

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою

Кафедра геодезії та картографії

05-04-138М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних і самостійних робіт з навчальної
дисципліни «Геодезія» **частина 3 «Полігонометрія та
тахеометричне знімання»**
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій»
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» усіх форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості ННІАЗ
Протокол №12 від 20.02.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних і самостійних робіт з навчальної дисципліни «Геодезія» частина 3 «Полігонометрія та тахеометричне знімання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» усіх форм навчання [Електронне видання] / Янчук О. Є., Трохимець С. М., Прокопчук А. В., Лагоднюк О. А., Німкович Р. С. – Рівне : НУВГП, 2024. – 68 с.

Укладачі:

Янчук О. Є., к.т.н., доцент кафедри геодезії та картографії НУВГП; Трохимець С. М., ст. викл. кафедри геодезії та картографії НУВГП; Прокопчук А. В., ст. викл. кафедри геодезії та картографії НУВГП; Лагоднюк О. А., к.т.н., доцент, заступник ректора з розвитку інформаційних систем, керівник офісу цифрової трансформації Українського католицького університету; Німкович Р. С., старший лаборант, який має повну вищу освіту, навчально-наукової лабораторії «Геодезії та землеустрою» кафедри геодезії та картографії НУВГП.

Відповідальний за випуск:

Янчук Р. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри геодезії та картографії НУВГП.

Керівник групи забезпечення спеціальності:

Янчук Р. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри геодезії та картографії НУВГП.

© О. Є. Янчук, С. М. Трохимець,
А. В. Прокопчук, О. А. Лагоднюк,
Р. С. Німкович, 2024

© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2024

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ПЕРЕДМОВА	4
ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ.....	5
Лабораторна робота №1 Зрівноваження мережі полігонометричних ходів способом послідовних наближень. 5	
Лабораторна робота №2 Зрівноваження мережі полігонометричних ходів в програмному комплексі CREDO	22
Лабораторна робота №3 Вимірювання довжин ліній та кутів за триштативною системою	28
Лабораторна робота №4 Тахеометричне знімання	35
Лабораторна робота №5 Опрацювання геодезичних спостережень в програмному комплексі CREDO	52
ЛІТЕРАТУРА.....	58
ДОДАТКИ.....	60
Додаток А Вихідні дані для виконання зрівноваження мережі полігонометричних ходів 1 розряду способом послідовних наближень	60

ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки складено відповідно до програми навчальної дисципліни «Геодезія» та призначено для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» усіх форм навчання.

Третя частина методичних вказівок до лабораторних занять з дисципліни має за мету ознайомити студентів з методикою вимірювань та зрівноваження полігонометричних ходів та мереж. Наведено послідовність зрівноваження мережі полігонометричних ходів способом послідовних наближень та з використанням спеціалізованих програмних продуктів; описано послідовність виконання вимірювань під час прокладання полігонометричного ходу та виконання тахеометричного знімання. В кінці лабораторних робіт наведені завдання для самостійного виконання, а також контрольні запитання для опрацювання матеріалу, що дозволяє студентам набути обсяг знань, потрібних для успішного виконання лабораторних робіт та їх захисту.

Для реалізації поставлених завдань застосовується широкий спектр технічного обладнання та спеціалізованих програмних продуктів. У методичних вказівках наведено послідовність виконання лабораторних робіт та приклади отриманих результатів.

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Лабораторна робота №1

Зрівноваження мережі полігонометричних ходів способом послідовних наближень.

Мета: зрівноважити мережу полігонометричних ходів 1 розряду способом послідовних наближень.

Завдання:

- 1) Вибрати із додатку А вихідні дані згідно заданого варіанту.
- 2) Викреслити схему та укрупнену схему мережі полігонометричних ходів, розрахувати і заповнити відомості:
 - обчислення координат;
 - зрівноваження дирекційних кутів вузлових напрямків полігонометричної мережі;
 - зрівноваження абсцис вузлових точок;
 - зрівноваження ординат вузлових точок;
- 3) обчислити ваги вузлових точок за формулою В. Козлова.
- 4) Виконати оцінку точності та обчислити СКП обчислених координат вузлових точок та напрямків.

