чис

1	2	3	4	1	2	3	4
16	43°35'03,19" с/п		∠9	37		5279,426	
17		5437,695 с/п	S <sub>67</sub>	38	14°33'23,15" с/п		∠25
18	54°13'35,46" с/п		∠10	39	15°24'51,81" с/п		∠26
19	57°38'51,35" с/п		∠11	40		5583,272 с/п	S <sub>410</sub>
20		5661,804	S <sub>68</sub>	41	150°01'45,04" с/п		
21	68°07'33,19" с/п		∠12	42		10493,577	S <sub>3-4</sub>

10493.58     W'ₛ=-3мм

Протокол №11

#### Розрахунок зрівноважених координат пунктів ряду несучільних спостережень

№пп	Введення даних	результат	позначення	№пп	Введення даних	результат	позначення
1	2	3	4	1	2	3	4
1	БП 20 С/П			39		706521,80	X <sub>10</sub>
2	701539,29		X <sub>2</sub>	40		423960,12	Y <sub>10</sub>
3	404321,15		Y <sub>2</sub>	41		40,673636	α <sub>3-10</sub>
4	336°16'57,66" с/п		α <sub>21</sub>	42	56°06'19,56" с/п		-∠(20+26)
5	43°45'13,27" с/п		C <sub>1</sub>	43	5778,146		
6	7826,586		S <sub>25</sub>	44		708087,53	X <sub>9</sub>
7		708892,18	X <sub>5</sub>	45		418981,73	Y <sub>9</sub>
8		407002,67	Y <sub>5</sub>	46		-15,43190	α <sub>39</sub>
9		20,03636°	α <sub>25</sub>	47	306+ХП3	344,56809	
10	62°25'02,67" с/п		A <sub>2</sub>	48	43°44'29,92" с/п	5218,790	-∠17
11	6086,428		S <sub>26</sub>	49	7734,777		S <sub>37</sub>

12		702338,60	X <sub>6</sub>	50		706481,30	X <sub>7</sub>
13		410354,87	Y <sub>6</sub>	51		413877,22	Y <sub>7</sub>
14		82,45377°	α <sub>26</sub>	52		300,82645°	α <sub>37</sub>
15	БП 20 С/П			53	53°13'01,55" с/п		-∠13
16	702338,60		X <sub>6</sub>	54	5186,068		S <sub>68</sub>
17	410354,87		Y <sub>6</sub>	55		700542,23	X <sub>8</sub>
18	ПХ 180- к <sub>0</sub> ←с/п	70°27'22,30" с/п	α <sub>62</sub>	56		415724,17	Y <sub>8</sub>
19	7361,156		S <sub>56</sub>	57		247,60936	α <sub>38</sub>
20		708892,18	X <sub>5</sub>	58	БП 20 С/П		
21		407002,67	Y <sub>5</sub>	59	712007,96		X <sub>4</sub>
22		-332,90995°	α <sub>56</sub>	60	424997,00		Y <sub>4</sub>
23	67°27'45,69" с/п		∠18	61	205°15'33,29" с/п		α <sub>43</sub>
24	5437,696		S	62	14°33'23,15" с/п		-∠25

Продовження протоколу №11

1	2	3	4		1	2	3	4
25		706481,30	X <sub>7</sub>		63		706521,83	S <sub>4-10</sub>
26		41,3877,17	Y <sub>7</sub>		64		42396,11	X <sub>10</sub>
27		40,37264°	α <sub>67</sub>		65		190,70282°	Y <sub>10</sub>
28	68°07'33,19" с/п		∠12		66			α <sub>4-10</sub>
29			S <sub>68</sub>		67	БП 20 С/П		
30		700542,22	X <sub>8</sub>		68			X <sub>7</sub>
31		415724,14	Y <sub>8</sub>		69			Y <sub>7</sub>
32		108,49853°	α <sub>68</sub>		70			α <sub>67</sub>
33	БП 20				71	147°50'2		∠(11+14+18)

