

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

Р.М. Літнарівч

**Проект
і дослідження тріангуляції обласного
центру для забезпечення
облікової одиниці площі**

Навчальний посібник
з курсу "Основні геодезичні роботи"
Частина II

Чернігів 2001

УДК 528.31/35:528.72

Літнарів Р.М. Проект і дослідження триангуляції обласного центру для забезпечення облікової одиниці площі. Навчальний посібник з курсу "Основні геодезичні роботи" Частина II. м. Чернігів, ЧДІЕіУ, 2001; 28с.

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

1

Канівець В. І., -д.с.г.н., професор

Зміст

Введення	3
1. Постановка проблеми дослідження. Побудова істинної моделі	3
2. Побудова і зрівноваження спотвореної моделі	12
3. Таблиці коефіцієнтів умовних і нормальних рівнянь	18
4. Порівняльний аналіз точності елементів мережі	21
5. Дослідження необхідної точності і визначення координат пунктів	25
Висновки	27
Література	27

Введення

В даній роботі вперше проектується триангуляція обласного центру з точністю визначення координат пунктів 3-5 мм для забезпечення облікової одиниці площі 1 кв. м.

На території міста проектується 9 пунктів триангуляції у вигляді центральної системи. Пункти передбачається закріплювати на дахах висотних будинків. Проектується схема мережі на топографічній карті масштабу 1:10000. Кути вимірюються транспортиром і три рази проводиться зрівноваження для побудови істинної моделі, у якій задовільняють всі умовні рівняння.

Генеруються середні квадратичні похибки 0,4", які відповідають точності вимірювання кутів у полігонометрії 1 класу і 0,7", що відповідає точності вимірювання кутів у триангуляції 1 класу.

Проводиться строге зрівноваження мережі з оцінкою точності результатів.

Дається порівняльний аналіз з елементами істинної моделі.

Центральний пункт А запроектовану на даху 14 поверхового будинку по вулиці Кіквідзе з якого добра видимість на 8 пунктів, що розташовані у різних частинах міста.

Вихідний базис АВ вимірюється з точністю 1:1000000. Довжина базисної сторони 2 900,000 • м. Координати визначені у відносній системі координат. Пункт В запроектовану на 14 поверховому будинку в пересіченні вулиць Січових стрільців і Макарова. Пункт С розташовується на даху 9 поверхового будинку по вулиці Макарова на відстані 2499,558 м. від пункту В. Пункт Д закріплюється на вулиці Золотіївській, пункт Е на даху 9 поверхового будинку по вулиці Черняка, пункт І на 9 поверховому будинку по вулиці Струтинського, пункт О на 14 поверховому будинку по вул. Данила Галицького, пункт Н на 9 поверховому будинку по вул. Студентській і пункт І - на вул. Басівкутській.

1. Постановка проблеми дослідження. Побудова істинної моделі.

На мал.1 проведена схема триангуляції міста Рівне. Геодезичним транспортиром виміряні кути запроектованих трикутників з точністю до 0,5°. При цьому необхідно, щоб сума кутів на центральному пункті центральної системи дорівнювала 360°, а сума кутів трикутників була б рівною 180°.

Для побудови моделі геодезичної мережі необхідно підібрати так значення кутів, щоб виконувалися умови фігур, горизонту і полюса. Лише в цьому випадку визначені координати пунктів можна прийняти за істинні координати, кути - за істинні значення кутів.

Виконується попереднє рішення трикутників - визначаються довжини сторін і вільний член полюсного умовного рівняння.

Рішення трикутників виконується по теоремі синусів

$$S_{BC} = S_{AB} \frac{\sin C_1}{\sin A_1} \quad (1.1)$$

$$S_{AC} = S_{AB} \frac{\sin B_1}{\sin A_1} \quad (1.2)$$

$$S_{AD} = S_{AC} \frac{\sin B_2}{\sin A_2} \quad (1.3)$$

Підставляючи (1.2) у (1.3), отримаємо

$$S_{AD} = S_{AB} \frac{\sin B_1 \sin B_2}{\sin A_1 \sin A_2} \quad (1.4)$$

Діючи по аналогії, отримаємо

$$S'_{AB} = S_{AB} \frac{\sin B_1 \sin B_2 \sin B_3 \sin B_4 \sin B_5 \cdot \sin B_6 \sin B_7 \sin B_8}{\sin A_1 \sin A_2 \sin A_3 \sin A_4 \sin A_5 \cdot \sin A_6 \sin A_7 \sin A_8} \quad (1.5)$$

де S_{AB} - довжина вимірюного базиса,

S'_{AB} - розрахована довжина базиса при передачі сторін.

Полюсне умовне рівняння при цьому буде

$$\frac{10^6}{\rho^n} \left[\begin{array}{l} ctgB_1(B_1) + ctgB_2(B_2) + ctgB_3(B_3) + ctgB_4(B_4) + ctgB_5(B_5) + ctgB_6(B_6) + \\ + ctgB_7(B_7) + ctgB_8(B_8) - ctgA_1(A_1) - ctgA_2(A_2) - ctgA_3(A_3) - ctgA_4(A_4) - \\ - ctgA_5(A_5) - ctgA_6(A_6) - ctgA_7(A_7) - ctgA_8(A_8) \end{array} \right] + W_{пол.} = 0 \quad (1.6)$$

$$\text{де } W_{пол.} = \frac{S'_{AB} - S_{AB}}{S_{AB}} * 10^6 \quad (1.7)$$

(B_i), (A_i) - невідомі поправки у виміряні відповідно кути B_i , A_i ,

ρ^n • число секунд в одному радіані.

Крім умовного рівняння полюса в даній мережі повинна задовільнятись умова горизонту, якщо вимірюються кути

$$(C_1) + (C_2) + (C_3) + (C_4) + (C_5) + (C_6) + (C_7) + (C_8) + W_r = 0, \quad (1.8)$$