Послідовність виконання роботи

Принцип зрівноваження мережі способом послідовних наближень описано у лабораторній роботі №5 методичних вказівок 05-04-136М.

Необхідно зрівноважити мережу полігонометричних ходів, що спираються на пункти триангуляції, та провести оцінку точності кінцевих значень дирекційних кутів вузлових напрямків і координат вузлових точок.

Робота розпочинається із побудови *схеми мережі* полігонометричних ходів за такими правилами (див. також вимоги до оформлення схеми у лабораторній роботі №1 методичних вказівок 05-04-136М):

- 1) Складається сама схема, де підписуються назви (номери) всіх пунктів (точок), а також номери ходів в кружечку.
- 2) У вузлах відображаються фіктивні напрями.
- 3) Виписуються виміряні кути (позначаються дугами) та довжини ліній (горизонтальні прокладення).

На *укрупненій схемі мережі* вказується (рис. 1.1):

- 1) Назви (номери) вихідних та вузлових пунктів (точок) та напрямів.
- 2) В стовпчик записують номер ходу, кількість кутів, довжину ходу, суму виміряних кутів.
- 3) Схематично вказують виміряні кути (ліві чи праві за ходом).

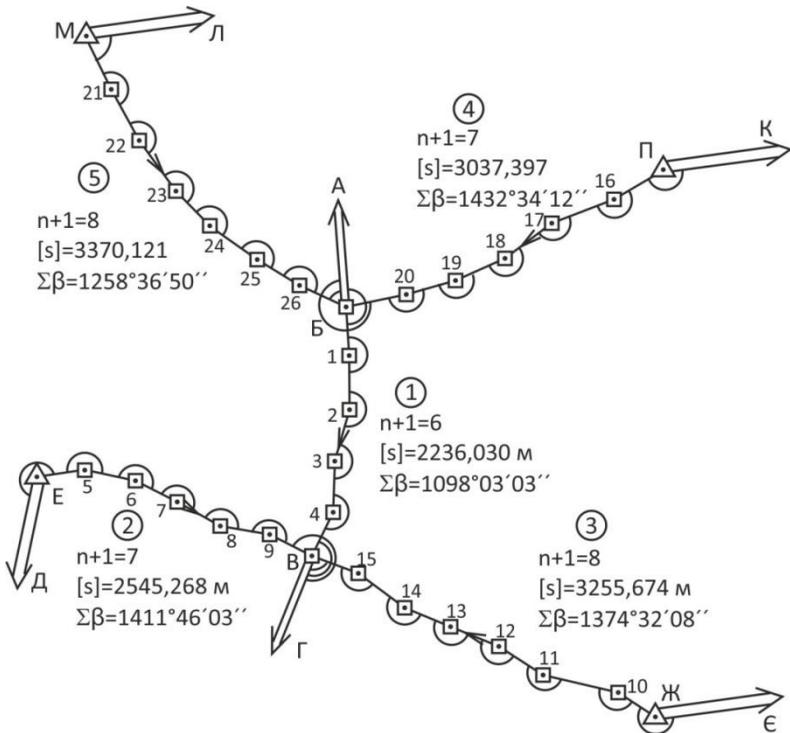


Рис. 1.1. Укрупнена схема полігонометричної мережі 4 класу

Приклад зрівноваження наведено в таблицях 1.1-1.4.

Вирахування починають із відомостей обчислення координат точок полігонометричних ходів (табл. 1.1), куди виписуються виміряні кути та довжини сторін й вихідні координати за варіантом. Підбиваються суми виміряних кутів та сторін в кожному ході. Далі визначають дирекційні кути вихідних напрямків за формулами (1.1).