	С/П					3,63" с/п		
34			X <sub>3</sub>		72			S <sub>79</sub>
35			Y <sub>3</sub>		73		708087,54	X <sub>9</sub>
36	25°15'33,29" с/п		α <sub>34</sub>		74		418981,68	Y <sub>9</sub>
37	15°24'51,81" с/п		∠26		75		72,53275°	α <sub>79</sub>
38			S <sub>3-10</sub>					
∠11	57°38'51,35"							
∠14	41°53'55,49"							
∠18	48°17'36,79"							
Σ147°50'23,63"								

Розрахунок зрівноважених координат пунктів ряду триангуляції. Протокол №12

№пп	Введення даних	Результат	Позначення	№пп	Введення даних	Результат	Позначення
1	2	3	4	1	2	3	4
1	БП 20 С/П			37	25°15'33,29" с/п		α <sub>34</sub>
2			X <sub>2</sub>	38	15°24'51,60" с/п		∠(20-26)
3			Y <sub>2</sub>	39			S <sub>3-10</sub>
4	336°16'57,66" с/п		α <sub>21</sub>	40			X <sub>10</sub>
5	43°45'12,8" с/п		C <sub>1</sub>	41			Y <sub>10</sub>
6			S <sub>25</sub>	42			α <sub>3-10</sub>
7			X <sub>5</sub>	43	56°06'20,7" с/п		∠26
8			Y <sub>5</sub>	44			S <sub>39</sub>
9			α <sub>25</sub>	45			X <sub>9</sub>
10	62°25'03,7" с/п		A <sub>2</sub>	46			Y <sub>9</sub>

11			S <sub>2</sub>	47		α <sub>32</sub>
12			X <sub>6</sub>	48		α <sub>38</sub>
13			Y <sub>6</sub>	49	43°44'29,8" с/п	∠1

**Продовження протоколу №12**

1	2	3	4	1	2	3	4
14		82,45391°	α <sub>2</sub>	50	7784,84 с/п		S <sub>78</sub>
15	БП 20 С/П			51		706481,31 с/п	X <sub>7</sub>
16			X <sub>2</sub>	52		413877,15 с/п	Y <sub>7</sub>
17			Y <sub>2</sub>	53		300,82622°	α <sub>37</sub>
18			α <sub>24</sub>	54	53°13'01,9" с/п		∠13
19	70°27'23,6" с/п		B <sub>2</sub>	55	5186,14 с/п		
20	5437,76 с/п	708892,17 с/п	S <sub>56</sub>	56		700542,17 с/п	X <sub>8</sub>
21		407002,6 с/п 5	X <sub>5</sub>	57		415724,11 с/п	Y <sub>8</sub>
22		332,91046°	Y <sub>5</sub>	58		247,60903°	α <sub>38</sub>
23			α <sub>56</sub>	59	БП 20 С/П		
24	67°27'44,2" с/п		∠8	60	712007,96 с/п		X <sub>4</sub>
25			S <sub>67</sub>	61	424997,00 с/п		Y <sub>4</sub>
26		706481,31 с/п	X <sub>7</sub>	62	205°15'33,29" с/п		α <sub>43</sub>
27		413877,14 с/п	Y <sub>7</sub>	63	14°33'23,4" с/п		-∠25
28		40,37264°	α <sub>67</sub>	64	5583,26 с/п		S <sub>4-10</sub>
29	68°07'32,9" с/п		∠12	65		706521,83 с/п	X <sub>10</sub>
30	5661,86 с/п		S <sub>68</sub>	66		42396,11 с/п	Y <sub>10</sub>
31		700542,17 с/п	X <sub>8</sub>	67		190,70275°	α <sub>4-10</sub>
32		415724,11 с/п	Y <sub>8</sub>	68	46°12'15,7" с/п		∠(25+19)
33		108,49854°	α <sub>68</sub>	69	7180,08 с/п	708087,65 с/п	S <sub>49</sub>
34	БП 20 С/П			70		418981,63 с/п	X <sub>9</sub>
35	702517,70 с/п		X <sub>3</sub>	71		236,90711°	Y <sub>9</sub>
36	42019,25 с/п		Y <sub>3</sub>	72			α <sub>49</sub>