де (C_i) - поправки в центральні кути C_i

$$\text{При цьому } W_r = \sum_{i=1}^8 c_i - 360^\circ \quad (1.9)$$

В даній мережі повинно задовільнятись вісім умовних рівнянь фігур

$$(A_1) + (B_1) + (C_1) + W_1 = 0 \quad (1.10)$$

$$(A_2) + (B_2) + (C_2) + W_2 = 0 \quad (1.11)$$

$$(A_3) + (B_3) + (C_3) + W_3 = 0 \quad (1.12)$$

$$(A_4) + (B_4) + (C_4) + W_4 = 0 \quad (1.13)$$

$$(A_5) + (B_5) + (C_5) + W_5 = 0 \quad (1.14)$$

$$(A_6) + (B_6) + (C_6) + W_6 = 0 \quad (1.15)$$

$$(A_7) + (B_7) + (C_7) + W_7 = 0 \quad (1.16)$$

$$(A_8) + (B_8) + (C_8) + W_8 = 0 \quad (1.17)$$

$$\text{де } W_i = A_i + B_i + C_i - 180^\circ \quad (1.18)$$

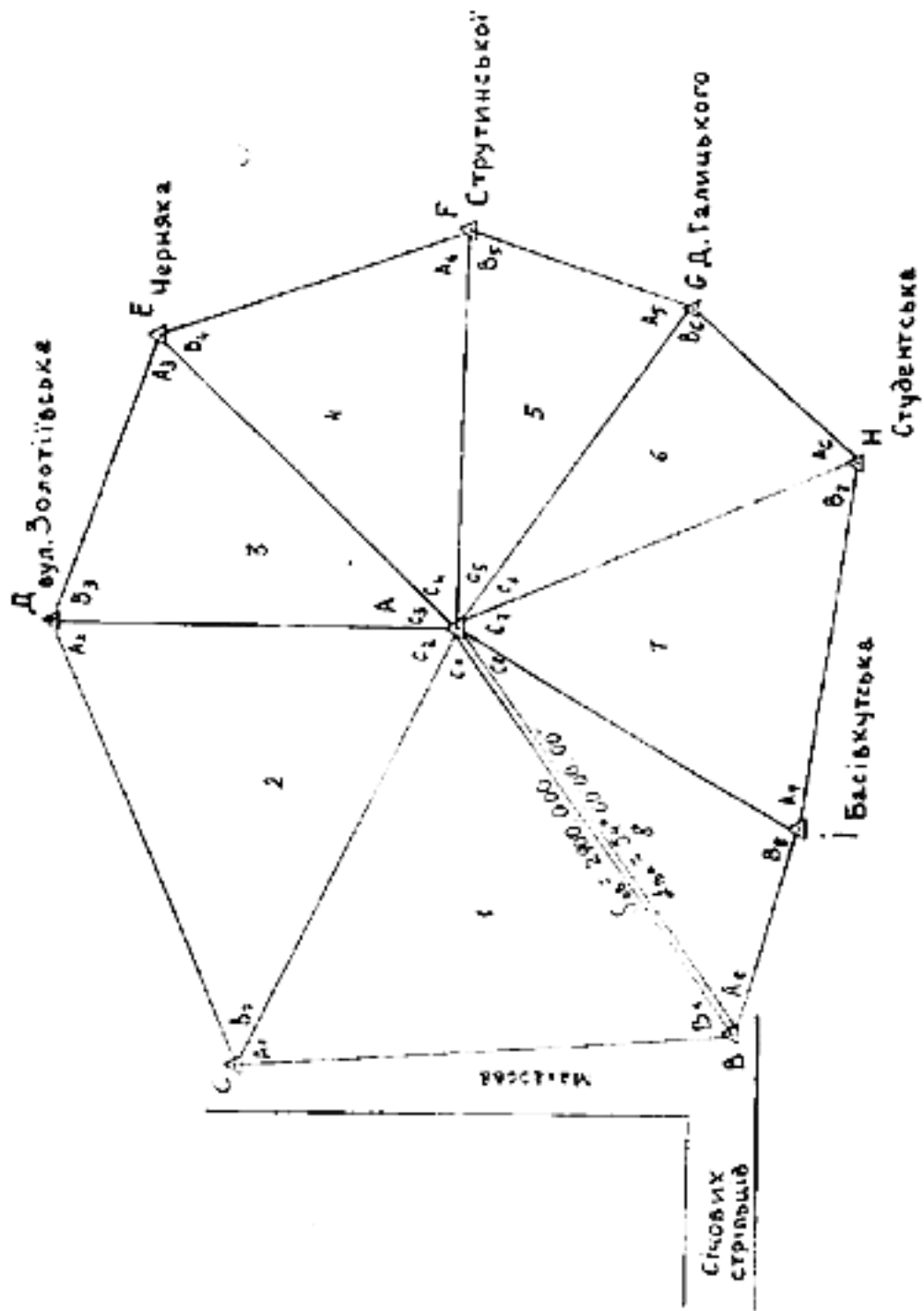


рис 1. Проект спеціальної мережі триангуляції м. Рівне

Таблиця 1. Побудова моделі мережі триангуляції

	Н аз	П к	Sin	S	V ₁	β'+V ₁	Sin	S	V ₂	Н аз
1	A ₁	63°	0,89100654	2900.00	-16'33.83"	62° 43'26.17"	0.8888 088	2900	-18.06"	62°43'08.11"
	C ₁	50°	0,76604452	2493.28		50°	0.76604452	2499.44		50° 00' 00"
	B ₁	67°	0,92050489	2996.01	16'33.83"	67° 16'33.83"	0.92237677	3009.52	+18.06"	67° 16'51.89"
	Σ	180°				180°00'00"				180°00'00"
2	A ₂	68°	0,92718389	2996.01	-16'33.83"	67°43'26.17"	0.92536816	3009.52	-18.06"	67°43'08,11"
	C ₂	75°	0,96592582	3121.20		75°	0.96592582	3141.43		75°00'00,00"
	B ₂	37°	0,60181503	1944.64	16'33.83"	37° 16'33.83"	0.60565602	1969.74	+18.06"	37°16'51,89"
	Σ	180°				180° 00'00"				180°00'00"
3	A ₃	64°	0,89879408	1944.64	-16'33.83"	63° 43'26.17"	0.89667146	1969.74	-18.06"	63°43'08,11"
	C ₃	43°	0,68199835	1475..58		43°	0.68199835	1498.16		43°00'00,00"
	B ₃	73°	0,95630478	2069.08	16'33.83"	73° 16'33.83"	0.95770237	2103.81	+18.06"	73°16'51,89"
	Σ	180°				180°00'00"				180°00'00"
4	A ₄	50°	0,76604452	2069.08	-16'33.83"	49°43'26.17"	0.76293846	2103.81	-18.06"	49°43'08,11"
	C ₄	44°	0,69465838	1876.26		44°	0.69465838	1915.53		44°00'00,00"
	B ₄	86°	0,9975641	2694.41	16'33.83"	86° 16'33.83"	0.99788862	2751.69	+18.06"	86°16'51,890,00"
	Σ	180°				180°00'00"				180°00'00"
5	A ₅	57°	0,83867061	2694.41	-16'33.83"	56°43'26.17"	0.83603666	2751.69	-18.06"	56°43'08,110,00"
	C ₅	33°	0,54463905	1749.77		33°	0.54463905	1792.60		33°00'00,00"
	B ₅	90°	1	3212.71	16'33.83"	90° 16'33.83"	0.99998843	3291.31	+18.06"	90°16'51,890,00"
	Σ	180°				180°00'00"				180°00'00"
6	A ₆	72°	0,95105655	3212.71	-16'33.83"	71°43'26 17"	0.94955657	3291.31	-18.06"	71°43'08,11"
	C ₆	27°	0,45399051	1533.60		27°	0.45399051	1573.60		27°00'00,00"
	B ₆	81°	0,98768835	3336.46	16'33.83"	81° 16'33.83"	0.98843061	3426.05	+18.06"	81°16'51,89 "
	Σ	180°				180°00'00"				180°00'000,00"
7	A ₇	99°	0,98768835	3336.46	-16'33.83"	98° 43'26.17"	0.98843061	3426.05	-18.06"	98°43'08,11"
	C ₇	32°	0,52991926	1790.09		32°	0.52991926	1836.78		32°00'00,000,00"
	B ₇	49°	0,75470957	2549.44	16'33.83"	49° 16'33.83"	0.75786185	2626.87	+18.06"	49°16'51,89"
	Σ	180°				180°00'00"				180°00'00"
8	A ₈	57°	0,83867061	2549.44	-16'33.83"	56° 43'26.17"	0.83603666	2626.87	-18.06"	56°43'08,11"
	C ₈	56°	0,82903761	2520.16		56°	0.82903761	2604.88		56°00'00,00"
	B ₈	67°	0,92050489	2798.21	16'33.83"	67° 16'33.83"	0.92237677	2898.151	+18.06"	57°16'51,89"
	Σ	180°				180°00'00"				180°00'00"

W_n=-35100,9 W_n=-637.6
V=+16'33.83" V=+18.06"

Продовження таблиці № 1

№ трик	Назва Кутів	Істинні значення Кутів	Sin	Істинні значення Сторін
1	A ₁	62°43'08,11"	0,88876865	2900,000
	C ₁	50°00'00,00"	0,76604452	2499,558
	B ₁	67°16'51,89"	0,92241061	3009,772
2	A ₂	67°43'08,11"	0,92533499	3009,772
	C ₂	75°00'00,00"	0,96592582	3141,798
	B ₂	37°16'51,89"	0,60572565	1970,201
3	A ₃	63°43'08,11"	0,89663271	1970,201
	C ₃	43°00'00,00"	0,68199835	1498,578
	B ₃	73°16'51,89"	0,95772755	2104,446
4	A ₄	49°43'08,11"	0,76288189	2104,446
	C ₄	44°00'00,00"	0,69465838	1916,248
	B ₄	86°16'51,89"	0,99789432	2752,739
5	A ₅	56°43'08,11 "	0,83598861	2752,739
	C ₅	33°00'00,00"	0,54463905	1793,385
	B ₅	90°16'51,89"	0,99998798	3292,756
6	A ₆	71°43'08,11"	0,94952911	3292,756
	C ₆	27°00'00,00"	0,45399051	1574,338
	B ₆	81°16'51,89"	0,98844388	3427,703
7	A ₇	98°43'08,11"	0,9884439	3427,703
	C ₇	32°00'00,00"	0,52991926	1837,642
	B ₇	49°16'51,89"	0,75791894	2628,294
8	A ₈	56°43'08,11"	0,83598861	2628,294
	C ₈	50°00'00,00"	0,82903761	2606,440
	B ₈	67°16'51,89"	0,92241061	2899,999

$$W_{,,} = -0,3 \quad V'' = + 0.008''$$

Програма № 1. Рішення трикутників і зрівноваження типових геодезичних побудов на МК 61,МК52.

F прг	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
00	С/П	ХП1	С/П	ХП3	С/П	ХП5	с/п	ХП9	С/П	ХПа
10	ПХ1	5	ХП4	3	ХПО	С/П	$K \xrightarrow{0111}$	КХП4	FL0	15
20	+	ПХ6	+	ПХ5	-	$K \xleftarrow{0111}$	С/П	$K \xrightarrow{0111}$	3	:
30	l-l	ХП4	$K \xleftarrow{0111}$	С/П	ПХ6	ПХ4	+	ХП6	Ftg	F1/x
40	ПХ3	Х	С/П	ПХС	+	ХПС	ПХ6	Fsin	ХПв	С/П
50	ПХ8	ПХ4	+	ХП8	Ftg	Fl/x	ПХ3	Х	С/П	ПХс
60	+	ХПе	ПХ8	Fsin	ХПd	С/П	ПХ7	ПХ4	+	Fsin
70	ХПО	С/П	ПХd	ПХв	:	ПХ9	Х	ХП9	с/п	ХПО
80	Х	ПХd		С/П	FL1	10	ПХ9	ПХа	:	1
90	-	1	ВП	6	Х	ХП2	С/П	ПХС	ПХс	+
100	ПХ2	:	l-l	F1/x	С/П	F	АВТ			

Протокол № 1. Побудова моделі у першому наближенні.

№ п/п	Введення даних	Результат	Позначення	№п/п	Введення даних	Результат	позначення	№ п/п	Введення даних	Результат	Позначення
1	В/ОС/П			36		2,36 С/П	Б _{3зн}	70		0 С/П	W ₆
2	8С/П		Число	37		0,89879408 С/П	Sin A ₃	71		0 С/П	V ₆
3	4.848132 С/П		10 ⁶ /P	38		1.48 С/П	B ₃ чис	72		1,58 С/П	б ₆ зн
4	180 С/П		Const	39		0.95630478 С/П	Sin B ₃	73		0,95105655 С/П	Sin A ₆
5	2900,00 С/П		Спочаток	40		0,68199835 С/П	Sin C ₃	74		0.77 С/П	B ₆ чис
6	2900,00 С/П		S кінц.	41		2069,076 С/П	S _{зв}	75		0.98768835 С/П	Sin B ₆
7	63° С/П		A ₁	42		1475.582С/П	S _{пр}	76		0.45399051 С/П	Sin C ₆
8	50°С/П		C ₁	43	50° С/П		A ₄	77		3336.456 С/П	S _{зв}
9	67° С/П		B ₁	44	44° С/П		C ₄	78		1533.6 С/П	S _{пр}
10		0 С/П	W ₁	45	86° С/П		B ₄	79	99° С/П		A ₇
11		0 С/П	V ₁	46		0 С/П	W ₄	80	32° С/П		C ₇
12		2,47 С/П	Б _{1зн.}	47		0 С/П	V ₄	81	49° С/П		B ₇
13		0.891006 С/П	Sin A ₁	48		4,07 С/П	б _{4зн}	82		0 С/П	W ₇
14		2.06 С/П	Б ₁ чис.	49		0.76604452 С/П	Sin A ₄	83		0 С/П	V ₇
15		0,920504 С/П	SinB ₁	50		0,34 С/П	B ₄ чис	84		-0.77	б _{7зн}
16		0.766044 С/П	SinC ₁	51		0,9975641 С/П	Sin B ₄	85		0,98768835 С/П	Sin A ₇
17		2996,009 С/П	S	52		0.69465838 С/П	Sin C ₄	86		4.21 С/П	б ₇ чис
18		2493,28 С/П	S _{пр}	51		2694,407С/П	S _{зв}	87		0.75470957 С/П	Sin B ₇
19	68°С/П		A ₂	54		1876,263 С/П	S _{пр}	88		0,52991926 С/П	Sin C ₇
20	75° С/П		C ₂	55	57°С/П		A ₅	89		2549,443 С/П	S _{зв}
21	37°С/П		B ₂	56	33° С/П		C ₅	90		1790,091 С/П	S _{пр}
22		0 С/П	W ₂	57	90°С/П		B ₅	91	57°С/П		A ₈
23		0 С/П	V ₂	58		0 С/П	W ₅	92	56°С/П		C ₈
24		1,96 С/П	б ₂ зн.	59		0 С/П	V ₅	93	67°С/П		B ₈
25		0,92718389 С/П	Sin A ₂	60		3,15С/П	б _{5зн.}	94		0 С/П	W ₈
26		6,43 С/П	B ₂ чис.	61		0/83867,061 С/П	Sin A ₅	95		0 С/П	V ₈
27		0,60181503 С/П	Sin B ₂	62		-3,27 10 ⁻⁸ С/П	B ₅ чис	96		3,15 С/П	б _{8зн}
28		0,96592582 С/П	Sin C ₂	63		1 С/П	Sin B ₅	97		0,83867061 С/П	Sin A ₈
29		1944,645	S _{зв}	64		0,54463905С/П	Sin C ₅	98		2,06 С/П	б ₈ чис
30		3121,196 С/П	S пр	65		3212,712 С/П	S _{зв}	99		0,92050489 С/П	Sin B ₈
31	64°С/П		A ₃	66		1749,768 С/П	S _{пр}	100		0,82903761 С/П	Sin C ₈
32	43°С/П		C ₃	67	72° С/П		A ₆	101		2798,207 С/П	S _{зв}
33	73°С/П		B ₃	68	27° С/П		C ₆	102		2520,160 С/П	S _{пр}
34		0 С/П	W ₃	69	81°С/П		B ₆	103		-35100,9 С/П	W _n
35		0 С/П	V ₃					104		+993,83 " С/П	V''

105 C_x ХПС,ХПЕ,ХП2 +16'33,83" С/П

V

Примітка : Коефіцієнти δ_i знаменника слід брати з протоколу з оберненим знаком.

При розрахунку по програмі знаходяться вільні члени умовних рівнянь фігур за формулою (1.18). Визначається первинна поправка за умови фігур

$$V_{\beta}'' = -W_{\phi} / 3 \quad (1.19)$$

І вводиться у виміряні кути

$$A_i' = A_i + V_{\beta}'; B_i' = B_i + V_{\beta}'; C_i' = C_i + V_{\beta} \quad (1.20)$$

Поправка за умож'яполюсу у звязуючі кути трикутників знаходяться за формулою

$$V'' = -W_{\text{пол}} / \sum \delta_i \quad (1.21)$$

$$\text{де } \sum \delta_i = \sum (\delta_{A_i} + \delta_{B_i}) \quad (1.22)$$

$$\delta_{A_i} = (\text{ctg} A_i / p'') * 10^6 \quad (1.23)$$

$$\delta_{B_i} = (\text{ctg} B_i / p'';) * 10^6 \quad (1.24)$$

Рішення трикутників і зрівноваження типових геодезичних побудов наближеним способом виконується по програмі №1.

