

Р.М. Літнарівич

**РОЗРАХУНОК ПОПЕРЕДНІХ КООРДИНАТ ПУНКТІВ
ПРИ СТВОРЕННІ ПЛАНОВОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ОСНОВИ
МЕТОДОМ ПАРНИХ ЛАНОК ЗАСІЧОК**

При врівноваженні мереж параметричним способом необхідно визначити координати пунктів до врівноваження за результатами польових спостережень.

Попередні координати пунктів розраховують за розробленою автором програмою на програмованих мікрокалькуляторах "Електроніка" МК-52, МК-51.

Розглянемо типову фігуру методу парних ланок засічок, яка складається із двох геодезичних чотирикутників (рис.1).

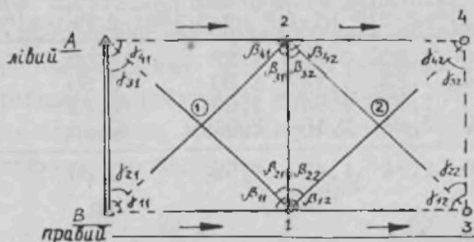


Рис.1. Типова фігура методу парних ланок засічок.

В основу програми (рис.2) покладений комбінований алгоритм розв'язання задачі Гансена і прямих кутових засічок за формулами Гаусса.

Абсиси пунктів розраховують за виразами

$$x_i = \frac{x_{\text{лів.}} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\text{лів.}} - x_{\text{прав.}} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\text{прав.}} - U_{\text{лів.}} + U_{\text{прав.}}}{\operatorname{tg} \alpha_{\text{лів.}} - \operatorname{tg} \alpha_{\text{прав.}}}, \quad (1)$$

ординати пунктів

$$y_i = U_{\text{прав.}} + (x_i - x_{\text{прав.}}) \operatorname{tg} \alpha_{\text{прав.}}, \quad (2)$$

де x_i, y_i - абсциса і ордината пункту, який визначають; $x_{\text{лів.}}, U_{\text{лів.}}$ - абсциса і ордината лівого пункту базисної сторони, а

вони визначені x_i і y_i ; $x_{\text{прав.}}$, $y_{\text{прав.}}$ - абсциса і ордината правого пункту базисної сторони; $\alpha_{\text{лів.}}$, $\alpha_{\text{прав.}}$ - дирекційні кути з лівого і правого базисних пунктів на пункт, який визначають.

Вихідними даними є виміряні кути β_i в даному геодезичному чотирикутнику і відомі координати двох пунктів.

Із розв'язку оберненої геодезичної задачі знаходять румб вихідної сторони, наприклад,

$$\text{tg}\tau_{AB} = \frac{y_A - y_B}{x_A - x_B}, \quad (3)$$

де x_A , y_A - ордината і абсциса лівого пункту базису; x_B , y_B - абсциса і ордината правого пункту базису.

Розраховують кут ω між стороною вихідного базису і стороною, утвореною пунктами, які визначають:

$$\text{tg}\omega_i = \frac{(\text{ctg}\beta_{1i} + \text{ctg}\beta_{3i}) - (\text{ctg}\beta_{2i} + \text{ctg}\beta_{4i})}{\text{ctg}\beta_{2i}\text{ctg}\beta_{3i} - \text{ctg}\beta_{1i}\text{ctg}\beta_{4i}}, \quad (4)$$

де i - номер чотирикутника.

Дирекційний кут α_{12} сторони S_{12} знаходять із виразу

$$\alpha_{12} = \alpha_{BA} + \omega_1, \quad (5)$$

а для визначення координат пункту 1, одержимо

$$\alpha_{1\text{лів.}} = \alpha_{12} + \beta_{21}, \quad (6)$$

$$\alpha_{1\text{прав.}} = \alpha_{21} - \beta_{11}. \quad (7)$$

При знаходженні координат пункту 2 дирекційні кути засічки мають вигляд

$$\alpha_{2\text{лів.}} = \alpha_{12} + \beta_{41}, \quad (8)$$

$$\alpha_{2\text{прав.}} = \alpha_{12} - \beta_{31}. \quad (9)$$

Для визначення координат пункту 3 маємо

$$\alpha_{3\text{лів.}} = \alpha_{21} + \beta_{32}, \quad (10)$$

$$\alpha_{3\text{прав.}} = \alpha_{12} - \beta_{12}, \quad (11)$$

а для пункту 4

$$\alpha_{4\text{лів.}} = \alpha_{21} + \beta_{42}, \quad (12)$$

$$\alpha_{4\text{прав.}} = \alpha_{12} - \beta_{22}. \quad (13)$$

Веручи до уваги, що $\text{tg}(180^\circ \pm \alpha) = \pm \text{tg}\alpha$ і $\text{tg}(360^\circ - \alpha) = -\text{tg}\alpha$, при розрахунку координат за формулами Гаусса перехід від румбів до дирекційних кутів не виконувався.

