

**Міністерство освіти і науки України
Чернігівський державний інститут економіки і управління
Кафедра геодезії і фотограмметрії**

М. Г. Чеграхчи

**Проект
і дослідження прецизійної тріангуляції
міста Чернігова для забезпечення
облікової одиниці площі**

Модель МГЧ -21

Науковий керівник:
кандидат технічних наук,
доцент Літнарівич Р.М.

Чернігів, 2003

УДК 528.31

Чеграхчи М.Г. Проект і дослідження прецизійної триангуляції Чернігова для забезпечення облікової одиниці площі. Модель МГЧ -21. Науковий керівник Р.М.Літнарівич. ЧДІЕ-іУ, 2002, - 19 с.

Зміст

Введення.....	3
1. Постановка проблеми дослідження. Побудова істинної моделі.....	4
2. Побудова і зрівноваження спотвореної моделі.....	7
3. Таблиці коефіцієнтів умовних і нормальних рівнянь.....	9
4. Порівняльний аналіз точності елементів мережі.....	12
5. Дослідження необхідної точності і визначення координат пунктів...	15
Висновки.....	17
Література.....	18

Рецензент: к.т.н., доцент Кравцов М.І.

Відповідальний за випуск: д.т.н., професор Бурачек В.Г.

© Чеграхчи М.Г., Літнарівич Р.М.

Введення

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

На території міста проектується 7 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.

Проводиться строге зрівноваження мережі з оцінкою точності результатів.

Дається порівняльний аналіз з елементами істинної моделі.

Центральний пункт 1 запроектовано на даху 14 поверхового будинку готелю Градецького з якого є добра видимість на 7 пунктів, що розташовані у різних частинах міста.

Вихідний базис 1-2 вимірюється з точністю 1:1000000. Довжина базисної сторони 4620,000 м. Координати визначені у відносній системі координат. Пункт 2 запроектовано на даху Діагностичного центру на відстані 4620,000 м від пункту 1. Пункт 3 розташовується на даху Річкового вокзалу. Пункт 4 закріплюється на даху Троїцької лаври, пункт 5 на даху 9 поверхового будинку по вулиці Заньковецького, пункт 6 на 9 поверховому будинку по вулиці Красносільського, пункт 7 на 9 поверховому будинку по вул.Волковича.

1. Постановка проблеми дослідження. Побудова істинної моделі

На мал.1 проведена схема триангуляції міста Чернігова. Геодезичним транспортиром виміряні кути запроектованих трикутників з точністю до $0,5^\circ$. 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

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

де S_{AB} - довжина виміряного базиса,

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

Полюсне умовне рівняння при цьому буде

$$\frac{10^6}{\rho^n} \left[\text{ctg}B_1(B_1) + \text{ctg}B_2(B_2) + \text{ctg}B_3(B_3) + \text{ctg}B_4(B_4) + \text{ctg}B_5(B_5) + \text{ctg}B_6(B_6) + \right] + W_{\text{пол.}} = 0 \quad (1.6)$$

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

$(B_i), (A_i)$ - 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 задовільнятися умова горизонту, якщо вимірюються кути