При цьому перемикач Р-ГРД-Г ставиться у крайнє праве положення. В новому розрахунку'слід обнуляти реєстри С_x ХПС ; ХП1; ХП2.

Якщо кінцевий базис припадає на проміжну сторону, то в останньому розрахунку слід – відкорегувати програму : БП 86 F ПРГ ХП9 F АВТ С/П.

Якщо після вводу зрівноважених кутів індукується нев'язка, що зумовлено похибками округлень і переводом в градуси, міншнути і секунди, слід набрати нуль і натиснути клавішу С/П.

Градуси слід відділяти крапкою при введенні кутів у градусах, мінутах і секундах і десятих долях секунди.

Протокол № 2. Побудова моделі у другому наближенні.

№	ВВЕДЕННЯ ДАНИХ	Результат	Позначки	№	ВВЕДЕННЯ ДАНИХ	Результат	Позначки
1	В/О С/П			54		1915,528 С/П	S _{FF}
2	8 С/П		Число трик.	55	56°43'26,17С/П		A ₅
3	4.8481322 С/П		10 ⁶ / P'	56	33° С/П		C ₅
4	180 С/П		Const	57	90°16'33,83"С/П		B ₅
5	2900.000		S початк	58		0 С/П	W ₅
6	2900,000		S кінц	59		0 С/П	V ₅
7	62°43'26,17" С/П		A ₁	60		3,18 С/П	B ₅ ЗН
8	50°С/П		C ₁	61		0,83603666 С/П	Sin A ₅
9	67°16'33,83" С/П		H ₁	62		-2,33 * 10 ² С/П	б ₅ чис
10		0 С/П	W ₁	63		0,99998843 С/П	Sin B ₅
11		0 С/П	V ₁	64		0,54463905 С/П	Sin C ₅
12		2,50 С/П	B ₁ ЗН.	65		3291,310С/П	S _{AG}
13		0,8888088 С/П	SinA ₁	66		1792,597 С/П	S _{FG}
14		2,03 С/П	б ₁ чис	67	71°43'26,17"С/П		A ₆
15		0,92237677 С/П	SinB ₁	61	27° С/П		C ₆
16		0,76604452 С/П	SinC ₁	69	81°16'33,83"С/П		B ₆
17		3009,525 С/П	S _{AC}	70		0 С/П	W ₆
18		2499,44 5 С/П	S _{BC}	71		0 С/П	V ₆
19	64°43'26,17" С/П		A ₂	72		1,60 С/П	б ₆ ЗН
20	75° С/П		C ₂	73		0,94955657 С/П	Sin A ₆ .
21	37°16'33,83" С/П		B ₂	74		0,74 С/П	б ₆ чис
22		0 С/П	W ₂	75		0,98843061 С/П	Sin B ₆
23		0 С/П	V ₂	76		0,45399051 С/П	Sin C ₆
24		1,98 С/П	б ₂ ЗН	77		3426,053 С/П	S _{AH}
25		0,92536816 С/П	Sin A ₂	78		1573,601 С/П	S _{GH}
26		6,37 С/П	б ₂ чис	79	98°43'26,17" С/П		A ₇
27		0,60565602 С/П	SinB ₂	80	32° С/П		C ₇
28		0,96592582 С/П	SinC ₂	81	49°16'33,83"С/П		B ₇
11		1969,742 С/П	S _{AD}	82		0 С/П	W ₇
30		3141,428 С/П	S _{CD}	83		0 С/П	V ₇
31	64°43'26,17" С/П		A ₃	84		-0,74 С/П	б ₇ ЗН
32	43° С/П		C ₃	85		0,98843063 С/П	Sin A ₇
33	73°16'33,83" С/П		B ₃	86		4,17 С/П	б ₇ чис.
34		0 С/П	W ₃	87		0,75786185 С/П	Sin B ₇
35		0 С/П	V ₃	88		0,52991926 С/П	Sin C ₇
36		2,39 С/П	б ₃ ЗН	89		2626,866 С/П	S _{AI}
37		0,89667146 С/П	Sin A ₃	90		1836,782 С/П	S _{HI}
38		1,46 С/П	б ₃ чис.	91	56°43'26,17"С/П		A ₈
39		0,95770237 С/П	SinB ₃	92	56° С/П		C ₈
40		0,68199835С/П	SinC ₃	93	67°16'33,83" С/П		B ₈
41		2103,811 С/П	S _{AE}	94		0 С/П	W ₈
42		1498,164 С/П	S _{JE}	95		0 С/П	V ₈
43	43°43'26,17" С/П		A ₄	96		3,18 С/П	б ₈ ЗН.
44	44° С/П		C ₄	97		0,83603666 С/П	Sin A ₈
45	86°16'33,83"С/П		B ₄	98		2,03 С/П	б ₈ чис
46		0 С/П	W ₄	99		0,92237677 С/П	SinB ₈
47		0 С/П	V ₄	100		0,82903761 С/П	SinC ₈
48		4,11 С/П	б ₄ ЗН	101		2898,151 С/П	S _{AB}
49		0,76291846 С/П	Sin A ₄	102		2604,875 С/П	S _{BI}
50		0,32 С/П	б ₄ ЗН.	103		-637,6 С/П	W ₁₁
51		0,99788862 С/П	Sin B ₄	104		+18,06"	V"
52		0,69465838 С/П	Sin C ₄	105	C _X XPC ₁ XPE ₁ XI		
53		2751,688 С/П	S _{AF}				

Протокол № 3. Розрахунок істинних значень сторін моделі

№	ВВЕДЕННЯ	Результат	Позначки	№	ВВЕДЕННЯ	Результат	Позначки
1	В/О С/П			54		1916,248 С/П	S _{FG}
2	8 С/П		Число трик.	55	56°43'08,11 С/П		A ₅
3	4,8481322 С/П		10 ⁶ / P'	56	33° С/П		C ₅
4	180 С/П		Const	57	90°16'51,89" С/П		B ₅
5	2900,000		S початк	51		0 С/П	W ₅
6	2900,000		S кінц	59		0 С/П	V ₅
7	62°43'08,11" С/П		A ₁	60		3.18 С/П	B ₅ зн
8	50° С/П		C ₁	61		0,83598861 С/П	Sin A ₅
9	67°16'51,89" С/П		H ₁	62		-2.38 * 10 ⁻² С/П	б ₅ чис
10	0 С/П		W ₁	63		0,99998798 С/П	Sin B ₅
11	0 С/П		V ₁	64		0,54463905 С/П	Sin C ₅
12	2,50 С/П		B ₁ зн.	65		3292,756 С/П	S _{AG}
13	0,88876865 С/П		SinA ₁	66		1793,3851 С/П	S _{FG}
14	2,03 С/П		б ₁ чис	67	71°43'08,11" С/П		A ₆
15	0,92241061 С/П		SinB ₁	68	27° С/П		C ₆
16	0,76604452 С/П		SinC ₁	69	81°16'51,89" С/П		B ₆
17	3009,772 С/П		S _{AC}	70		0 С/П	W ₆
11	2499,558 С/П		S _{BC}	71		0 С/П	V ₆
19	64°43'08,11" С/П		A ₂	72		1,60 С/П	б ₆ зн
20	75° С/П		C ₂	73		0,9495291 1 С/П	Sin A ₆ .
21	37°16'51,89" С/П		B ₂	74		0,74 С/П	б ₆ чис
22	0 С/П		W ₂	75		0,98844388 С/П	Sin B ₆
23	0 С/П		V ₂	76		0,45399051 С/П	Sin C ₆
24	1,99 С/П		б ₂ зн	77		3427,703 С/П	S _{AH}
25	0,92533499 С/П		Sin A ₂	78		1574,338 С/П	S _{GH}
26	6,37 С/П		б ₂ чис	79	98°43'08,11" С/П		A ₇
27	0,60572565 С/П		SinB ₂	80	32° С/П		C ₇
28	0,96592582 С/П		SinC ₂	81	49°16'51,89" С/П		B ₇
19	1970,201 С/П		S _{AD}	82		-	W ₇
30	3141,798 С/П		S _{CD}	83	0 С/П	0 С/П	V ₇
31	64°43'08,11" С/П		A ₃	84		-0,74 С/П	б ₇ зн
32	43° С/П		C ₃	85		0,9884439 С/П	Sin A ₇
33	73°16'51,89" С/П		B ₃	86		4,17 С/П	б ₇ чис.
34	0 С/П		W ₃	87		0,75791894 С/П	Sin B ₇
35	0 С/П		V ₃	88		0,52991926 С/П	Sin C ₇
36	2,39 С/П		б ₃ зн	89		2628,294 С/П	S _{AI}
37	0,89663227 С/П		Sin A ₃	90		1837,642 С/П	S _{HI}
31	1,46 С/П		б ₃ чис.	91	56°43'08,11"		A ₈
39	0,68199835 С/П		SinB ₃	92	56° С/П		C ₈
40	0,68199835 С/П		SinC ₃	93	67°16'51,89" С/П		B ₈
41	2104,446 С/П		S _{AE}	94		0 С/П	W ₈
42	1498,578 С/П		S _{DE}	95		0 С/П	V ₈
43	49°43'08,11" С/П		A ₄	96		3,18 С/П	б ₈ зн.
44	44° С/П		C ₄	97		0,83598861 С/П	Sin A ₈
45	86°16'51, 89"		B ₄	98		2,03 С/П	б ₈ чис
46	0 С/П		W ₄	99		0,92241061 С/П	SinB ₈
47	0 С/П		V ₄	100		0,82903761 С/П	SinC ₈
41	4,11 С/П		б ₄ зн	101		2899,999 С/П	S _{AB}
49	0,76288189 С/П		Sin A ₄	102		2606,440 С/П	S _{BI}
50	0,32 С/П		б ₄ зн.	103		-0,3 С/П	W ₁₁
51	0,99789432 С/П		Sin B ₄	104		+0,008"	V"
52	0,69465838 С/П		Sin C ₄	105	C _X XPC _L XPE _L X		
53	2752,739 С/П		S _{AF}				

2. Побудова і зрівноважена спотвореною спотвореної моделі.