Програма розрахунку попередніх координат пунктів при розвитку рядів методом парних ланок засічок

	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	5	хп4	4	хп0	с/п	Ftg	F1/x	ххп4	FLO	04
10	с/п	пх7	пх8	х	пх6	пх9	х	-	хп1	пх6
20	пх8	+	пх7	пх9	+	-	пх1	:	Ftg ⁻¹	хпe
30	с/п	хп0	с/п	хп1	-	с/п	хп2	с/п	хп3	-
40	:	Ftg ⁻¹	пхе	+	хп4	пх4	пхв	-	Ftg	хп5
50	пх4	пха	-	Ftg	хп6	пп	68	хп9	хп8	хп7
60	пхd	/-/	хпв	пхс	/-/	хпа	пп	45	пх3	пх6
70	х	пх2	пх5	х	-	пх1	-	пх0	+	пх6
80	пх5	-	:	с/п	хп8	пх3	-	пх6	F1/x	:
90	пх1	+	с/п	в/о	хп0	пх9	-	с/п	пх8	пх7
100	-	с/п	:	Ftg ⁻¹	с/п					

Окрім розрахунку координат пунктів за цією програмою при необхідності визначають прирости координат між пунктами, які визначають і румб напрямку, що дає змогу одразу знайти довжину сторони і її дирекційний кут. А це і буде польовим контролем при розвитку ряду між відомими сторонами, дирекційні кути яких також відомі. При наявності ж відомих координат кінцевих пунктів, одразу визначають вільні члени координатних умовних рівнянь. У даному випадку виконують аустрічне вирахування координат. Імовірнішим значенням координат пунктів 3 і 4 при спрощеному врівноваженні буде середнє арифметичне із двох визначень. Одержана нев'язка від цього середнього розподіляється пропорційно по пунктах зовнішніх сторін по кожному напрямку від середини.

ІНСТРУКЦІЯ

1. Введення виміряних кутів у першому геодезичному трикутнику (градуси, мінути, секунди)

$\beta_{1k}, \overset{\rightarrow}{\alpha}''''$, хпа, с/п; $\beta_{2k}, \overset{\rightarrow}{\alpha}''''$, хпв, с/п; $\beta_{3k}, \overset{\rightarrow}{\alpha}''''$, хпс,

o/p: $B_{41}k, \vec{o}'''', x_{пд}, o/p, o/p.$

2. Зчитування кута ω в градусах і частках градуса.

3. Введення координат базисного пункту $Y_{лів.}$ o/p; $Y_{прав.}$

o/p; $X_{лів.}$ o/p; $X_{прав.}$ o/p.

4. Зчитування координат пунктів, які визначаються $X_{прав.}$

o/p; $Y_{прав.}$ o/p; $X_{лів.}$ o/p; $Y_{лів.}$

5. Натиск клавіш БП, 94. o/p.

6. Зчитування $\Delta y_i, \Delta x_i$ і γ_i .

7. Натиск клавіш БП, 29. o/p.

8. Ввести "нуль" у реєстр e.

9. Введення перетворених кутів другого чотирикутника

$\beta_{12}/-/, k, \vec{o}''', x_{пв}; \beta_{32} \beta_{\uparrow}, 180, +, k, \vec{o}''', x_{пв};$

$\beta_{22}, k, \vec{o}''', x_{пс}; \beta_{42} \beta_{\uparrow}, 180, +, /-/ k, \vec{o}''', x_{пд};$

10. Введення координат, визначених у попередньому рахунку $Y_{лів.}$ o/p; $Y_{прав.}$ o/p; $X_{лів.}$ o/p; $X_{прав.}$ o/p.

11. Зчитування координат пунктів, що визначають $X_{прав.}$ o/p; $Y_{прав.}$ o/p; $X_{лів.}$ o/p; $Y_{лів.}$ o/p.

12. Натиск клавіш БП, 94. o/p.

13. Зчитування $\Delta y_i, \Delta x_i$ і румба.

14. Натиск клавіш в/о, o/p і перехід до розрахунку другої типової фігури методу парних ланок засічок.

Розраховуємо нев'язку координат (рис.3)

$$f_{x_C} - 5259,56 - 5259,55 - +0,018 \text{ м};$$

$$f_{y_C} - 6602,61 - 6602,51 - +0,10 \text{ м};$$

$$f_{x_D} - 5692,04 - 5692,00 - +0,04 \text{ м};$$

$$f_{y_D} - 6709,23 - 6709,15 - +0,08 \text{ м}.$$

Абсолютна нев'язка визначення кінцевої сторони CD становить

$$f_{абс.} - 445,422 - 445,404 - -0,018 \text{ м}.$$

Нев'язка в дирекційних кутах

$$f_{\alpha} - 13^{\circ}50'56,98'' - 13^{\circ}51'09,00'' - -12,02''.$$

Зазначимо, що дирекційний кут, розрахований через кути, дорівнює $13^{\circ}50'59,57''$.