Таблиця 1.1

ВІДОМІСТЬ

вирахування координат точок полігонометричних ходів 1 розряду

№ пункту	Виміряні кути β	Виправлені кути β'	Дирекційні кути α	Довжини ліній S , м	Прирости координат, м				Координати, м	
					Виміряні		Виправлені			
					ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X	Y
Хід 1										
А			191°57'04"							
Б	^{-1"} 164°19'55"	164°19'54"							4678,989	12248,108
			176°16'58"	426,564	-425,667	⁺⁶ +27,655	-425,667	+27,661		
1	^{-2"} 183°22'01"	183°21'59"							4253,322	12275,769
			179°38'57"	472,360	⁻¹ -472,351	⁺⁶ +2,892	-472,352	+2,898		
2	^{-1"} 196°14'48"	196°14'47"							3780,970	12278,667
			195°53'44"	459,707	-442,129	⁺⁶ -125,907	-442,129	-125,901		
3	^{-2"} 166°09'27"	166°09'25"							3338,841	12152,766
			182°03'09"	454,952	-454,660	⁺⁶ -16,294	-454,660	-16,288		
4	^{-1"} 203°42'14"	203°42'13"							2884,181	12136,478
			205°45'22"	422,447	-380,478	⁺⁶ -183,571	-380,478	-183,565		
В	^{-2"} 184°14'38"	184°14'36"							2503,703	11952,913
Г			209°59'58"							

$$\sum \beta_{np} = 1098^\circ 03' 03''$$

$$P = 2236,030 \text{ м} \quad \sum \Delta X_{np} = -2175,285 \text{ м}$$

$$\sum \Delta Y_{np} = -295,225 \text{ м}$$

$$\sum \beta_m = \alpha_k - \alpha_n + 180(n+1) = 1098^\circ 02' 54'' \quad \sum \Delta X_m = X_K - X_{II} = -2175,286 \text{ м} \quad \sum \Delta Y_m = Y_K - Y_{II} = -295,195 \text{ м}$$

$$f_\beta = \sum \beta_{np} - \sum \beta_m = +9'' \quad f_x = \sum \Delta X_{np} - \sum \Delta X_m = +0,001 \text{ м} \quad f_y = \sum \Delta Y_{np} - \sum \Delta Y_m = -0,030 \text{ м}$$

$$f_{\beta_{cp}} = \pm 10'' \sqrt{n+1} \pm 10'' \sqrt{5+1} = \pm 24,5'' \quad f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \pm 0,030 \text{ м} \quad f_{відн} = \frac{1}{P/f_{abc}} = \frac{1}{2236,030/0,030} = \frac{1}{74500} < \frac{1}{10000}$$

продовження таблиці 1.1

№ пункту	Виміряні кути β	Виправлені кути β'	Дирекційні кути α	Довжини ліній S , м	Прирости координат, м				Координати, м	
					Виміряні		Виправлені		X	Y
					ΔX	ΔY	ΔX	ΔY		
Хід 2										
Д			58°13'50"							
Е	^{+1"} 203°13'52"	203°13'53"	81°27'43"	416,444	-6	-5	+61,822	+411,824	3194,891	9574,572
5	^{+1"} 200°50'25"	200°50'26"	102°18'09"	451,437	-6	-6	-96,189	+441,070	3256,713	9986,396
6	194°51'35"	194°51'35"	117°09'44"	405,840	-5	-5	-96,189	+441,070	3160,518	10427,460
7	^{+1"} 182°23'10"	182°23'11"	119°32'55"	427,555	-6	-5	-185,271	+361,083	2975,242	10788,538
8	160°09'20"	160°09'20"	99°42'15"	432,942	-6	-5	-210,854	+371,946	2764,382	11160,479
9	^{+1"} 197°27'51"	197°27'52"	117°10'07"	411,050	-6	-5	-72,977	+426,747	2691,399	11587,221
В	^{+1"} 227°49'50"	227°49'51"	209°59'58"				-187,690	+365,697	2503,703	11952,913
Г										