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

де (C_i) - поправки в центральні кути C_i

$$\text{При цьому } W_r = \sum_{i=1}^7 c_i - 360^\circ \quad (1.9)$$

В даній мережі повинно задовільнятися вісім умовних рівнянь фігур

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

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

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

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

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

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

$$\text{де } W_i = A_i + B_i + C_i - 180^\circ \quad (1.17)$$

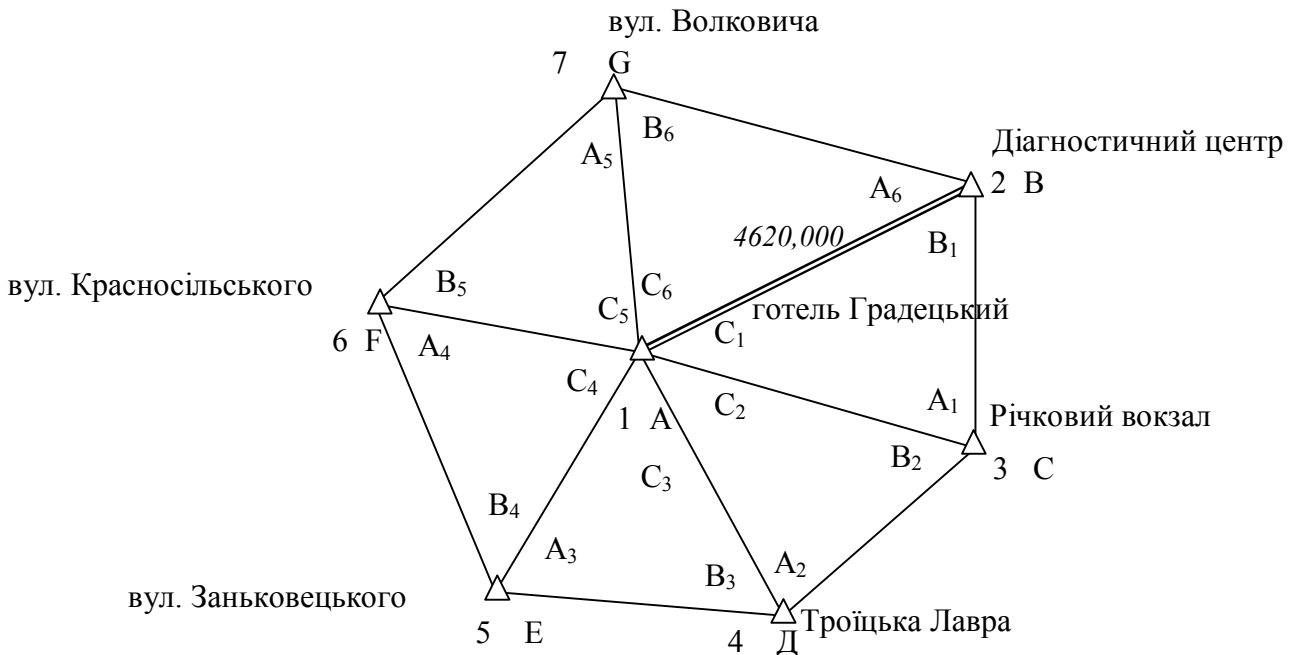


Рис. 1. Проект спеціальної мережі триангуляції міста Чернігова

Таблиця № 1. Розрахунок істинної похибки

	α_i	α_i^2	Δ	Δ^2
1	-0,447	0,199	-0,671	0,450
2	-0,102	0,010	-0,154	0,024
3	0,123	0,015	0,185	0,034
4	-0,403	0,162	-0,605	0,367
5	-0,364	0,132	-0,546	0,298
6	-0,263	0,069	-0,395	0,156
7	0,236	0,056	0,355	0,126
8	0,121	0,015	0,182	0,033
9	0,228	0,052	0,343	0,118
10	0,006	0,000	0,009	0,000
11	0,246	0,061	0,370	0,137
12	-0,093	0,009	-0,140	0,020
13	-0,353	0,124	-0,530	0,281
14	0,333	0,111	0,500	0,250
15	0,455	0,207	0,684	0,467
16	-0,205	0,042	-0,307	0,095
17	-0,081	0,007	-0,122	0,015
18	-0,065	0,004	-0,098	0,010
	$\{\alpha_i^2\} =$	1,277	$\{\Delta^2\} =$	2,880
	$m\alpha_i =$	0,266	$m\Delta_i =$	0,4
	$\kappa =$	1,502		