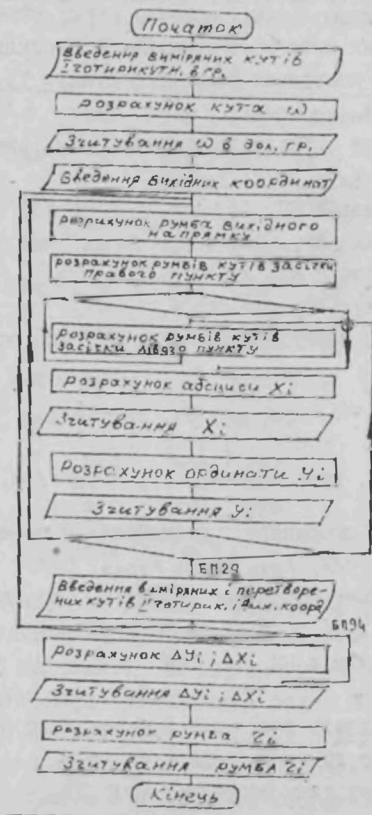


Рис. 2. Блок-схема програми.

Результати контрольного розрахунку

N	Введення даних	Результат	Позначення	N	Введення даних	Результат	Позначення
1	2	3	4	5	6	7	8
1	в/о, с/п	4		47	в/о, с/п	4	
2	111°44'57,2"		B11	48	88°30'242"		B13
3	к. 0''', хла с/п			49	х. 0''', хла, с/п		
4	36°29'56,6"		B21	49°50'10"			B22

1	2	3	4	5	6	7	8
6	к, 0''', хпв, с/п			51	к, 0''', хпв, с/п		
7	32°10'05,0"		β31	52	51°02'26,1"		β33
8	к, 0''', хпс, с/п			53	к, 0''', хпс, с/п		
9	105°10'27,8"		β41	54	86°13'29,7"		β43
10	к, 0''', хпд, с/п			55	к, 0''', хпд, с/п		
11	с/п	3,1063565°	ω1зд.гр	56	с/п	-6,30979°	ω3
12	5452,35 с/п		ΥАлів.	57	5993,562 с/п		Υ4лів.
13	5438,75 с/п		ΥВправ.	58	5932,068 с/п		Υ3прав
14	5845,07 с/п		ΧАлів.	59	5677,060 с/п		Χ4лів.
15	5325,70 с/п		ΧВправ.	60	5387,185 с/п		Χ3прав
16	5412,856 с/п		Χ1прав.	61	338,091 с/п		Χ5прав
17	5721,303 с/п		Υ1прав.	62	6322,844 с/п		Υ5прав
18	5738,895 с/п		Χ2лів.	63	5665,109 с/п		Χ6лів.
19	5747,572 с/п		Υ2прав.	64	6355,294		Υ6лів.
20	БП, 94, с/п			65	БП, 94, с/п		
21	+26,269 с/п		ΔΥ21	66	+32,451 с/п		ΔΥ65
22	+326,040 с/п		ΔΧ21	67	+327,018 с/п		ΔΥ65
23	4,6062981°		Γ12	68	5,6670573°		Γ56
24	БП, 29, с/п			69	БП, 29 с/п		
25	0 хпв			70	0 хпв		
26	92°20'17,2"/-/-		β12	71	100°00'44,0"/-/-		β14
27	к, 0''', хпв			72	к, 0''', хпв		
28	32°17'10,8"		β32	73	37°02'35,4"		β34
29	В†, 180, +			74	В†, 180, +		
30	к, 0''', хпв			75	к, 0''', хпв		
31	41°15'14,0"		β22	76	41°50'31,8"		β24