Таблиця 2. Побудова і розрахунок сторін спотвореної і зрівноваженої моделі при генеруванні кутів в 0,7 "

№		Істинні		Кути	V'	$\beta + V$	Sin	Сторон	V''	Зрівнов	sin	Зрівнова
1	A ₁	62°43'08,11"	-0,53	62°43'07.58"	-0.07	62°43'07.51	0.88876729	2900.000	-0.18	62°43'07.33	0.88876692	2900.000
	C ₁	50°00' 00"	+0,21	50°00'00.21"	-0.07	50°00'00.14	0.76604489	2499,563	+0.04	50°00'00.18	0.76604502	2499.565
	B ₁	67°16'51,89"	+0.52	67°16'52.41"	-0,06	67°16'52.35	0.9224115	3009.779	+0.14	67°16'52.49	0.92241173	3009.781
	∑	180°00'00,0"	+0.20	180°00'00.20	-0.20	180°00'00.0			-0.20	180°00'00.0		
2	A ₂	67°43'08,11"	+0.32	67° 43' 08.42"	-0.05	67°43'08.38	0,92533546	3009.779	-0,26	67°43'08.12	0.925335	3009.781
	C ₂	75°00'00,00"	+0.42	75°00'00.42"	-0.05	75°00'00.37	0.9659263	3141.806	-0.08	75°00'00.29	0.9659262	3141,810
	B ₂	37°16'51,89"	-0.60	37°16' 51.20"	-0,04	37°16'51.25	0.60572319	1970.197	+0.34	37°16'51.59	0,60572452	1970.204
	∑	180°00'00,0"	+0.14	180°00'00,14	-0.14	180°00'00.0			-0.14	180°00'00.0		
3	A ₃	63°43'08,11"	-0.01	61°43'08.10"	+0.21	63°43'08.31	0.89663315	1970.197	-0.16	63°43'08.15	0.89663275	1970,204
	C ₃	43°00'00.00	-0.06	42°59'59.94"	+0,21	43°00'00.15	0.68199891	1498.575	+0.05	43°00'00.20	0.68199905	1498.581
	B ₃	73°16'51,89"	-0.55	73°16'51.34"	+0.20	73°16'51.54	0.95772702		+0.11	73°16'51.65	0,95772722	2104.448
	∑	180°00'00,0"	-0.62	179°59'59.39	+0.62	180°00'00.0				180°00'00.0		
4	A ₄	49°43' 08.11"	+0.63	49°43'08.74"	-0.32	49°43'08.42	0.762SS282	2104.440	-0.21	49°43'08.21	0.7628821	2104,448
	C ₄	44°00'00,00"	+0.29	44°00'00.29"	-0.32	43°59'59.97	0.69465829	1916.240	+0.11	44°00'00.08	0.6946586	1916.250
	B ₄	86° 16'51,89"	+0,04	86°16'51.93"	-0.32	86°16'51.61	0.9978942	2752.728	+0.11	86°16'51.71	0,99789423	2752,741
	∑	180°00'00,0"	+0.96	180°00'00.96	-0.96	180°00'00.0				180°00'00.0		
5	A ₅	56°43'08,11"	+0.66	56°43'08.77"	-0.35	56°43'08.42'	0.835989421	2752.728	-0,16	56°43'08.26	0.83598903	2752.741
	C ₅	33°00'00,00"	-0.25	32°59'59.75"	-0.35	32°59'59.40	0.54463659	1793.367	+0.10	32°59'59.50	0,544637	1793,178
	B ₅	90°16'51,89"	+0,64	90°16'52.53"	-0.35	90°16'52.18	0.99998797	3292.738	+0.06	90°16'52.24	0.99998797	1292.755
	∑	180°00'00,00	+1.05	180°00'01.05	-1.05	180°00'00.0				180°00'00.0		
	A ₆	71°43'08.00"	+0.61	71°43'08.72"	-0.25	71°43'08.47	0.94952963	3292.718	-0.10	71°43'08,37	0.94952953	3292.755
6	C ₆	27°00'00.00"	+0.05	27°00'00.05"	-0.25	26°59'59.80	0.4539896	1574,326	+0.04	26°59'59.84	0.4539897	1574.334
	B ₆	81°16'51.89"	+0.09	81°16'51.98"	-0.25	81°16'51.73	0.98844376		+0.06	81°16'51.79	0,98844381	3427.701
	∑	180°00'00.0	+0.75	180°00'00.75	-0.75	180°00'00.0				180°00'00.0		
7	A ₇	98°43'08.11"	+0.24	98°43'08.35"	-0.29	98°43'08.06	0.98844393	3427.683	-0.08	98°43'07,98	0.98844399	3427.701
	C ₇	32°00'00.00"	+0.28	32°00'00.28"	-0.29	31°59'59.99	0.5299191	1817.630	-0,09	31°59'59.90	0.52991881	1837,639
	B ₇	49°16'51.89	+0.34	49°16'52.23"	-0.28	49°16'51.95	0.75791917	2628.279	+0.17	49°16'52.12	0.75791969	2628.295
	∑	180°00' 00.00"	+0.86	180°00'00.8	-0.86	180°00'00.0				180°00'00,0		
8	A ₈	56°43'08.11"	+0.23	56°43'08.34"	+0,02	56°43'08.36	0.8359892 5	2628.279	-0.21	56°43'08.15	0.83598871	2628.295
	C ₈	56°00'00.00"	-0.06	55°59'59.94"	+0.02	55°59'59.96	0.8290374 9	2606.423	+0.05	56°00'00.01	0.82903761	2606.441
	B ₈	67°16'51.89"	-0.23	67°16'51.66"	+0.02	67°16'51.68	0.9224102 3	2899.979	+0.16	67°16'51.84	0.9224105	2899.999
	∑	180°00'00"	-0.06	17°59'59.94"	+0.06	180°00'00.0				180°00'00.0		

$$W_n = -7,2 \quad V'' = +0,20,3''$$

$$W_n = -0,3 \quad V'' = +0,008''$$

Протокол № 4 Розрахунок сторін спотвореної моделі і вільного члена полюсного умовного рівняння

№	ВВЕДЕННЯ	Результат	Позначки	№	ВВЕДЕННЯ	Результат	Позначки
1	В/О С/П			54		1916,248 С/П	S _{EF}
2	8 С/П		Число трик.	55	56°43'08,42		A ₅
3	4,8481322 С/П		10 ⁶ / P'	56	32°59'59/40"		C ₅
4	180 С/П		Const	57	90°16'52.18"C		B ₅
5	2900.000		S початк	58		0,36*10 ⁻⁵ С/П	W ₅
6	2900,000		S кінц	59		0 С/П	V ₅
7	62°43'07,51"		A ₁	60		3.18 С/П	B ₅ зн
8	50°00'00.14"		C ₁	61		0,83598943	Sin A ₅
9	67°16'512.35"		H ₁	62		-0.24 С/П	б ₅ чис
10		-0.36*10 ⁻³ С/П	W ₁	63		0,99998797	Sin B ₅
11		0 С/П	V ₁	64		0,54463659	Sin C ₅
12		2,50 С/П	B ₁ зн.	65		3292.7536 С/П	S _{AG}
13		0,88876729	SinA ₁	66		1793.367 С/П	S _{FG}
14		2,03 С/П	б ₁ чис	67	71°43'08.47"		A ₆
15		0.9224115 С/П	SinB ₁	68	26°59'59/80"		C ₆
16		0.76604489	SinC ₁	69	81°16'51,73"C		B ₆
17		3009.779 С/П	S _{AC}	70		0 С/П	W ₆
18		2499.563 С/П	S _{BC}	71		0 С/П	V ₆
19	67°43'08,38"C		A ₂	72		1.60 С/П	б ₆ зн
20	75°00'00.37"		C ₂	73		0.94952963	Sin A ₆
21	37°16'51.25"C		B ₂	74		0,74 С/П	б ₆ чис
22		-0.36*10 ⁻³ С/П	W ₂	75		0.98844376	Sin B ₆
23		0 С/П	V ₂	76		0.4539896 С/П	Sin C ₆
24		1.99 С/П	б ₂ зн	77		3427.683 С/П	S _{AH}
25		0,92533546	Sin A ₂	78		1574.326С/П	S _{GH}
26		6.37 С/П	б ₂ чис	79	98°43'08,06"		A ₇
27		0,60572319	SinB ₂	80	31°59'59,99"		C ₇
28		0.9659263 С/П	SinC ₂	81	49°16'51,95"C		B ₇
29		1970,197 С/П	S _{AD}	82		-0,36*10 ⁻³ С/П	W ₇
30		3141.806 С/П	S _{CD}	83		0 С/П	V ₇
31	63°43'08.31"C		A ₃	84		-0,74 С/П	б ₇ зн
32	43°00'00.15"		C ₃	85		0.98844393	Sin A ₇
33	73°16'51,54"C		B ₃	86		4.17 С/П	б ₇ чис.
34		0 С/П	W ₃	87		0.75791917	Sin B ₇
35		0 С/П	V ₃	88		0.52991918С/	Sin C ₇
36		2,39 С/П	б ₃ зн	89		2628,279 С/П	S _{AI}
37		0.89663315	Sin A ₃	90		1837.630 С/П	S _{HI}
38		1.46 С/П	б ₃ чис.	91	56°43'08.36"		A ₈
39		0,95772709	SinB ₃	92	55°59'59,96"C		C ₈
40		0.68199891	SinC ₃	93	67°16'51,68"		B ₈
41		2104,440 С/П	S _{AE}	94		0 С/П	W ₈
42		1498.575 С/П	S _{DE}	95		0 С/П	V ₈
43	49°43'08.42"C		A ₄	96		3.18 С/П	б ₈ зн.
44	43°59'.97"		C ₄	97		0.83598925	Sin A ₈
45	86°16'51, 61"		B ₄	98		2.03 С/П	б ₈ чис
46		-0.36*10 ⁵ С/П	W ₄	99		0.92241023	SinB ₈
47		0 С/П	V ₄	100		0.82903749	SinC ₈
48		4,11 С/П	б ₄ зн	101		2899,979 С/П	S _{AB}
49		0,76288282	Sin A ₄	102		2606.423 С/П	S _{BI}
50		0,315 С/П	б ₄ зн.	103		-7.2 С/П	W ₁₁
51		0.99789421	Sin B ₄	104		+0.203"	V"
52		0,69465829	Sin C ₄	105	C _X XPC ₁ XPE ₁		
53		2752.728 С/П	S _{AF}				

Протокол № 5. Розрахунок зрівноважених сторін. Контроль зрівноваження.

№	ВВЕДЕННЯ ДАНИХ	Результат	Позначки	№	ВВЕДЕННЯ ДАНИХ	Результат	Познач-
1	В/О С/П			54		1916,250 С/П	S _{EF}
2	8 С/П		Число трик.	55	56°43'08,26 С/П		A ₅
3	4.8481322 С/П		10 ⁶ / P'	56	32°59'59/50'' С/П		C ₅
4	180 С/П		Const	57	90°16'52.24'' С/П		B ₅
5	2900,000		S початк	58		0 С/П	W ₅
6	2900,000		S кінц	59		0 С/П	V ₅
7	62°43'07,33'' С/П		A ₁	60		3.18 С/П	B ₅ зн
8	50°00'00.18'' С/П		C ₁	61		0,83598903 С/П	Sin A ₅
9	67°16'52.49'' С/П n		H ₁	62		-0.24 С/П	б ₅ чис
10		-0.36*10 ⁻³ С/П	W ₁	63		0,99998797 С/П	Sin B ₅
11		0 С/П	V ₁	64		0,544637 С/П	Sin C ₅
12		2,50 С/П	B ₁ зн.	65		3292.755 С/П	S _{AG}
13		0,88876729	Sin A ₁	66		1793.378 С/П	S _{EG}
14		2,03 С/П	б ₁ чис	67	71°43'08.37'' С/П		A ₆
15		0,9224115 С/П	Sin B ₁	68	26°59'59/84'' С/П		C ₆
16		0,76604489	Sin C ₁	69	81°16'51,79'' С/П		B ₆
17		3009.779 С/П	S _{AC}	70		-0,36*10 ⁻³ С/П	W ₆
11		2499.563 С/П	S _{BC}	71	0 С/П	0 С/П	V ₆
19	67°43'08,12'' С/П		A ₂	72		1.60 С/П	б ₆ зн
20	75°00'00.29'' С/П		C ₂	73		0,94952953 С/П	Sin A ₆
21	37°16'51.59'' С/П		B ₂	74		0,744 С/П	б ₆ чис
22	0 С/П	-0.36*10 ⁻³ С/П	W ₂	75		0,98844381 С/П	Sin B ₆
23		0 С/П	V ₂	76		0,45398977 С/П	Sin C ₆
24		1,99 С/П	б ₂ зн	77		3427.701 С/П	S _{AH}
25		0,92533546	Sin A ₂	78		1574.334 С/П	S _{GH}
26		6,37 С/П	б ₂ чис	79	98°43'07,98'' С/П		A ₇
27		0,60572319	Sin B ₂	80	31°59'59.90'' С/П		C ₇
28		0,9659263 С/П	Sin C ₂	81	49°16'52.12'' С/П		B ₇
19		1970,197 С/П	S _{AD}	82		-0,36*10 ⁻³ С/П	W ₇
30		3141.806 С/П	S _{CD}	83		0 С/П	V ₇
31	63°43'08.31'' С/П		A ₃	84		0,74 С/П	б ₇ зн
32	43°00'00.15'' С/П		C ₃	85		0,98844399 С/П	Sin A ₇
33	73°16'51,54'' С/П		B ₃	86		4,17 С/П	б ₇ чис.
34		-0.36 С/П	W ₃	87		0,75791969 С/П	Sin B ₇
35	0 С/П	0 С/П	V ₃	88		0,52991881 С/П	Sin C ₇
36		2,39 С/П	б ₃ зн	89		2628,295 С/П	S _{AI}
37		0,89663275	Sin A ₃	90		1837.639 С/П	S _{HI}
38		1,46 С/П	б ₃ чис.	91	56°43'08.15'' С/П		A ₈
39		0,95772722	Sin B ₃	92	56°00'00.01'' С/П		C ₈
40		0,68199905	Sin C ₃	93	67°16'51,84'' С/П		B ₈
41		2104,448 С/П	S _{AE}	94		0 С/П	W ₈
42		1498.581 С/П	S _{DE}	95		0 С/П	V ₈
43	49°43'08.21'' С/П		A ₄	96		3.18 С/П	б ₈ зн.
44	44°00'00.08'' С/П		C ₄	97		0,83598871 С/П	Sin A ₈
45	86°16'51, 71'' С/П		B ₄	98		2,03 С/П	б ₈ чис
46		0 С/П	W ₄	99		0,92241053 С/П	Sin B ₈
47		0 С/П	V ₄	10		0,82903761 С/П	Sin C ₈
41		4,11 С/П	б ₄ зн	10		2899,999 С/П	S _{AB}
49		0,76288218	Sin A ₄	10		2606,441 С/П	S _{BI}
50		0,315 С/П	б ₄ зн.	10		-0,3 С/П	W ₁₁
51		0,99789423	Sin B ₄	10		+0,008''	V''
52		0,69465863	Sin C ₄	10	C _X XPC ₁ XPE ₁ XI ₂		
53		2752.741 С/П	S _{AF}				