2. Побудова і зрівноваження спотвореної моделі

Таблиця 2. Побудова моделі мережі триангуляції

№ тр.	аз. т.	істинні значення кутів	істинні значення сторін	істинні похибки	виміряні кути	V'	попередньо виправлені кути	sin	сторони	V''	зрівноважені кути	sin	сторони
1	A1	86:22:21,190	4620,000	-0,671	86:22:20,519	0,213	86:22:20,732	0,99799639	4620,000	0,196	86:22:20,928	0,997996454	4620,0000
	C1	60:00:00,000	4009,069	-0,154	59:59:59,846	0,213	60:00:00,060	0,86602555	4009,070	0,040	60:00:00,100	0,866025646	4009,0708
	B1	33:37:38,810	2563,648	0,185	33:37:38,995	0,213	33:37:39,208	0,5537921	2563,656	-0,236	33:37:38,972	0,553791146	2563,6515
	Σ	180:00:00,000			179:59:59,360	0,640	180:00:00,000			0,000	180:00:00,000		
2	A2	62:52:21,190	2563,648	-0,605	62:52:20,585	0,516	62:52:21,100	0,88999428	2563,656	0,179	62:52:21,279	0,889994673	2563,6515
	C2	50:00:00,000	2206,607	-0,546	49:59:59,454	0,516	49:59:59,970	0,76604435	2206,614	-0,100	49:59:59,869	0,766044036	2206,6086
	B2	67:07:38,810	2654,030	-0,395	67:07:38,415	0,516	67:07:38,930	0,92137193	2654,040	-0,079	67:07:38,852	0,921371786	2654,0340
	Σ	180:00:00,000			179:59:58,453	1,547	180:00:00,000			0,000	180:00:00,000		
3	A3	61:52:21,190	2654,030	0,355	61:52:21,545	-0,293	61:52:21,252	0,88190127	2654,040	0,218	61:52:21,470	0,881901769	2654,0340
	C3	67:00:00,000	2770,206	0,182	67:00:00,182	-0,293	66:59:59,888	0,92050464	2770,215	-0,067	66:59:59,821	0,920504515	2770,2068
	B3	51:07:38,810	2342,982	0,343	51:07:39,153	-0,293	51:07:38,860	0,77854403	2342,991	-0,151	51:07:38,709	0,778543573	2342,9833
	Σ	180:00:00,000			180:00:00,880	-0,880	180:00:00,000			0,000	180:00:00,000		
4	A4	53:52:21,190	2342,982	0,009	53:52:21,199	-0,080	53:52:21,120	0,80770734	2342,991	0,203	53:52:21,322	0,807707919	2342,9833
	C4	50:00:00,000	2222,127	0,370	50:00:00,370	-0,080	50:00:00,290	0,76604435	2222,138	-0,136	50:00:00,154	0,766044923	2222,1281

	B4	76:07:38,81 0	2816,169 6	-0,140	76:07:38,67 0	-0,080	76:07:38,59 0	0,970831 19	2816,180 1	- 0,066	76:07:38,52 4	0,970831 117	2816,1679
	Σ	180:00:00,0 00			180:00:00,2 40	-0,240	180:00:00,0 00			0,000	180:00:00,0 00		
5	A5	64:22:21,19 0	2816,169 6	-0,530	64:22:20,66 0	-0,218	64:22:20,44 2	0,901623 87	2816,180 1	0,184	64:22:20,62 6	0,901624 252	2816,1679
	C5	54:00:00,00 0	2526,913 0	0,500	54:00:00,50 0	-0,218	54:00:00,28 2	0,809017 8	2526,929 4	- 0,086	54:00:00,19 6	0,809017 552	2526,9166
	B5	61:37:38,81 0	2748,237 6	0,684	61:37:39,49 4	-0,218	61:37:39,27 6	0,879877 39	2748,256 0	- 0,097	61:37:39,17 8	0,879877 166	2748,2422
	Σ	180:00:00,0 00			180:00:00,6 54	-0,654	180:00:00,0 00			0,000	180:00:00,0 00		
6	A6	33:22:21,19 0	2748,237 6	-0,307	33:22:20,88 3	0,176	33:22:21,05 8	0,550080 22	2748,256 0	0,363	33:22:21,42 1	0,550081 684	2748,2422
	C6	79:00:00,00 0	4904,270 0	-0,122	78:59:59,87 8	0,176	79:00:00,05 4	0,981627 23	4904,308 3	- 0,194	78:59:59,86 0	0,981627 054	4904,2697
	B6	67:37:38,81 0	4620,000 6	-0,098	67:37:38,71 2	0,176	67:37:38,88 8	0,924728 62	4620,037 1	- 0,169	67:37:38,71 9	0,924728 309	4620,0000
	Σ	180:00:00,0 00			179:59:59,4 72	0,528	180:00:00,0 00			0,000	180:00:00,0 00		
					ΣV ² =	1,447						ΣV' ² =	0,531

При розрахунку по програмі знаходяться вільні члени умовних рівнянь фігур за формулою (1.17). Визначається первинна поправка за умови фігур

$$V''_{\beta} = -W_{\phi} / 3 \quad (1.18)$$

І вводиться у виміряні кути

$$A'_i = A_i + V'_{\beta}; B'_i = B_i + V'_{\beta}; C'_i = C_i + V_{\beta} \quad (1.19)$$