**Таблиця №12**  
**Розрахунок зрівноважених координат по ходовій лінії для ряду**  
**ненесуцільних спостережень триангуляції**

№п-та	№кутів	+лів-пр	Кути передачі	Дирекційні кути	сторони	X	Y	№п-та
1				156°16'57,66"				1
2	∠2	+	43°45'13,27"	20°02'10,93"	7826,587	5701539,29	8404321,15	2
5	∠5	-	47°07'35,03"	152°54'35,90"	736,156	5708892,176	8407002,668	5
6	∠8	+	67°27'45,69"	40°22'21,59"	5437,695	5702338,598	8410354,867	6
7	∠(11+14)	-	99°32'46,84"	120°49'34,75"	7734,779	5706481,292	8413877,169	7
3	∠(17+20)	+	84°25'58,54"	25°15'33,29"		5702517,702	8420519,214	3
4				25°15'33,29"				4
				W <sub>α</sub> =0		5702517,700	8420519,205	

W<sub>X</sub>'=2мм W<sub>Y</sub>'=-36мм

**Таблиця №13**  
**Розрахунок зрівноважених координат по ходовій лінії для ряду**  
**триангуляції**

№п-та	№кутів	+лів-пр	Кути передачі	Дирекційні кути	сторони	X	Y	№п-та
1				156°16'57,66"				1
2	2	+	43°45'12,8"	20°02'10,46"	7826,587	5701539,29	8404321,15	2
5	5	-	47°07'32,7"	152°54'37,76"	736,15	5708892,18	8407002,65	5
6	8	+	67°27'44,2"	40°22'21,96"	5437,76	5702338,58	8410354,78	6
7	11+14	-	99°32'47,5"	120°49'34,46"	7734,84	5706481,32	8413877,13	7
3	17+20	+	84°25'58,9"	25°15'33,36"		5702517,71	8420519,23	3
4				25°15'33,29"				4
				W <sub>α</sub> =+0,07		5702517,70	84205119,25	

W<sub>X</sub>'=10мм

W<sub>Y</sub>'=-20мм



Таблиця №16

Порівняльна таблиця розрахунку врівноважених координат ряду суцільних спостережень, розрахований по різним сторонам

№пп	X <sub>ис</sub>	X' <sub>с</sub>	δX (см.)	№пп	X <sub>ис</sub>	Y' <sub>с</sub>	δY (см.)
5	5708892,18	5708892,17	1	5	8407002,65	8407002,65	0
6	5702332,57	5702332,58	-1	6	8410354,79	8410354,78	1
7	5706481,31	5706481,31	0	7	8413877,14	8413877,15	-1
8	5700542,17	5700542,17	0	8	8415724,11	8415724,11	0
9	5708087,59	5708087,65	-6	9	8418981,68	8418981,63	5
10	5706521,83	5706521,83	0	10	8423960,13	8423960,11	2

Таблиця №13

Розрахунок обернених ваг вагових функцій

№пп	Введення даних	Результат	Позначення	№пп	Введення даних	Результат	Позначення
1	2	3	4	1	2	3	4
1	БП 00 F ПРГ			1	В/О С/П	:5	
2	1FABT			2	4 с/п		n
3	В/О С/П			3	-0,454 с/п		f <sub>1s</sub>
4	4с/п		n	4	1,109 с/п		f <sub>2s</sub>
5	1,768 с/п	:5	f <sub>1a</sub>	5	-0,451 с/п		f <sub>3s</sub>
6	-0,105 с/п		f <sub>2a</sub>	6	1,910 с/п		f <sub>4s</sub>
7	-0,973 с/п		f <sub>3a</sub>	7	В↑С/П		f <sub>1s</sub> <sup>2</sup>
8	-0,300 с/п		f <sub>4a</sub>	8	В↑С/П		f <sub>2s</sub> <sup>2</sup>
9	В↑С/П		f <sub>1a</sub> <sup>2</sup>	9	В↑С/П		f <sub>3s</sub> <sup>2</sup>
10	В↑С/П		f <sub>2a</sub> <sup>2</sup>	10	В↑С/П		f <sub>4s</sub> <sup>2</sup>
11	В↑С/П		f <sub>3a</sub> <sup>2</sup>	11	6,096 с/п		F <sub>ss</sub>
12	В↑С/П		f <sub>4a</sub> <sup>2</sup>	12		0,899	1/P <sub>s78</sub>
13	5 с/п		F <sub>aa</sub>				
14		0,874	1/P <sub>a78</sub>				