1	2	3	4	5	6	7	8
31	к, σ'''' , хлс			77	к, σ'''' , хлс		
32	$80^{\circ}29'45,2''$		β_{42}	78	$100^{\circ}01'02,6''$		β_{44}
33	$B\uparrow, 180, +, /- /$			79	$B\uparrow, 180, +, /- /$		
34	к, σ'''' , хлд			80	к, σ'''' , хлд		
35	$5747,572$ с/п		$Y_{2\text{лів.}}$	81	$6355,294$ с/п		$Y_{6\text{лів.}}$
36	$5721,303$ с/п		$Y_{1\text{прав.}}$	82	$6322,844$ с/п		$Y_{4\text{прав.}}$
37	$5738,896$ с/п		$X_{2\text{лів.}}$	83	$5665,109$ с/п		$X_{6\text{лів.}}$
38	$5412,956$ с/п		$X_{1\text{прав.}}$	84	$5338,091$ с/п		$X_{5\text{прав.}}$
39		$5387,185$ с/п	$X_{3\text{прав.}}$	85		$5259,562$ с/п	$X_{\text{справ.}}$
40		$5932,068$ с/п	$Y_{3\text{прав.}}$	86		$6602,610$ с/п	$Y_{\text{справ.}}$
41		$5677,060$ с/п	$X_{4\text{лів.}}$	87		$5692,035$ с/п	$X_{\text{Длів.}}$
42		$5993,562$	$Y_{4\text{лів.}}$	88		$6709,299$	$Y_{\text{Длів.}}$
43	БП, 94, с/п			89	БП, 94, с/п		
44		$+61,494$ с/п	ΔY_{43}	90		$+106,619$ с/п	$\Delta Y_{\text{ДС}}$
45		$+289,875$ с/п	ΔX_{43}	91		$+432,473$ с/п	$\Delta X_{\text{ДС}}$
46		$11,977053^{\circ}$	γ_{34}	92		$13,849161^{\circ}$	$\gamma_{\text{СД}}$

к, σ'''' $13^{\circ}50'56,98''$

к, σ'''' , $F_{\text{оос}}$, $432619, : , F_{1/x}$
 $445,422$ $S_{\text{СД}}$

Зустрічний розрахунок координат

1	б/о, с/п	4		24	0, хлс		
2	$100^{\circ}01'02,6''/- /$		β_{44}	25	$86^{\circ}13'29,7''/- /$		β_{43}
3	к, σ'''' , хлп, с/п			26	к, σ'''' , хлп		
4	$37^{\circ}02'35,4''$		β_{34}	27	$49^{\circ}50'12,2''$		β_{23}
5	к, σ'''' , хлв, с/п			28	$B\uparrow, 180, +$		

1	2	3	4	5	6	7	8
6	41°50'31,8"		B24	29	к, 0''', хлв		
7	к, 0''', хлв, с/п			30	51°02'26,1"		B33
8	100°00'44,0"		B14	31	к, 0''', хлв		
9	к, 0''', хлв, с/п			32	88°30'24,2"		B13
10	с/п	-8°, 1822223	ω4	33	B↑, 180, +, -/-		
11	8602,51 с/п		УСлів.	34	к, 0''', хлв		
12	8709,15 с/п		УДправ.	35	6322,759 с/п		У5лів.
13	5259,550 с/п		ХСлів.	36	6355,224 с/п		У6прав.
14	5692,00 с/п		ХДправ.	37	5338,092 с/п		Х5лів.
15	5665,096 с/п		Х6прав.	38	5665,096 с/п		Х6прав.
16	6355,224 с/п		У6прав.	39	5677,062 с/п		Х4прав.
17	5338,092 с/п		Х5лів.	40	5993,513 с/п		У4прав.
18	6322,759		У5лів.	41	5387,200 с/п		Х3лів.
19	БП, 94, с/п			42	5932,002		У3лів.
20	-32,466 с/п		ΔУ56	43	БП, 94, с/п		
21	-327,004 с/п		ΔХ56	44	-61,512 с/п		ΔУ34
22	5,669863°		Γ34	45	-289,861°		ΔХ34
23	БП, 29, с/п			46	11,981003°		Γ43

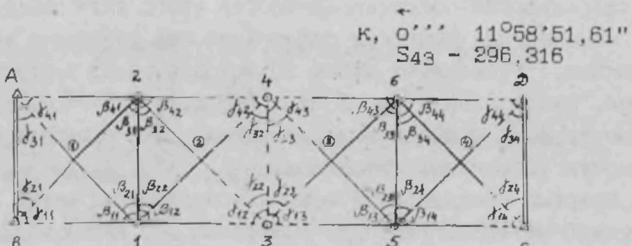


Рис. 3. Побудова ряду методом парних ланок засічок.

При розвитку мереж мікротріангуляції і тріангуляції другого розряду строгого зрівноваження не потрібно. При цьому виконують зустрічний розрахунок координат. При зустрічному розрахунку одержали

$$f_{x_3} - 5387,185 - 5387,200 - -0,015;$$

$$f_{y_3} - 5932,068 - 5932,002 - +0,066;$$

$$f_{x_4} - 5677,060 - 5677,062 - -0,002;$$

$$f_{y_4} - 5993,562 - 5993,513 - +0,049.$$

Абсолютна похибка визначення сторони становить

$$f_{\text{абс.}} - 296,326 - 296,316 - +0,010 \text{ м,}$$

а відносна $f_{\text{відн.}} - 1/30000$.

Розходження у визначенні дирекційного кута

$$f_{\alpha} - 11^{\circ}58'37,39'' - 11^{\circ}58'51,61'' - -14,22''.$$

Таким чином, дана мережа повністю задовольняє вимоги до тріангуляції другого розряду.