$$\begin{aligned} \sum \beta_{np} &= 1411^\circ 46' 03'' & P &= 2545,268 \text{ м} & \sum \Delta X_{np} &= -691,153 \text{ м} & \sum \Delta Y_{np} &= +2378,372 \text{ м} \\ \sum \beta_m &= \alpha_k - \alpha_n + 180(n+1) = 1411^\circ 46' 08'' & \sum \Delta X_m &= X_K - X_{II} = -691,188 \text{ м} & \sum \Delta Y_m &= Y_K - Y_{II} = +2378,341 \text{ м} \\ f_\beta &= \sum \beta_{np} - \sum \beta_m = -5'' & f_x &= \sum \Delta X_{np} - \sum \Delta X_m = +0,035 \text{ м} & f_y &= \sum \Delta Y_{np} - \sum \Delta Y_m = +0,031 \text{ м} \\ f_{\beta_{cp}} &= \pm 10'' \sqrt{n+1} = \pm 10'' \sqrt{6+1} = \pm 26,5'' & f_{\text{аос}} &= \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \pm 0,047 \text{ м} & f_{\text{відн}} &= \frac{1}{P/f_{\text{аос}}} = \frac{1}{2545,268/0,047} = \frac{1}{54100} < \frac{1}{10000} \end{aligned}$$

продовження таблиці 1.1

№ пункту	Виміряні кути β	Виправлені кути β'	Дирекційні кути α	Довжини ліній S , м	Прирости координат, м				Координати, м	
					Виміряні		Виправлені		X	Y
					ΔX	ΔY	ΔX	ΔY		
Хід 3										
Є			275°27'44"							
Ж	+1" 191°53'52"	191°53'53"	287°21'37"	508,328	+6	-1			1138,401	14883,334
10	+1" 183°50'50"	183°50'51"	291°12'28"	479,122	+151.674	-485.172	+151.680	-485.173	1290,081	14398,161
11	+1" 191°57'15"	191°57'15"	303°09'43"	456,325	+173.323	-446.673	+173.329	-446.674	1463,410	13951,487
12	+1" 169°17'43"	169°17'44"	292°27'27"	451,913	+249.613	-382.002	+249.619	-382.002	1713,029	13569,485
13	+1" 180°08'23"	180°08'24"	292°35'51"	429,750	+172.630	-417.641	+172.636	-417.642	1885,665	13151,843
14	+1" 194°14'55"	194°14'55"	306°50'46"	501,083	+165.134	-396.757	+165.140	-396.758	2050,805	12755,085
15	+1" 163°57'17"	163°57'18"	290°48'04"	429,153	+300.483	-400.991	+300.489	-400.991	2351,294	12354,094
В	+1" 99°11'53"	99°11'54"	209°59'58"		+152.403	-401.180	+152.409	-401.181	2503,703	11952,913
Г										

$$\sum \beta_{np} = 1374^{\circ}32'08'' \quad P=3255,674 \text{ м}$$

$$\sum \beta_m = \alpha_{\kappa} - \alpha_n + 180(n+1) = 1374^{\circ}32'14''$$

$$f_{\beta} = \sum \beta_{np} - \sum \beta_m = -6''$$

$$f_{\beta_{cp}} = \pm 10'' \sqrt{n+1} = \pm 10'' \sqrt{7+1} = \pm 28,3''$$

$$\sum \Delta X_{np} = +1365,260 \text{ м}$$

$$\sum \Delta X_m = X_K - X_{II} = +1365,302 \text{ м}$$

$$f_x = \sum \Delta X_{np} - \sum \Delta X_m = -0,042 \text{ м}$$

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \pm 0,042 \text{ м}$$

$$\sum \Delta Y_{np} = -2930,416 \text{ м}$$

$$\sum \Delta Y_m = Y_K - Y_{II} - 2930,421 \text{ м}$$

$$f_y = \sum \Delta Y_{np} - \sum \Delta Y_m = +0,005 \text{ м}$$

$$f_{oidn} = \frac{1}{P/f_{abc}} = \frac{1}{3255,674/0,042} = \frac{1}{77500} < \frac{1}{10000}$$