Таблиця №14

Порівняльна характеристика зрівноважених координат ряду суцільних і несучільних спостережень

№пп	X <sub>ис</sub>	X <sub>с</sub>	δX (см.)	№пп	Y <sub>ис</sub>	Y <sub>с</sub>	δY (см.)
5	5708892,18	5708892,18	0	5	8407002,67	8407002,65	2
6	5702338,60	5702338,58	2	6	8410354,87	8410354,78	9
7	5706481,29	5706481,32	-3	7	8413877,17	8413877,13	4
8	5700542,22	5700542,17	5	8	8415724,16	8415724,11	5
9	5708087,54	5708087,62	-8	9	8418981,70	8418981,66	4
10	5706521,81	5706521,83	-1	10	8423960,12	8423960,12	0

∑δxδx=103  
∑δyδy=142

Середня квадратична похибка координат

$m_x = \sqrt{\frac{[\delta x \delta x]}{n-1}} = \sqrt{\frac{103}{5}} = 4,5 \text{ см.}$      $m_y = \sqrt{\frac{[\delta y \delta y]}{n-1}} = \sqrt{\frac{142}{5}} = 5,3 \text{ см.}$

Середня квадратична похибка планового положення пункту

$M_{x,y} = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \sqrt{4.5^2 + 5.3^2} = 6,95 \text{ см}$

Таблиця №15

Порівняльна таблиця розрахунку зрівноважених координат ряду несучільних спостережень, розрахований по різним сторонам

№пп	X <sub>ис</sub>	X' <sub>с</sub>	δX (см.)	№пп	Y <sub>ис</sub>	Y <sub>с</sub>
6	5702338,60	5702338,60	0	8410354,87	8410354,87	0
7	5706481,30	5706481,30	0	8413877,17	8413877,22	-5
8	5700542,22	5700542,23	-1	8415724,14	8415724,17	-3
9	5708087,53	5708087,54	-1	8418981,73	8418981,68	5
10	5706521,80	5706521,83	-3	8423960,12	8423960,11	1

Дано оцінку точності зрівноважених елементів. Середня квадратична похибка одиниці ваги

$$\mu = \sqrt{\frac{[vv]}{r}} = \sqrt{\frac{5.42}{4}} = 1.16''$$

В ряді триангуляції було одержано  $\mu=1,2''$

СКП дирекційного кута

$$m_{\alpha_{78}} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{\alpha_{78}}}} = 1.16 \cdot 0.87 = 1.01''$$

В триангуляції  $m_{\alpha_{78}}=0.8''$

СКП сторони

$$m_{s_{78}} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{s_{78}}}} = 1.16 \cdot 0.90 = 1.04'' \text{ або}$$

$$m_{s_{78}} = 1.04 \frac{6219.637}{206265} = 0.031 \text{ м}$$

У триангуляції  $m_{\alpha_{78}}=0.02 \text{ м}$  і розрахунок був виконаний від другого базиса по другій функції.