Таблиця 3. Побудова і розрахунок сторін спотвореної і зрівноваженої моделі при генеруванні кутів в 0,4 "

№	Назви	Істинні значення кутів	Δ 0,4"	Кути спотвореної моделі β'	V', Сек	$\beta +$	Sin	Сторони	V''	Зрівноважені кути	sin	Зрівноважені сторони
	A ₁	62°43'08,11"	-0,30	62°43'07.81"	-0.04	62°43'07.77"	0.88876789	2900.000	-0.10	62°43'07.67"	0.88876768	2900.000
1	C ₁	50°00'00.00"	+0,12	50°00'00.12"	-0.04	50°00'00.08"	0.76604474	2499,561	+0.02	50°00'00.10"	0.76604477	2499.562
	B ₁	67°16'51,89"	+0.30	67°16'52.19"	-0,04	67°16'52.15'	0.92241112	3009.776	+0.08	67°16'52.23"	0.92241127	3009.777
	Σ	180°00'00,0"	+0.12	180°00'00.12"	-0.12	180°00'00.0'			0	180°00'00.0"		
2	A ₂	67°43'08,11"	+0.18	67°43'08.29"	-0.03	67°43'08.26'	0,92533524	3009.776	-0,15	67°43'08.11"	0.925335	3009.781
	C ₂	75°00'00,00"	+0.24	75°00'00.24"	-0.03	75°00'00.21"	0.9659261	3141.803	-0.04	75°00'00.17"	0.1659262	3141,810
	B ₂	37°16'51,89"	-0.34	37°16'51.55"	-0,02	37°16'51.53'	0.6057243	1970.199	+0.19	37°16'51.72"	0.60572503	1970.202
	Σ	180°00'00,0"	+0.08	180°00'00,08"	-0.08	180°00'00.0"			0.0	180°00'00.0"		
3	A ₃	63°43'08,11"	-0.01	63°43'08.10"	+0.12	63°43'08.22"	0.89663292	1970.199	-0.09	63°43'08.13"	0.89663275	1970,204
	C ₃	43°00'00,00	-0.04	42°59'59.96"	+0,12	43°00'00.08"	0.68199867	1498.576	+0.03	43°00'00.11"	0.68199905	1498.581
	B ₃	73°16'51,89"	-0.31	73°16'51.58"	+0.12	73°16'51.70'	0.95772728	2104.443	+0.06	73°16'51.76"	0,95772735	2104.448
	Σ	180°00'00,0"	-0.36	179°59'59.64'	+0.36	180°00'00.0'			0	180°00'00.0"		
4	A ₄	49°43'08,11"	+0.36	49°43'08.47"	-0.18	49°43'08.29"	0.76288235	2104.443	-0.12	49°43'08.17"	0.7628821	2104,448
	C ₄	44°00'00,00"	+0.16	44°00'00.16"	-0.18	43°59'59.98"	0.69465829	1916.244	+0.06	44°00'00.04"	0.69465861	1916.250
	B ₄	86°16'51,89"	+0,03	86°16'51.92"	-0.19	86°16'51.73"	0.99789423	2752.733	+0.06	86°16'51.79"	0,99789423	2752,741
	Σ	180°00'00,0"	+0.55	180°00'00.55"	-0.55	180°00'00.0"			0	180°00'00.0"		
5	A ₅	56°43'08,11"	+0.38	56°43'08.49"	-0.20	56°43'08.29"	0.8359891	2752.733	-0,09	56°43'08.20"	0.83598903	2752.741
	C ₅	33°00'00,00"	-0.14	32°59'59.86"	-0.20	32°59'59.66"	0.54463659	1793.375	+0.06	32°59'59.72"	0,544637	1793,178
	B ₅	90°16'51,89"	+0,36	90°16'52.25"	-0.20	90°16'52.05'	0.99998797	3292.746	+0.03	90°16'52.08"	0.99998797	1292.755
	Σ	180°00'00,00"	+0.60	180°00'00.60"	-1.60	180°00'00.0'			0	180°00'00.0"		
	A ₆	71°43'08,00"	+0.35	71°43'08.46"	-0.14	71°43'08.32'	0.94952943	3292.331	-0.06	71°43'08.26"	0.94952953	3292.755
6	C ₆	27°00'00,00"	+0.03	27°00'00.03"	-0.14	26°59'59.89"	0.45398999	1574,636	+0.02	26°59'59.91"	0.45398977	1574.334
	B ₆	81°16'51,89"	+0.05	81°16'51.94"	-0.15	81°16'51.79'	0.98844381		+0.04	81°16'51.83"		
	Σ	180°00'00,00"	+0.43	180°00'00.43"	-0.43	180°00'00.0'			0	180°00'00.0"		
7	A ₇	98°43'08,11"	+0.14	98°43'08.25"	-0.16	98°43'08.09"	0.98844391	3427.692	-0.04	98°43'08.05"	0.98844394	3427.701
	C ₇	32°00'00,00"	+0.16	32°00'00.16"	-0.16	31°59'59.00"	0.52991906	1817.636	-0,05	31°59'59.95"	0.5299188	1837,639
	B ₇	49°16'51,89	+0.19	49°16'52.08"	-0.17	49°16'51.91"	0.75791906	2628.286	+0.09	49°16'52.00"	0.75791969	2628.295
	Σ	180°00'00,00"	+0.49	180°00'00.49"	-0.49	180°00'00.0'			0	180°00'00.0"		
8	A ₈	56°43'08,11"	+0.13	56°43'08.24"	+0,01	56°43'08.25"	0.835989	2628.286	-0.12	56°43'08.13"	0.8359887	2628.295
	C ₈	56°00'00,00"	-0.04	55°59'59.96"	+0.01	55°59'59.97"	0.92241041	2606.431	+0.03	56°00'00.00"	0.8290376	2606.441
	B ₈	67°16'51,89"	-0.13	67°16'51.76"	+0.02	67°16'51.78"	0.82903751	2899.988	+0.09	67°16'51.87"	0.92241056	2899.999
	Σ	180°00'00"	-0.04	17°59'59.96"	+0.04	180°00'00.0"			0	180°00'00.0"		

W_n= -4,10

W_n= -0,2 V''=+0,116"

V''=+0,005"

Протокол № 6. Розрахунок сторін спотвореної моделі і вільного члена полюсного умовного рівняння.

№	ВВЕДЕННЯ	Результат	Позначки	№	ВВЕДЕННЯ	Результат	Позначки
1	В/О С/П			54		1916,244 С/П	S _{FF}
2	8 С/П		Число трик.	55	56°43'08,29		A ₅
3	4,8481322 С/П		10 ⁶ / P'	56	32°59'59,66"		C ₅
4	180 С/П		Const	57	90°16'52,05"C		B ₅
5	2900.000		S початк	58		0 С/П	W ₅
6	2900,000		S кінц	59		0 С/П	V ₅
7	62°43'07,77"		A ₁	60		3,182 С/П	B ₅ зн
8	50°00'00,08"C		C ₁	61		0,8359891 С/П	Sin A ₅
9	67°16'52,15"		H ₁	62		-0,24 С/П	б ₅ чис
10		0 С/П	W ₁	63		0,99998797	Sin B ₅
11		0 С/П	V ₁	64		0,54463759	Sin C ₅
12		2,50 С/П	Б ₁ зн.	65		3292,746 С/П	S _{AG}
13		0,88876789	SinA ₁	66		1793,375 С/П	S _{FG}
14		2,03 С/П	б ₁ чис	67	71°43'08,32"C		A ₆
15		0,92241112	SinB ₁	68	26°59'59,89"		C ₆
16		0,76604474	SinC ₁	69	81°16'51,79"C		B ₆
17		3009,776 С/П	S _{AC}	70		0 С/П	W ₆
18		2499,561 С/П	S _{BC}	71		0 С/П	V ₆
19	67°43'08,26"C		A ₂	72		1,602 С/П	б ₆ зн
20	75°00'00,21"		C ₂	73		0,94952943	Sin A ₆
21	37°16'51,53"C		B ₂	74		0,744 С/П	б ₆ чис
22	0 С/П	-0,36*10 ⁻³ С/П	W ₂	75		0,98844381	Sin B ₆
23		0 С/П	V ₂	76		0,45398999	Sin C ₆
24		1,986 С/П	б ₂ зн	77		3427,692 С/П	S _{AH}
25		0,92533524	Sin A ₂	78		1574,331 С/П	S _{GH}
26		6,368 С/П	б ₂ чис	79	98°43'08,09"		A ₇
27		0,6057243 С/П	SinB ₂	80	32°00'00,00"		C ₇
28		0,9659261 С/П	SinC ₂	81	49°16'51,91"C		B ₇
29		1970,199 С/П	S _{AD}	82		0 С/П	W ₇
30		3141,803 С/П	S _{CD}	83		0 С/П	V ₇
31	63°43'08,22"C		A ₃	84		0,74 4С/П	б ₇ зн
32	43°00'00,08"		C ₃	85		0,98844391	Sin A ₇
33	73°16'51,70"C		B ₃	86		4,173 С/П	б ₇ чис.
34		0 С/П	W ₃	87		0,757919 С/П	Sin B ₇
35		0 С/П	V ₃	88		0,52991926	Sin C ₇
36		2,394 С/П	б ₃ зн	89		2628,286 С/П	S _{AI}
37		0,89663292	Sin A ₃	90		1837,636 С/П	S _{II}
38		1,456 С/П	б ₃ чис.	91	56°43'08,25"		A ₈
39		0,95772728	SinB ₃	92	55°59'59,97"C		C ₈
40		0,68199867	SinC ₃	93	67°16'51,78"		B ₈
41		2104,443 С/П	S _{AE}	94		0 С/П	W ₈
42		1498,576 С/П	S _{DE}	95		0 С/П	V ₈
43	49°43'08,29"C		A ₄	96		3,182 С/П	б ₈ зн.
44	43°59'59,98"		C ₄	97		0,835989 С/П	Sin A ₈
45	86°16'51, 73"		B ₄	98		2,03 С/П	б ₈ чис
46		0 С/П	W ₄	99		0,92241041	SinB ₈
47		0 С/П	V ₄	100		0,82903751	SinC ₈
48		4,109 С/П	б ₄ зн	101		2899,998 С/П	S _{AB}
49		0,76288235	Sin A ₄	102		2606,431 С/П	S _{BI}
50		0,315 С/П	б ₄ зн.	103		-4,10 С/П	W _{II}
51		0,99789423	Sin B ₄	104		+0,116"	V"
52		0,69465829	Sin C ₄	105	C _X XPC ₁ XPE ₁		
53		2752,733 С/П	S _{AF}				

Протокол № 7. Розрахунок сторін спотвореної моделі і вільного члена полюсного умовного рівняння.