Поправки за умови полюсу у зв'язуючі кути трикутників знаходяться за формулою

$$V'' = -W_{\text{пол}} / \sum \delta_i \quad (1.20)$$

$$\text{Де } \sum \delta_i = \sum (\delta_{A_i} + \delta_{B_i}) \quad (1.21)$$

$$\delta_{A_i} = (\text{ctg} A_i / \rho'') * 10^6 \quad (1.22)$$

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

3. Таблиці коефіцієнтів умовних і нормальних рівнянь

Таблиця № 3. Розрахунок вільного члена умовного рівняння горизонту

Назви кутів	$\Delta\beta = 0,4''$
C ₁	60:00:00,060
C ₂	49:59:59,970
C ₃	66:59:59,888
C ₄	50:00:00,290
C ₅	54:00:00,282
C ₆	79:00:00,054
\sum	360:00:00,544
W	0,544''
S _{1,2}	4620,0371
Wпол.	8,029''

Таблиця № 4. Коефіцієнти умовних рівнянь і вагових функцій

По пр.	Умовні рівняння фігур						Р-ня II групи		A ₁	B ₁	F ₁	F ₁
	1	2	3	4	5	6	A го п	впол				
(A ₁)	1							-0,307	-0,333	-2,635	-0,333	-2,635
(C ₁)	1						1		0,667	-2,327	0,667	-2,327
(B ₁)	1							7,289	-0,333	4,962	-0,333	4,962
(A ₂)		1						-2,484	-0,333	-2,338	-0,333	-2,338
(C ₂)		1					1		0,667	0,146	0,667	0,146
(B ₂)		1						2,045	-0,333	2,191	-0,333	2,191
(A ₃)			1					-2,592	-0,333	-3,030	-0,333	-3,030
(C ₃)			1				1		0,667	-0,439	0,667	-0,439
(B ₃)			1					3,908	-0,333	3,469	-0,333	3,469
(A ₄)				1				-3,539	-0,333	-2,758		
(C ₄)				1			1		0,667	0,781		
(B ₄)				1				1,197	-0,333	1,978		
(A ₅)					1			-2,326	-0,333	-2,423		
(C ₅)					1		1		0,667	-0,098		
(B ₅)					1			2,618	-0,333	2,521		
(A ₆)						1		-7,360	-0,333	-5,572		
(C ₆)						1	1		0,667	1,788		
(B ₆)						1		1,996	-0,333	3,784		
$W\Delta\beta = 0.4$	0,640	1,547	-0,880	-0,240	-0,654	0,528	0,544	8,029	0,544	8,029		

Перетворені коефіцієнти при двогруповому способі зрівноваження розрахуються за формулою

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

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

Поправки в кути розраховані за формулою

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

де K_1 і K_2 – 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.

Таблиця N 5. Коефіцієнти нормальних рівнянь.

	A]	B]	F1]	F2]	$W\Delta$ $\beta = 0,4$	Σ
[A	4,000	-0,149	2,000	-2,620	0,544	3,775
[B		141,609	-2,620	68,681	8,029	215,551
[F1			2,000	-2,620		63,441
[F2				68,681		132,122

Таблиця №6. Рішення нормальних рівнянь і вагових функцій.

№	K,	K ₂	F _A	F _λ	W	Σ
1	4,000	-0,149	2,000	-2,620	0,544	3,775
2	-1	0,03718722	-0,5	0,65498962	-0,136	-0,944
3	Контроль					-0,944
4		141,609	-2,620	68,681	8,029	215,551
5		-0,006	0,074	-0,097	0,020	0,140
6		141,604	-2,546	68,584	8,049	215,691
7		-1	0,018	-0,484	-0,057	-1,523
8	Контроль					-1,523
9			2,000	68,681		
10			-1,000	-1,716		
11			-0,046	-33,217		
12		Σ	0,954	33,748		
13	к 1	к 2	1/P _a	1/P _b		
14	- 0,13804 3	- 0,05684 5				

Помітимо, що точність вимірювання кутів 0,4" прийнята у полігонометрії 1 класу,

Таблиця № 7. Розрахунок вільного члена умовного рівняння горизонту	
наз. кутів	знач. кутів
C ₁	60:00:00,100
C ₂	49:59:59,869
C ₃	66:59:59,821
C ₄	50:00:00,154
C ₅	54:00:00,196
C ₆	78:59:59,860
ΣC_i	360:00:00,000
W _r	0,000

4. Порівняльний аналіз точності елементів мережі

Таблиця № 8. Розрахунок істинних значень координат.