продовження таблиці 1.1

№ пункту	Виміряні кути β	Виправлені кути β'	Дирекційні кути α	Довжини ліній S , м	Прирости координат, м				Координати, м	
					Виміряні		Виправлені		X	Y
					ΔX	ΔY	ΔX	ΔY		
Хід 4										
К			199°22'58"							
П	-1" 225°55'18	225°55'17	245°18'15"	508,532	-8 -212,465	+1 -462,021	-212,473	-462,020	5579,565	15113,241
16	-1" 189°38'53	189°38'52	254°57'07"	576,053	-8 -149,560	+1 -556,299	-149,568	-556,298	5367,092	14651,221
17	-1" 163°55'33	163°55'32	238°52'39"	509,201	-7 -263,190	+1 -435,909	-263,197	-435,908	5217,524	14094,923
18	-1" 192°54'52	192°54'51	251°47'30"	468,847	-8 -146,502	+1 -445,370	-146,510	-445,369	4954,327	13659,015
19	-1" 188°16'44	188°16'43	260°04'13"	442,754	-8 -76,349	+1 -436,122	-76,357	-436,121	4807,817	13213,646
20	-1" 184°16'14	184°16'13	264°20'26"	532,010	-7 -52,464	+1 -529,417	-52,471	-529,417	4731,460	12777,525
Б	287°36'38	287°36'38	11°57'04"						4678,989	12248,108
А										

$$\begin{aligned} \sum \beta_{np} &= 1432^{\circ}34'12'' & P &= 3037,397 \text{ м} & \sum \Delta X_{np} &= -900,530 \text{ м} & \sum \Delta Y_{np} &= -2865,138 \text{ м} \\ \sum \beta_m &= \alpha_k - \alpha_n + 180(n+1) = 1432^{\circ}34'06'' & \sum \Delta X_m &= X_K - X_{II} = -900,576 \text{ м} & \sum \Delta Y_m &= Y_K - Y_{II} = -2865,133 \text{ м} \\ f_{\beta} &= \sum \beta_{np} - \sum \beta_m = +6'' & f_x &= \sum \Delta X_{np} - \sum \Delta X_m = +0,046 \text{ м} & f_y &= \sum \Delta Y_{np} - \sum \Delta Y_m = -0,005 \text{ м} \\ f_{\beta_{cp}} &= \pm 10''\sqrt{n+1} = \pm 10''\sqrt{6+1} = \pm 26,5'' & f_{\text{абс}} &= \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \pm 0,046 \text{ м} & f_{\text{відн}} &= \frac{1}{P/f_{\text{абс}}} = \frac{1}{3037,397/0,046} = \frac{1}{66000} < \frac{1}{10000} \end{aligned}$$