№	ВВЕДЕННЯ ДАНИХ	Результат	Позначки	№	ВВЕДЕННЯ ДАНИХ	Результат	Позначки
1	В/О С/П			54		1916,250 С/П	S _{EF}
2	8 С/П		Число трик.	55	56°43'08.20 С/П		A ₅
3	4.8481322 С/П		10 ⁶ / P'	56	32°59'59.72" С/П		C ₅
4	180 С/П		Const	57	90°16'52.08" С/П		B ₅
5	2900.000		S початк	58		-0.36*10 ⁻³ С/П	W ₅
6	2900,000		S кінц	59		0 С/П	V ₅
7	62°43'07,67" С/П		A ₁	60		3.182 С/П	B ₅ ЗН
8	50°00'00.10" С/П		C ₁	61		0,83598883 С/П	Sin A ₅
9	67°16'52.49" С/П		H ₁	62		-0.24 С/П	б ₅ чис
10	0 С/П		W ₁	63		0,99998797 С/П	Sin B ₅
11	0 С/П		V ₁	64		0,54463786 С/П	Sin C ₅
12	2,50 С/П		Б ₃ зн.	65		3292.756 С/П	S _{AG}
13	0,88876768 С/П		SinA ₁	66		1793.381 С/П	S _{EG}
14	2,03 С/П		б ₁ чис	67	71°43'08.26" С/П		A ₆
15	0,92241127 С/П		SinB ₁	68	26°59'59.91" С/П		C ₆
16	0,7660447 С/П		SinC ₁	69	81°16'51,83" С/П		B ₆
17	3009.777 С/П		S _{AC}	70		0 С/П	W ₆
11	2499.562 С/П		S _{BC}	71		0 С/П	V ₆
19	67°43'08,11" С/П		A ₂	72		1.602 С/П	б ₆ зн
20	75°00'00.17" С/П		C ₂	73		0,94952935 С/П	Sin A ₆
21	37°16'51.72" С/П		B ₂	74		0,743 С/П	б ₆ чис
22	0 С/П		W ₂	75		0,98844384 С/П	Sin B ₆
23	0 С/П		V ₂	76		0,453989901 С/П	Sin C ₆
24	1,986 С/П		б ₂ зн	77		3427.702 С/П	S _{AH}
25	0,92533499 С/П		Sin A ₂	78		1574.336 С/П	S _{GH}
26	6,368 С/П		б ₂ чис	79	98°43'08,05" С/П		A ₇
27	0,60572503 С/П		SinB ₂	80	31°59'59,95" С/П		C ₇
28	0,96592605 С/П		SinC ₂	81	49°16'52,00" С/П		B ₇
19	1970,202 С/П		S _{AD}	82		10 С/П	W ₇
30	3141.805 С/П		S _{CD}	83		0 С/П	V ₇
31	63°43'08.13" С/П		A ₃	84		0,744 С/П	б ₇ З _{зн}
32	43°00'00.11" С/П		C ₃	85		0,98844394 С/П	Sin A ₇
33	73°16'51,76" С/П		B ₃	86		4,173 С/П	б ₇ чис.
34	0 С/П		W ₃	87		0,75791934 С/П	Sin B ₇
35	0 С/П		V ₃	88		0,52991904 С/П	Sin C ₇
36	2,394 С/П		б ₃ зн	89		2628,295 С/П	S _{AI}
37	0,89663274 С/П		Sin A ₃	90		1837,641 С/П	S _{HI}
38	1,456 С/П		б ₃ чис.	91	56°43'08.13" С/П		A ₈
39	0,95772735 С/П		SinB ₃	92	56°00'00.00" С/П		C ₈
40	0,68199872 С/П		SinC ₃	93	67°16'51,87" С/П		B ₈
41	2104,448 С/П		S _{AE}	94		-0,36*10 ⁻³ С/П	W ₈
42	1498,580 С/П		S _{DE}	95		1,2*10 ⁻⁶ С/П	V ₈
43	49°43'08.17" С/П		A ₄	96		3,182 С/П	б ₈ зн.
44	44°00'00.04" С/П		C ₄	97		0,83598864 С/П	Sin A ₈
45	86°16'51,79" С/П		B ₄	98		2,29 С/П	б ₈ чис
46	0 С/П		W ₄	99		0,92241056 С/П	SinB ₈
47	0 С/П		V ₄	100		0,82903754 С/П	SinC ₈
41	4,109 С/П		б ₄ зн	101		2899,9995 С/П	S _{AB}
49	0,76288206 С/П		Sin A ₄	102		2606,44 С/П	S _{BI}
50	0,315 С/П		б ₄ зн.	103		-0,2 С/П	W _{II}
51	0,99789424 С/П		Sin B ₄	104		+0,005"	V"
52	0,69465853 С/П		Sin C ₄	105	C _X XPC ₁ XPE ₁ XPI		
53	2752,740 С/П		S _{AF}				

3. Таблиці коефіцієнтів умовних і нормальних рівнянь

Таблиця № 4. Розрахунок вільного члена умовного рівняння горизонту

Назви кутів	$\Delta\beta = 0,7''$	$\Delta\beta = 0,4''$
C ₁	50°00'00,14"	50°00'00,08"
C ₂	75°00'00,37"	75°00'00,21"
C ₃	43°00'00,15"	43°00'00,08"
C ₄	43°59'59,97"	43°59'59,98"
C ₅	32°59'59,40"	32°59'59,66"
C ₆	26°59'59,80"	26°59'59,89"
C ₇	31°59'59,99"	31°59'00,00"
C ₈	55°59'59,96"	55°59'59,97"
Σ	359°59'59,78"	359°59'59,87"
W	-0,22"	-0,13"

Таблиця № 5. Коефіцієнти умовних рівнянь і вагових функцій

По пр.	Умовні рівняння фігур								Р-ня II групи		Вагові ф-ції		A ₁	B ₁	F ₁	F ₁
	1	2	3	4	5	6	7	8	A го р	впол	Fa	fs				
(A ₁)	1									-2.50		-2.50	-0.333	-2.343	-0.313	2.343
(C ₁)	1								+1		+1		+0.666	+0.157	+0.666	+0.157
(B ₁)	1									+2.03		+2.03	-0.333	+2.186	-0.133	+2.18 6
(A ₂)		1								-1.99		-1.99	-0.333	-1.450	-0.333	3.450
(C ₂)		1							+1		-1		+0.666	-1.460	+0.666	1.460
(B ₂)		1								+6.37		+6.37	-0.333	+4.910	-0.333	+4.910
(A ₃)			1							-2.39		-2.39	-0.333	-2.080	-0.333	2.080
(C ₃)			1						-1		+1		+0.666	+0.310	+0.666	+0.310
(B ₃)			1							+1.46		+1.46	-0.333	+1.770	-0.333	+1.770
(A ₄)				1						-4.11		-4.11	-0.333	-2.846	-0.333	2.846
(C ₄)				1					+1		+1		+0.666	+1.263	+0.666	+1.263
(B ₄)				1						+0.32		+0.32	-0.333	+1.583	-0.333	+1.583
(A ₅)					1					-3.18			-0.333	-2.113		
(C ₅)					1				+ 1				-0.666	+1.067		
(B ₅)					1					-1.02			-0.333	+1.046		
(A ₆)						1				-1.60			-0.331	-1.311		
(C ₆)						1			+1				+0.666	+0.286		
(B ₆)						1				+0.74			-0.333	+1.027		
(A ₇)							1			+0.74			-0.133	-0.897		
(C ₇)							1		+1				+0.666	-1.636		
(B ₇)							1			+4.17			-0.333	+2.533		
(A ₈)								1		-3.18			-0.333	-2.796		
(C ₈)								1	+ 1				+0.666	+0.383		
(B ₈)								1		+2.03			-0.333	+2.413		
W $\Delta\beta = 0.7$	+0.20	+0.14	-0.62	+0.96	+1.05	+0.75	+0.86	-0.06	-0.22	-7.20			-0.22	-7.20		
W $\Delta\beta = 0.4$	+0.12	+0.08	-0.36	+0.55	+0.60	+0.43	+0.49	-0.04	-0.13	-4.10			-0.13	-4.10		

Перетворено коефіцієнти при двогруповому способі зрівноваження розраховуються за формулою

$$A_i = a_i - \frac{\sum ai}{3} \quad (3.1)$$

$$B_i = B_i - \frac{\sum vi}{3} \quad (3.2)$$

I коефіцієнти вагових функцій аналогічно.

Продовження таблиці № 5.

Назви попра- вок	Поправки зрівноваження		Зрівноважені кути	
	$V''(\Delta\beta = 0,7'')$	$V'' = (\Delta\beta = 0,4'')$	$\Delta\beta = 0,7''$	$\Delta\beta = 0,4''$
(A ₁)	-0,18	-0,10	62 ⁰ 43'07,33"	62 ⁰ 53'07,67"
(C ₁)	+0,04	+0,02	50 ⁰ 00'00,18"	50 ⁰ 00'00,10"
(B ₁)	+0,14	+0,08	67 ⁰ 16'52,49"	67 ⁰ 16'52,23"
(A ₂)	-0,26	-0,15	67 ⁰ 43'08,12"	67 ⁰ 43'18,11"
(C ₂)	-0,08	-0,04	75 ⁰ 00'00,29'	75 ⁰ 00'00,17"
(B ₂)	+0,34	+0,19	37 ⁰ 16'51,59"	37 ⁰ 16'51,72"
(A ₃)	-0,16	-0,09	63 ⁰ 43'08,15"	63 ⁰ 43'08,13"
(C ₃)	+0,05	+0,03	43 ⁰ 00'00,20"	43 ⁰ 00'00,11"
(B ₃)	+0,11	+0,06	73 ⁰ 16'51,65"	73 ⁰ 16'51,76"
(A ₄)	-0,21	-0,12	49 ⁰ 43'08,21"	49 ⁰ 43'08,17"
(C ₄)	+0,11	+0,06	44 ⁰ 00'00,08"	44 ⁰ 00'00,04"
(B ₄)	+0,10	+0,06	86 ⁰ 16'51,71"	86 ⁰ 16'51,79"
(A ₅)	-0,16	-0,09	56 ⁰ 43'08,26"	56 ⁰ 43'08,20"
(C ₅)	+0,10	+0,06	32 ⁰ 59'59,50"	32 ⁰ 59'59,72"
(B ₅)	+0,06	+0,03	90 ⁰ 16'52,24"	90 ⁰ 16'52,08"
(A ₆)	-0,10	-0,06	71 ⁰ 43'08,37"	71 ⁰ 43'08,26"
(C ₆)	+0,04	+0,02	26 ⁰ 59'59,84"	26 ⁰ 59'59,91"
(B ₆)	+0,06	+0,04	81 ⁰ 16'51,79"	81 ⁰ 16'51,83"
(A ₇)	-0,08	-0,04	98 ⁰ 43'07,98"	98 ⁰ 43'08,05"
(C ₇)	-0,09	-, 0,05	31 ⁰ 59'59,90"	31 ⁰ 59'59,95"
(B ₇)	+0,17	+0,09	49 ⁰ 16'52'12"	49 ⁰ 16'52,00"
(A ₈)	-0,21	-0,12	56 ⁰ 43'08,15"	56 ⁰ 43'08,13"
(C ₈)	+0,05	+0,03	56 ⁰ 00'00,01"	56 ⁰ 00'00,00"
(B ₈)	+0,16	+0,09	67 ⁰ 16'51,84"	67 ⁰ 16'51,87"

Поправки в кути розраховані за формулою

$$V''\beta_i = K_1 A_i + K_2 B_i, \quad (3.3)$$

де K₁ і K₂ – корелати;

A_i і B_i – перетворені коефіцієнти умовних рівнянь;

a_i і v_i – неперетворені коефіцієнти умовних рівнянь;

Зрівноважені кути отримані шляхом додавання вторинної поправки до попередньо виправлених кутів за умови фігур.