Назва	Ф-ла	Іст.знач.кутів	Дир.кути	Сторони	ΔX	ΔY	X	Y
1			78:00:00,000	4620,0000	960,5520	4519,0419	10000,0000	10000,0000
2	B1	33:37:38,810					10960,5520	14519,0419
			224:22:21,190	4009,0693	-	-2803,6263		
3	A1+B2	153:30:00,000			2865,7139		8094,8381	11715,4156
			250:52:21,190	2206,6073	-723,0402	-2084,7850		
4	A2+B3	114:00:00,000					7371,7979	9630,6305
			316:52:21,190	2770,2063	2021,7932	-1893,7781		
5	A3+B4	138:00:00,000					9393,5911	7736,8525
			358:52:21,190	2222,1275	2221,6973	-43,7235		
6	A4+B5	115:30:00,000					11615,2884	7693,1290
			63:22:21,190	2526,9130	1132,5305	2258,9077		
7	A5	64:22:21,190					12747,8189	9952,0367
			179:00:00,000	2748,2376	-	47,9634		
1	360-C6	281:00:00,000			2747,8190		9999,9999	10000,0001
			78:00:00,000					

Таблиця № 9. Розрахунок зрівноважених значень координат при $\Delta\beta = 0,4$

Назва	Ф-ла	Зр.знач.кутів	Дир.кути	Сторони	ΔX	ΔY	X	Y
1			78:00:00,000	4620,0000	960,5520	4519,0419	10000,0000	10000,0000
2	B1	33:37:38,972					10960,5520	14519,0419
			224:22:21,028	4009,0708	-	-		
3	A1+B2	153:29:59,780			2865,7172	2803,6252	8094,8348	11715,4168
			250:52:21,248	2206,6086	-723,0400	-		
4	A2+B3	113:59:59,988				2084,7865	7371,7948	9630,6302
			316:52:21,260	2770,2068	2021,7942	-		
5	A3+B4	137:59:59,994				1893,7777	9393,5890	7736,8525
			358:52:21,267	2222,1281	2221,6979	-43,7226		
6	A4+B5	115:30:00,501					11615,2869	7693,1299
			63:22:20,766	2526,9166	1132,5368	2258,9086		
7	A5	64:22:20,626					12747,8237	9952,0384
			179:00:00,140	2748,2422	-	47,9616		
1	360-C6	281:00:00,140			2747,8237		10000,0000	10000,0000
			78:00:00,000					

Таблиця № 10. Порівняльна таблиця істинних і зрівноважених значень координат ($\Delta\beta = 0.4$)

Назва пунктів	$X_{\text{зрівноваж}}$	$X_{\text{іст}}$	ΔX , мм	$Y_{\text{зрівноваж}}$	$Y_{\text{іст}}$	ΔY , мм
1	10000,0000	10000,0000	0,00	10000,0000	10000,0000	0,00
2	10960,5520	10960,5520	0,00	14519,0419	14519,0419	0,00
3	8094,8348	8094,8381	-3,30	11715,4168	11715,4156	1,17
4	7371,7948	7371,7979	-3,15	9630,6302	9630,6305	-0,29
5	9393,5890	9393,5911	-2,12	7736,8525	7736,8525	0,03
6	11615,2869	11615,2884	-1,48	7693,1299	7693,1290	0,85
7	12747,8237	12747,8189	4,76	9952,0384	9952,0367	1,71
$m_{x,y}$	1,99	$\sum \Delta X^2$	50,23		$\sum \Delta X^2$	5,11

Середня квадратична похибка розрахунку координат:

$$m_{xy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 \Delta X^2 + \sum_{i=1}^7 \Delta Y^2}{n}} = 1,99 \text{ мм}$$

Середня квадратична похибка розрахунку одиниці ваги

$$\mu = \sqrt{\frac{[v^1 v^1]}{r^1} + \frac{[v'' v'']}{r^2}} = 0,71''$$

де v^1 v'' - первинні і вторинні поправки.