Розрахуємо похибку взаємного положення пунктів 7 і 8 по формулі:

$$m_S^2 = S_{78}^2 \frac{m_{\alpha_{78}}^2}{\rho^2} + m_{s_{78}}^2 \quad (3.4.4)$$

і для ряду триангуляції

$$m_S = \sqrt{6219637^2 \frac{0.8^2}{206265^2} + 20^2} = 36 \text{ мм}$$

Для ряду несучільних спостережень

$$m_S = \sqrt{6219637^2 \frac{1.01^2}{206265^2} + 31^2} = 43 \text{ мм}$$

### 3.6 Попередній розрахунок точності.

**Величина оберненої ваги дирекційного кута для вільного ряду із 8 трикутників**

$$\sqrt{\frac{1}{P_{\alpha_{1C}}}} = \sqrt{S} = 2.83$$

Для триангуляції:

$$\sqrt{\frac{1}{P_{\alpha T}}} = \sqrt{4.75} = 2.18$$

Середня квадратична похибка визначення дирекційного кута зв'язуючої сторони для вільного ряду.

$$m_{\alpha_{1C}} = \sqrt{\frac{8}{8}} \mu \sqrt{n} = \mu \sqrt{n} \quad (3.6.1)$$

$$m_{\alpha_{1T}} = \sqrt{\frac{4.75}{8}} \mu \sqrt{n} = 0.77 \mu \sqrt{n} \quad (3.6.2)$$

Для ряду несучільних спостережень, який опирається на два вихідних дирекційних кути, величина оберненої ваги слабкої сторони буде:

$$\sqrt{\frac{1}{P_{\alpha_{1C}}}} = \sqrt{5 - 1.768^2} = 1.37$$

а ряду суцільних спостережень

$$\sqrt{\frac{1}{P_{\alpha T}}} = \sqrt{2.667 - 1.258^2} = 1.04$$

І середня квадратична похибка слабкої сторони в середині ряду

$$m_{\alpha_{1C}} = \sqrt{\frac{1.37^2}{8}} \mu \sqrt{n} = 0.48 \mu \sqrt{n} \quad (3.6.3)$$

$$m_{\alpha_{1T}} = \sqrt{\frac{1.04^2}{8}} \mu \sqrt{n} = 0.37 \mu \sqrt{n} \quad (3.6.4)$$

де  $n$ -число трикутників в ряді,

$\mu$ - середня квадратична похибка одиниці ваги.

Для вільного ряду, який складається з 8 трикутників, на основі даних таблиці 10 і 11, величина оберненої ваги зв'язуючої сторони.

$$\sqrt{\frac{1}{P_{S_{1C}}}} = \sqrt{28.555} = 5.34$$

$$\sqrt{\frac{1}{P_{S T}}} = \sqrt{5.005} = 2.24$$

Середня квадратична похибка визначення зв'язуючої сторони вільного ряду:

$$m_{S_{1C}} = \sqrt{\frac{28.555}{8}} \mu \sqrt{n} = 1.89 \mu \sqrt{n} \quad (3.6.5)$$

$$m_{\Gamma} = \sqrt{\frac{5.005}{8}} \mu \sqrt{n} = 0,79 \mu \sqrt{n} \dots\dots\dots (3.6.6)$$

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

$$\sqrt{\frac{1}{P_{Suc}}} = \sqrt{6.096 - 1.109^2} = 2.20 \sqrt{\frac{1}{P_{ST}}} = \sqrt{2,471 - 119^2} = 1,03$$

І середня квадратична похибка для ряду із n трикутників

$$m_{S_{nuc}} = \sqrt{\frac{2.2^2}{8}} \mu \sqrt{n} = 0.78 \mu \sqrt{n} \text{ (сек)} \dots\dots\dots (3.6.7)$$

$$m_{ST} = \sqrt{\frac{1,03^2}{8}} \mu \sqrt{n} = 0,36 \mu \sqrt{n} \text{ (сек)} \dots\dots\dots (3.6.5)$$

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

$$\sqrt{\frac{1}{P\alpha_{uc}}} = \sqrt{5 - 1,768^2 - 0.105^2} = 1,36$$

$$\sqrt{\frac{1}{P\alpha_{uc}}} = \sqrt{2.667 - 1,258^2 - 0.044^2} = 1,04$$

Тобто , формули справедливі (3.6.3) і (3.6.4)