-20-

Таблиця N 6. Коефіцієнти нормальних рівнянь.

	A]	B]	Cy]	D ₂]	W_{Δ} $\beta = 0,7$	Σ	W_{Δ} $\beta = 0,4$	Σ
[A	5.323	+0.370	+2.661	+0.270	-0.22	+8.404	-0.13	+8.494
[B		101.433	+0.270	+68.191	-7.20	+163.064	-4.10	+ 166.164
[c a			2.661	+0.270		+5.862		+5.862
[D				+68.191		+136.922		+136.92 2

Таблиця №7. Рішення нормальних рівнянь і вагових функцій.

№	K ₁	K ₂	F _A	F _λ	W	Σ	W	Σ
1	5.323	+0,370	+2.661	+0.270	-0.22	+8.404	-0.13	+8.494
2	- 1	- 0.0695	-0.4999	-0.0507	+0.0413	-1.5788	+0.0244	-1.5957
3						-1.5788		-1.5957
4		101.433	+0.270	+68.191	-7.20	+163.064	-4.10	+166.164
5		-0.0257	-0.1850	-0.0188	+0.0153	-05842	-0,00903	-0.5904
6		+101.4073	+0.0850	+68.1722	-7.1847	+162.4798	-4.10903	165.5736
7		-1	-0.0008	-0.6723	+0.0708	-1.6022	0.04052	-1.6328
8						-1.6016		-1.6326
9			+2.661	+68.191				
10			-1.3302	-0.0137				
11			-0.0001	-45.8322				
12		Σ	1.3307	22.3451				
13	K ₁	K ₂	I/P _a	I/P _s				
14	+0.03638	+0.0708	Для $\Delta\beta = 0.7''$					
15	0.021584	0.040520	Для $\Delta\beta = 0.4''$					

Помітимо, що точність вимірювання кутів 0,4" прийнята у полігонометрії 1 класу, а точність 0,7"-у триангуляції 1 класу. Автором пропонується ідея побудови на території міст спеціальних опорних мереж з точністю вимірювання кутів 0.7" і 0.4". Мережі створюються у місцевій системі координат.

4. Порівняльний аналіз точності елементів мережі.
Таблиця № 8. Розрахунок істинних значень координат.

Назва	Формули кутів	Істинні значення кутів	Дирекційні кути	Сторони	X	Y
A			214°00'00,00"	2900.000	10000000	10000.000
B	-B ₁	67° 16'51,89"	346°43'08,11 "	2499.5 S8	8295.423	7653.851
c	-(A ₁ +B ₂)	100°00'00.00"	66°43'08.11"	3141.798	10728.130	7079.632
D	-(A ₂ +B ₃)	141°00'00.00"	105°43'08.11"	1498,578	11969.701	9965615
E	-(A ₃ +B ₄)	150°00'00.00"	135°43'08.11"	1916,248	11563,909	11408,150
F	-(A ₄ +B ₅)	140°00'00.00"	175°43'08.11"	1793,385	10192,022	12746,034
G	-(A ₅ +B ₆)	138°00'00.00"	217°43'08,11"	1574,331	8403.641	12879,909
H	-(A ₆ +B ₇)	121°00'00.00"	276°43'08,11 "	1837,642	7158,306	11916.747
I	-A ₇	98°43'08.11 "	358°00'00,00"	2626,294	7373,307	10091.726
A	+C ₈	56°00'00.00"	234°00'00,00		10000,000	10000.000
B			P-19789,841			

Таблиця № 9. Розрахунок зрівноважених значень координат при $\Delta\beta = 0,7''$

Назва	Формули кутів	Зрівноважені кути	Дирекційні кути	Зрівноважені сторони	X	Y
A			234°00'00,00"	2900.000	10000000	10000.000
B	-B ₁	67° 16'51,49"	346°43'07,51 "	2499.565	8295.4228	7653.8507
C	-(A ₁ +B ₂)	99°59'58.92"	66°43'08.59"	3141.810	10728.1347	7079.6226
D	-(A ₂ +B ₃)	140°59'59.77"	105°43'08.82"	1498,581	11969.9039	9965.6198
E	-(A ₃ +B ₄)	149°59'59.86"	135°43'08.96"	1916,250	11563,9059	11408,1559
F	-(A ₄ +B ₅)	140°00'00.45"	175°43'08.51"	1793,378	10192,0123	12746,0356
G	-(A ₅ +B ₆)	138°00'00.05"	217°43'08,46"	1574,334	8403.6379	12879,9068
H	-(A ₆ +B ₇)	121°00'00.49"	276°43'07,97 "	1837,639	7158,3074	11916.7456
I	-A ₇	98°43'07.98 "	357°59'59,99"	2628,295	7373,3075	10091.7273
A	+C ₈	56°00'00.01"	234°00'00,00		10000,000	10000.000
B			P-19789,852			

Таблиця № 10. Розрахунок незрівноважених значень координат.

Назва	Формули кутів	Незрівноважені кути	Дирекційні кути	Незрівноважені сторони	X	Y
A			234°00'00,00"	2900,000	10000.000	10000.000
B	-B ₁	67°16'52,41"	346°43'07,59"	2499.563	8295,423	7653,851
C	-(A ₁ +B ₂)	99°59'58,87"	66°43'08.72"	3141,806	10728,133	7079,625
D	-(A ₂ +B ₃)	140°59'59,77"	105°43'08,95"	1498,575	11969.898	9965,619
E	-(A ₃ +B ₄)	150°00'00,03"	135°43'08,92"	1916,240	11563,900	11408.149
F	-(A ₄ +B ₅)	140°00'01,27"	175°43'07.65"	1793,367	10192,013	12746,021
G	-(A ₅ +B ₆)	138°00'00,75"	217°43'06.90"	1574.326	8403,650	12879,898
H	-(A ₆ +B ₇)	121°00'00,95"	276°43'05,95"	1837,630	7158.319	11916,750
I	-A ₇	98°43'08,35"	357°59'57,60"	2628,279	7373,302	10091,739
A	+C ₈	55°59'59,94"	233°59'57.54"		9999.979	9999,985
B			P-19789,786			

$$W\alpha_{\text{дон}} = 2 \cdot 0.7 \sqrt{9} = 4.2'';$$

$$Wx = -21\text{mm}$$

$$W\alpha = -2.46''$$

$$Wy = -15\text{mm}$$

Таблиця № 11. Порівняльна таблиця істинних і зрівноважених значень координат ($\Delta\beta = 0.7'$)

Назва пунктів	X _{зрівноваж}	X _{іст}	ΔX	Y _{зрівноваж}	Y _{іст}	ΔY
A	10000,000	10000,000	0,000	10000,000	10000,000	0,000
B	8295,423	8295,423	0,000	7653,851	7653,851	0,000
C	10728,135	10728,130	+0,005	7079,623	7079,631	-0,008
D	11969,904	11969,901	+0,003	9965,620	9965,615	+0,005
E	11563,906	11563,909	-0,003	11408,156	11408,150	+0,006
F	10192,012	10192,021	-0,009	12746,036	12746,034	+0,002
G	8403,638	8403,640	-0,002	12879.907	12879,909	-0,002
H	7158,307	7158,305	+0,002	11916,746	11916.748	-0,002
I	7373,307	7373,307	0,000	10091,727	10091,726	+0,001

$$\sum \Delta x^2 = 132\text{mm}^2$$

$$\sum \Delta Y^2 = 138\text{m}^2$$

Середня квадратична похибка розрахунку координат : $m_{xy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 \Delta X^2 + \sum_{i=1}^7 \Delta Y^2}{14}} = \sqrt{\frac{270}{14}} = 4.39\text{mm}$

Середня квадратична похибка розрахунку одиниці ваги

$$\mu = \sqrt{\frac{[v^1 v^1]}{r^1} + \frac{[v'' v'']}{r^2}} = \sqrt{\frac{1.2582}{8} + \frac{0.5196}{2}} = 0.64'' , \text{ де } v' \text{ } v'' - \text{ первинні і вторинні поправки.}$$

Розраховуючи сумарну поправку

$$v = v' + v'',$$

середня квадратична похибка одиниці ваги буде

$$\mu' = \sqrt{\frac{[vv]}{r}} = \sqrt{\frac{1.7886}{10}} = 0.42''$$

середня квадратична похибка моделювання кута, розрахована по формуле ГАУССА

$$m_{\beta}' = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]'}{n}} = \sqrt{\frac{1.7886}{10}} = 0.42''$$

середня квадратична похибка моделювання кута, розрахована по формуле ФЕРЕРО

$$m_{\beta}' = \sqrt{\frac{[ww]'}{3 \cdot 8}} = \sqrt{\frac{3.7738}{24}} = 0.40''$$

Середня квадратична похибка дирекційного кута m_{aAF} в найбільшому слабому місті мережі

$$m_{aAF} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{AF}}} = 0.64 \cdot 1.15 = 0.736''$$

Середня квадратична похибка сторони AF в найбіль слабому місті буде

$$m_{aAF} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{S_{AF}}}} = 0.64 \cdot 4.73 = 3.027$$

$$m_{SAF} = 3.027 \left(\frac{S_{AF}}{10^6} \right) = 3.027 \left(\frac{2752.74}{10^6} \right) = 0.0083m$$

Відносна похибка

$$f_{відн} = \frac{1}{\frac{2752.74}{0.0083}} = \frac{1}{330000}$$

Таблиця № 12. Порівняльна таблиця істинних і зрівноважених дирекційних кутів і сторін

Назви	S зрів(м)	S іст(м)	ΔS(мм)	α зрівн	α іст	Δα (сек.)
AB	29000,000	29000,000	0	234°00'00 00"	234°00'00.00"	0
BC	2499 .565	2499. 558	+7	346°43'07.51"	346°43'08.11"	-0/60
CD	3141.810	3141. 798	+12	66°43'08.59"	66°43'08.11"	+0.48
DE	1498.581	1498.578	+3	105°43'08.82"	105°43'08.11"	+0.71
EF	1916.250	1916.248	+2	135°43'08.96"	135°43'08.11"	+0.85
FG	1793 .378	1793 .385	-7	175°43'08.51"	175°43'08.11"	+1. 40
GH	1574.334	1574 .338	-4	217°43'08 46"	217°43'08.11"	+0,35
HI	1817.639	1837.642	-3	276°43'07 97"	276°43'08.11"	-0.14
IA	2628.295	2628 .294	+1	357°59'59.99"	358°00'00.00"	-0.01
AC	3009.781	3009.772	+9			
AD	1970.204	1970.201	+3			
AE	2104.448	2104.446	+2			
AF	2752.741	2752 .739	+2			
AG	3292.755	3292.756	- .1			
AH	3427.701	3427.703	-2			
BI	2606.441	2606 .440	+1			