Розраховуючи сумарну поправку $v = v^1 + v''$, середня квадратична похибка одиниці ваги буде

$$\mu' = \sqrt{\frac{[vv]}{r}} = 0,50''$$

середня квадратична похибка моделювання кута, розрахована по формуле ГАУССА

$$m_{\beta}' = \sqrt{\frac{[\Delta\Delta]'}{n}} = 0,40''$$

середня квадратична похибка моделювання кута, розрахована за формулою ФЕРРЕРО

$$m_{\beta}' = \sqrt{\frac{[ww]'}{3 \cdot 6}} = 0,49''$$

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

$$m_{aAF} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{AE}}} = 0,70$$

Середня квадратична похибка сторони АЕ в найбіль слабому місті буде

$$m_{AF} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_{SAE}}} = 4.14$$

$$m_{SAE} = 4.14 * \left(\frac{S_{AF}}{10^6} \right) = 0,0097 \text{ м}$$

Відносна похибка

$$f_{\text{відн}} = \frac{1}{2342,9916} = \frac{1}{241545}$$

$$0,0097$$

Таблиця № 11. Порівняльна таблиця істинних і зрівноважених дирекційних кутів

	αзрівн.	αіст.	Δα
1	78:00:00,000	78:00:00,000	0,000
2	224:22:21,381	224:22:21,190	0,191
3	250:52:21,183	250:52:21,190	-0,007
4	316:52:21,292	316:52:21,190	0,102
5	358:52:21,334	358:52:21,190	0,144
6	63:22:21,077	63:22:21,190	-0,113
7	178:59:59,694	179:00:00,000	-0,306
<i>mα</i> =	0,17	Σ ² =	0,17

Таблиця 12. Порівняльна таблиця істинних і зрівняних сторін

Назва	S зрівн.	S іст.	ΔS (мм)
1	4620,0000	4620,0000	0,00
2	4009,0735	4009,0693	4,20
3	2563,6448	2563,6480	-3,20
4	2206,6051	2206,6073	-2,20
5	2654,0312	2654,0306	0,60
6	2770,2087	2770,2063	2,40
7	2342,9861	2342,9829	3,20
8	2222,1210	2222,1275	-6,50
9	2816,1694	2816,1696	-0,20
10	2526,9119	2526,9130	-1,10
11	2748,2347	2748,2376	-2,90
12	4904,2722	4904,2700	2,20
		Σ ² =	66,02
		<i>ms</i> =	2,35
		<i>f4-5</i> відн. =	1
			1181012

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 рівню 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 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 $d=200$ м $m_p=2,18$ 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 формулою:

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

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

$$m_{X_i} = m_{Y_i} = m_{Y_i - 1} = m_{X_{iY}},$$

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.

Для квадрату, зорієнтованого на координатних осях, запишемо :

$$\Delta Y = X = d \cdot n = 4, \text{ тоді}$$

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

В загальному випадку для незорієнтованого квадрату

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

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

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

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

Для квадрату 100.05x100.05 одержимо

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

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

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-Ю 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 забезпечується похибка координат пунктів 3-5 мм.

Література

1. Положення по земельно-кадастровій інвентаризації земель населених пунктів. Київ, 1997, -14 с.
2. Літнарович Р.М. Дослідження точності геодезичних робіт для забезпечення облікової одиниці площі при інвентаризації земель.
3. Літнарович Р.М. Проект і дослідження тріангуляції обласного центру для забезпечення облікової одиниці площі. Навчальний посібник з курсу „Основні геодезичні роботи”. Частина II. ЧДІЕіУ, Чернігів, 2001, - 27 с.

**Кафедра геоінформатики і геодезії
Чеграхчи Михайло Геннадійович
Проект і дослідження прецизійної тріангуляції міста Чернігова для
забезпечення облікової одиниці площі**

**Науковий керівник:
- кандидат технічних наук, доцент Р.М.Літнарівч**

Комп'ютерний набір в редакторі Word Чеграхчи М. Г.

М. Чернігів, вул. Стрілецька, 1

Тел. (0462) 179-308

(04622) 5-61-70

(04622) 5-66-97

URL: www.geci.cn.ua

E-mail: rector@geci.cn.ua