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

$$m_{\alpha_{nuc}} = \sqrt{\frac{0.874^2}{8}} \mu \sqrt{n} = 0,31 \mu \sqrt{n} \dots\dots\dots (3.6.9)$$

$$m_{\alpha_{I}} = \sqrt{\frac{0.672^2}{8}} \mu \sqrt{n} = 0,24 \mu \sqrt{n} \dots\dots\dots (3.6.10)$$

$$m_{S_{nuc}} = \sqrt{\frac{0.899^2}{8}} \mu \sqrt{n} = 0,32 \mu \sqrt{n} \dots\dots\dots (3.6.11)$$

$$m_{ST} = \sqrt{\frac{0.676^2}{8}} \mu \sqrt{n} = 0,24 \mu \sqrt{n} \dots\dots\dots (3.6.12)$$

$$m_{X_{nuc}} = \sqrt{\frac{3.564^2 / 8}{206.265}} \mu \sqrt{n} = 0.006 \mu \sqrt{n} \text{ (м)} \dots\dots\dots (3.6.13)$$

$$m_{X_{IT}} = \sqrt{\frac{3.837^2 / 8}{206.265}} \mu \sqrt{n} = 0,006 \mu \sqrt{n} \text{ (м)} \dots\dots\dots (3.6.14)$$

$$m_{Y_{nuc}} = \sqrt{\frac{8.114^2 / 8}{206.265}} \mu \sqrt{n} = 0.014 \mu \sqrt{n} \text{ (м)} \dots\dots\dots (3.6.15)$$

$$m_{Y_{IT}} = \sqrt{\frac{10.472^2 / 8}{206.265}} \mu \sqrt{n} = 0.018 \mu \sqrt{n} \text{ (м)} \dots\dots\dots (3.6.16)$$

Для вільного ряду

$$m_{X_{nuc}} = \sqrt{\frac{861.432 / 8}{206.265}} \mu \sqrt{n} = 0.050 \mu \sqrt{n} \text{ (м)} \dots\dots\dots (3.6.17)$$

$$m_{X_{IT}} = \sqrt{\frac{450.126 / 8}{206.265}} \mu \sqrt{n} = 0.036 \mu \sqrt{n} \text{ (м)} \dots\dots\dots (3.6.18)$$

$$m_{Y_{nuc}} = \sqrt{\frac{683.79 / 8}{206.265}} \mu \sqrt{n} = 0.045 \mu \sqrt{n} \text{ (м)} \dots\dots\dots (3.6.19)$$

$$m_{X_{IT}} = \sqrt{\frac{323.146 / 8}{206.265}} \mu \sqrt{n} = 0.031 \mu \sqrt{n} \text{ (м)} \dots\dots\dots (3.6.20)$$

Розрахунки по даним формулам в порівнянні з розрахунками по строгим формулам дають похибку до 12% і цілком можуть бути застосовані для попереднього розрахунку точності на стадії проектування триангуляції.

Замітимо, що дані наближені формули одержані на основі дослідження однієї моделі, яка проектується на даний район робіт. І як правило, відхилення від моделі буває незначним, тому данні формули приймають як робочі на стадії проектування.

## ВИСНОВКИ

1. Автором запропонована концепція обудови і згущення мереж несучільних спостережень триангуляції, які не мають, як правило, умовних рівнянь фігур, а ряд пунктів закріплюється на конструктивних елементах капітальних споруд, таких, як шпилі соборів, антени телевізійних передаючих станцій і т.і.

2. Реалізувати дану проблему можна лише в тому випадку, коли буде доказано, що дані мережі не знижують точність елементів при надійному польовому контролі.

3. Розроблено методику польового контролю подвійним розрахунком координат пунктів і одержані формули визначення допустимого розходження координат пунктів, сторони і дирекційного кута.