Таблиця № 13. Розрахунок зрівноважених координат при $\Delta\beta = 0.4''$

Назва	Формули кутів	Зрівноважени кути	Дирекційні кути	Зрівноважени сторони	X	Y
A			234°00'00,00"	2900.000	10000000	10000.000
B	-B ₁	67° 16'52,23"	346°43'07,77 "	2499.562	8295.4227	7653.8507
C	-(A ₁ +B ₂)	99°59'59.39"	66°43'08.38"	3141.805	10728.1325	7079.6264
D	-(A ₂ +B ₃)	140°59'59.87"	105°43'08.51"	1498,580	11969.9026	9965.6176
E	-(A ₃ +B ₄)	149°59'59.92"	135°43'08.59"	1916,250	11563,9071	11408,1535
F	-(A ₄ +B ₅)	140°00'00.25"	175°43'08.34"	1793,381	10192,0159	12746,0356
G	-(A ₅ +B ₆)	138°00'00.03"	217°43'08,31"	1574,336	8403.6386	12879,9085
H	-(A ₆ +B ₇)	121°00'00.26"	276°43'08,05 "	1837,641	7158,3058	11916.7470
I	-A ₇	98°43'08.05 "	358°00'00,00"	2628,295	7373,3068	10091.7268
A	+C ₈	56''00'00.00"	234°00'00,00		10000,000	10000.000
B						

Таблиця № 14. Порівняльна таблиця істинихі зрівноважених значень координат

Назва пунктів	X _{зрівноваж}	X _{ист}	ΔX	Y _{зрівноваж}	Y _{ист}	ΔY
A	10000,000	10000,000	0,000	10000,000	10000,000	0,000
D	8295,423	8295,423	0,000	7653,851	7653,851	0,000
C	10728,132	10728,130	+0,002	7079,626	7079,631	+0,005
D	11969,903	11969,901	+ 0,002	9965,618	9965,615	+0,003
E	11563,907	11563,909	-0,002	11408,153	11408,150	+0,003
F	10192,016	1092,021	+ 0,005	12746,036	12746,034	+0,002
G	8403,638	8403,640	-0,002	12879,908	12879,909	-0.001
H	7158,306	7158,305	+0,001	11916,747	11916,748	-0,001
I	7373,307	7373,307	0,000	10091,727	10091,726	+0,001

$$\sum \Delta Y^2 + \sum \Delta X^2 = 92mm^2$$

Середня квадратична похибка визначення координат пунктів

$$M_{X,Y} = \sqrt{\frac{92}{18}} = 2,26 \text{ мм.}$$

5. Дослідження необхідної точності визначення координат пунктів.

Положення по земельно-кадастровій інвентаризації земель населених пунктів [1] регламентує облікову одиницю площі в містах республіканського і обласного значення рівну 1 кв м.

Приймаючи до уваги, що найбільш поширеним способом розмічування контурів ділянок і знімання меж землекористування є полярний спосіб, то середня квадратична похибка визначення контурної точки m_p буде

$$m_p = \sqrt{m_d^2 + \frac{m_\beta^2}{p^2} d^2} \quad (5.1)$$

де m_B - середня квадратична похибка виміру горизонтальних кутів (або їх побудови);

p - число секунд в 1 радіані;

d — полярна віддаль. Розглянемо точність визначення положення точки p при використанні самих сучасних засобів виміру, які забезпечать $m_d = 1$ мм і $m_B = 2''$

Тоді, при $d=100$ м, отримаємо

$$m_p = \sqrt{1^2 + \left(\frac{2 \cdot 100000}{206265}\right)^2} = 1.39 \text{ мм}$$

При $d = 200$ $m_p = 2,18$ мм; при $d=300$ м середня квадратична похибка визначення положення контурної точки складе 3,07 мм; при $d=400$ м $m_p = 4$ мм і при $d=500$ м $m_p = 4,95$ мм. Помітимо, що (формула (5.1) не враховує середньої квадратичної похибки визначення геодезичного пункту, над яким центровано електронний тахеометр для визначення планового положення контурних точок границь землекористування- Якщо контури визначаються з різних пунктів геодезичної опори, то необхідно врахувати похибку вихідних даних (геодезичного пункту). Тоді формула (5.1) набуде вигляду

$$m_p = \sqrt{m_d^2 + \frac{m_\beta^2}{p^2} d^2 + m_r^2} \quad (5.2)$$

Нехай нам відома точність опорного геодезичного пункту $m_r = 5$ мм. Тоді точність визначення контурної точки приводиться в таблиці №15.

Таблиця № 15. Точність визначення планового положення контурних точок

D(м)	100	200	300	400	500
$m_r = 5$ мм $m_p(\text{мм})$	5.19	5.45	5,87	6,40	7,03
$m_r = 3$ мм $m_p(\text{мм})$	3.31	3.71	4.29	5.00	5.75
$m_r = 3$ мм $m_F(\text{кв.м})$	Для полігону і з 9 точок 0.993 2.226 . 3 86				8.685
$m_r = 3$ мм; $m_F(\text{кв.м})$	Для полігону і з 4 точок 0.6 1.2 1.8			2.4	3

Аналітичним способом площі F розраховуються по координатам вершин X_i, Y_i за форму-

$$\text{лою: } F = 0,5 \sum_{i=1}^n X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1}) \quad (5.3)$$

де n - число вершин полігону;

i – поточна точка.

Диференціюючи (5.3) по незалежним змінним, отримаємо:

$$dF = 0,5 \sum_{i=1}^n [dX_i (Y_{i+1} - Y_{i-1}) + X_i (dY_{i+1} - dY_{i-1})] \quad (5.4)$$

Переходячи до середніх квадратичних похибок, будемо мати:

$$m_F = 0,5 \sqrt{\sum_{i=1}^n [m_{X_i}^2 (Y_{i+1} - Y_{i-1})^2 + X_i^2 (m_{Y_{i+1}}^2 + m_{Y_{i-1}}^2)]} \quad (5.5)$$

Формула (5.5) і буде строго формулою для розрахунку середньої квадратичної похибки визначення площ.

Вважаючи середні квадратичні похибки визначення координат однаковими, тобто

$$m_{X_i} = m_{Y_i} = m_{Y_{i-1}} = m_{X_{i-1}},$$

формула (5.5) буде :

$$m_F = 0,5 m_{X,Y} \sqrt{\sum_{i=1}^n [(Y_{i+1} - Y_{i-1})^2 + 2X_i^2]} \quad (5.6)$$

Для того, щоб великі значення асцис не впливали на точність визначення площ, представимо формулу (5.6) у вигляді:

$$m_F = 0,5 m_{X,Y} \sqrt{\sum_{i=1}^n [(Y_{i+1} - Y_{i-1})^2 + 2(X_i - X_{\min})^2]} \quad (5.7)$$

де X_{\min} – найменша абсциса полігону. За формулою (5.7) складена програма на програмованих мікрокалькуляторах Електроніка МК 61 і МК 52.

Для квадрату, зорієнтованого на координатних осях, запишемо :

$$\Delta Y = X = d_{in} = 4, \text{ тоді}$$

$$m_F = 0,5 m_d \sqrt{8d^2} \quad (5.8)$$

В загальному випадку для незорієнтованого квадрату

$$m_F = 0,5 m_{XY} \sqrt{16d^2}, \text{ або } m_F = 2dm_{XY} \quad (5.9)$$

Поширюючи дану формулу в загальному випадку на багатокутник з n сторонами, отримаємо

$$m_F = 0,5 dm_{XY} \sqrt{4n}; \text{ або } m_F = dm_{XY} \sqrt{n} \quad (5.10)$$

Де m_{XY} – середня квадратична похибка координат вершин ділянки землекористування.

Для квадрату 100.05x100.05 одержимо

$$F_{кв} = 10010.00 \text{ кв.м. за формулою} \quad (5.10)$$

$$m_{Fкк} = 100 \cdot 0,05 \sqrt{4} = 10 \text{ кв.м.}$$

Тобто, маючи координати чотирьох пунктів полігону у вигляді чотирикутника з точністю до 5 см, отримаємо точність визначення площі в 10 кв м. Маючи координати пунктів з точністю 5 мм отримаємо пи значення площі в 1 кв м.

Нехай полігон складається із 9 контурних точок, тоді отримаємо середню квадратичну похибку площі, приведену у табл. 15 на основі спрощеної формули (5.10)

Висновки

Таким чином, на основі даних табл. 15 робимо висновок, що маючи координати пунктів з точністю 3 мм. і визнаючи координати контурних точках електронним тахеометром з точністю вимірювання кутів "2" і віддалей 1мм при чотирьох точках полігону, можливе віддалення визначувальних контурних точок до 200м від пункту. При цьому"необхідно досягати густоту пунктів - 1 пункт на 4" га. площі.

Якщо маємо точність опорних пунктів в 5 мм., то віддаленість відбивача електронного тахеометра від пункту не повинна перевищувати 100 м і **густота** пунктів повинна бути 1 пункт на 1 га.

Приймаючи до уваги, що державні геодезичні мережі мають точність координат пунктів в кращому випадку 5-10 см, на основі проведених досліджень можна зробити висновок, що існуючі державні мережі не забезпечують облікової одиниці площі 1 кв. м. на території міст республіканського і обласного значення.

Генеруючи істинні похибки вимірювання сторін 1 мм + 1 мм на км і кутів з точністю "0,4" як в полігонометрії 1 класу і "0,7" як в триангуляції 1 класу забезпечується похибка координат пунктів 3-5 мм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Положення по земельно-кадастровій інвентаризації земель населених пунктів, Київ, 1997,-! 4с.
2. Літнароч Р.М. Дослідження точності геодезичних робіт для забезпечення облікової одиниці площі при інвентаризації земель. Навчальний посібник з курсу "Методи наукових досліджень" частина I,-РДТУ. м. Рівне, 1998, - 14с.
3. Літнароч Р. М. Проект і дослідження геодезичної основи міста Рівне методом несучильних спостережень триангуляції. Навчальний посібник з курсу "Методи наукових досліджень" частина III, РДТУ. м. Рівне, 1998,-14с.
4. Літнароч Р. М. Проект і дослідження геодезичної основи міста Рівне методом трилатерації. Навчальний посібник з курсу "Методи наукових досліджень" частина IV, РДТУ. м. Рівне, 1998, - 16с.
5. Літнароч Р. М. Проект і дослідження геодезичної основи міста Рівне лінійно-кутовим методом несучильних спостережень . Навчальний посібник з курсу "Методи наукових досліджень" частина V, РДТУ. м. Рівне, 1998, - 32с.

Літнарівч Руслан Миколайович ,
доцент кандидат технічних наук

Проект і дослідження тріангуляції обласного центру для забезпечення облікової одиниці площі

Навчальний посібник
з курсу "Основні геодезичні роботи"
Частина II

Комп'ютерний набір і редагування тексту у видавничому редакторі Word ®for Windows®

Халдай Павло Сергійович

**ЧЕРНІГІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ
ЕКОНОМІКИ І УПРАВЛІННЯ**

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

(04622) 5-66-97