4. Для переходу від мереж триангуляції до мереж несучільних спостережень запропонована і доказана теорема, яка дає можливість строго по методу найменших квадратів проводити обробку матеріалів корелатним способом.

5. На основі даної теореми знаходяться обернені ваги вагових функцій і виконується оцінка точності мереж несучільних спостережень.

Доказано, що врахування умов фігур не підвищує точності елементів мережі.

6. Дослідження проведені на основі моделі мережі, взятої із відомого практикума по вищій геодезії МПГА і К.

На основі детального дослідження мережі триангуляції і мережі несучільних спостережень доказано, що точність мереж

несучільних спостережень лежить в межах дії похибок округлень відносно точності мереж триангуляції.

8. Розроблена методика дослідження на основі програмованих мікрокалькуляторів МК-61 і МК-52.

9. Автором розроблено ряд програм, які дають можливість не тільки проводити дослідження, але і використати на топографо-геодезичному виробництві при новій камеральній обробці невеликих мереж згущення.

10. Наявність полігональних умовних рівнянь, розроблених для мережі несучільних спостережень, дає можливість згущати даними мережами пункти, які визначають методом космічної геодезії GPS.

Дані ідеї і розробки автора являються частиною кваліфікаційної роботи на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Практикум по высшей геодезии (вычислительные работы) /Н. В. Яковлев. Н.А.Беспалов. В.П.Глумов и др. :Учебное пособие для вузов. М. :Недра. 1982. 386с.

2. Б.Н.Рабинович. Практикум по высшей геодезии. Геодезиздат. М. : 1951. 304с.

3. Р.Н.Литнарвич. Создание опорных геодезических сетей несплошных наблюдений и автоматизированная система их обработки. Информационный листок №87-009. Ровенский МТ ЦНТИ. 1987, -4с.

4. Чеботарев А.С., Селиханович В.Г.,Соколов М.Н. Геодезия. Часть вторая. М.:Геодезиздат. -1962, -614с.

5. Литнарвич Р.М. Методичні вказівки по вивченню спеціального курсу "Інженерна геодезія" з використанням програмуємих мікрокалькуляторів / Лабораторні роботи, розрахунково-графічні роботи і учбова геодезична практика / м.Рівне, УПВГ, 1993р.,-44с. Шифр 076-36.

6. Літнарівич Р.М. Інженерна геодезія. Курс лекцій для студентів будівельного бакалаврату. М. Рівне, УДАВГ, - 131с. Шифр 076-58.

7. Літнарівич Р.М. Прогресивна технологія створення планової геодезичної основи. Тези доповідей Міжнародної науково-методичної конференції “Проблеми багаторівневої вищої технічної освіти”, 13-15 жовтня 1993 року. Київ. 1993.-с.238-241.

8. Дьяконов В.П. Справочник по расчетам на микрокалькуляторах. –М.Финансы и статистика, 1998,-320с. 12.01.1999р. м.Рівне.

### Список програм

1. Розрахунок сторін і координат в триангуляції .....	8
2. Розрахунок зв'язуючих сторін, коефіцієнтів умовних рівнянь сторін та координат пунктів в ходовій лінії .....	15
3. Розрахунок коефіцієнтів координатних умовних рівнянь.....	23
4. Розрахунок зовнішніх діагональних блоків матриці коефіцієнтів нормальних рівнянь і вагових функцій .....	30
5. Розрахунок внутрішніх блоків розміром 4x2 коефіцієнтів нормальних рівнянь і вагових функцій .....	31
6. Рішення системи нормальних рівнянь .....	33
7. Обчислення поправок в кути .....	33
8. Рішення нормальних і вагових функцій способом квадратних коренів .....	34

Автор :Літнарівич Руслан Миколайович-доцент, кандидат технічних наук.

Комп'ютерний набір і редагування у видавничому редакторі Word 98 for Windows98 :

Старуха Олександр Васильович,  
Поляков Сергій Сергійович

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

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

### Частина ІХ

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