продовження таблиці 1.1

№ пункту	Виміряні кути β	Виправлені кути β'	Дирекційні кути α	Довжини ліній S , м	Прирости координат, м				Координати, м	
					Виміряні		Виправлені		X	Y
					ΔX	ΔY	ΔX	ΔY		
Хід 5										
Л			193°36'50"							
М	-1" 146°32'09"	146°32'08"							7269,260	10254,167
21			160°08'58"	517,825	+8	+5				
	177°31'22"	177°31'22"			-487,057	+175,837	-487,049	+175,842	6782,211	10430,009
22	-1" 172°38'38"	172°38'37"	157°40'20"	508,295	+8	+5				
	172°38'38"	172°38'37"			-470,186	+193,104	-470,178	+193,109	6312,033	10623,118
23			150°18'57"	544,323	+7	+6				
	171°41'48"	171°41'48"			-472,891	+269,559	-472,884	+269,565	5839,149	10892,683
24	-1" 169°25'03"	169°25'02"	142°00'45"	438,718	+8	+5				
	169°25'03"	169°25'02"			-345,773	+270,026	-345,765	+270,031	5493,384	11162,714
25			131°25'47"	487,693	+8	+5				
	176°27'26"	176°27'26"			-322,707	+365,657	-322,699	+365,662	5170,685	11528,376
26	-1" 173°01'45"	173°01'44"	127°53'13"	429,047	+7	+6				
	173°01'45"	173°01'44"			-263,480	+338,614	-263,473	+338,620	4907,212	11866,996
Б			120°54'57"	444,220	+8	+5				
	71°02'07"	71°02'07"			-228,231	+381,107	-228,223	+381,112	4678,989	12248,108
А			11°57'04"							

$$\sum \beta_{np} = 1258^{\circ}20'18''$$

$$P = 3370,121 \text{ м}$$

$$\sum \Delta X_{np} = -2590,325 \text{ м}$$

$$\sum \Delta Y_{np} = +1993,904 \text{ м}$$

$$\sum \beta_m = \alpha_k - \alpha_n + 180(n+1) = 1258^{\circ}20'14''$$

$$\sum \Delta X_m = X_k - X_n = -2590,271 \text{ м}$$

$$\sum \Delta Y_m = Y_k - Y_n = +1993,941 \text{ м}$$

$$f_{\beta} = \sum \beta_{np} - \sum \beta_m = +4''$$

$$f_x = \sum \Delta X_{np} - \sum \Delta X_m = -0,054 \text{ м}$$

$$f_y = \sum \Delta Y_{np} - \sum \Delta Y_m = -0,037 \text{ м}$$

$$f_{\beta_{cp}} = \pm 10'' \sqrt{n+1} = \pm 10'' \sqrt{7+1} = \pm 28,3'' \quad f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \pm 0,065 \text{ м} \quad f_{відн} = \frac{1}{P/f_{абс}} = \frac{1}{3370,121/0,065} = \frac{1}{51800} < \frac{1}{10000}$$

Таблиця 1.2

Зрівноваження дирекційних кутів вузлових напрямків полігонометричної мережі 1 розряду
способом послідовних наближень

Назва вузлового напрямку	№ ходу	Назви вихідних дирекційних кутів	Значення вихідних дирекційних кутів	Сума виміряних кутів $\sum\beta$	Число кутів $n+1$	Вага $p = \frac{c}{n+1}$	Наближення			v''	pv	pv^2
							I	II	III			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Б-А	1	Г-В		1098°03'03"	6	1,67		11°56'57"	11°56'55"	+9	+15,0	135,3
	4	К-П	199°22'58"	1432°34'12"	7	1,43	11°57'10"	11°57'10"	11°57'10"	-6	-8,6	51,5
	5	Л-М	193°36'50"	1258°20'18"	8	1,25	11°57'08"	11°57'08"	11°57'08"	-4	-5,0	20,0
						4,35	11°57'09"	11°57'04"	11°57'04"	+1,4		
В-Г	1	А-Б		1098°03'03"	6	1,67	210°00'12"	210°00'07"	210°00'07"	-9	-15,0	-
	2	Д-Е	58°13'50"	1411°46'03"	7	1,43	209°59'53"	209°59'53"	209°59'53"	+5	+7,2	35,8
	3	Є-Ж	275°27'44"	1374°32'08"	8	1,25	209°59'52"	209°59'52"	209°59'52"	+6	+7,5	45,0
						4,35	210°00'00"	209°59'58"	209°59'58"	-0,3 287,6		

Таблиця 1.3

Зрівноваження абсцис вузлових точок полігонометричної мережі 1 розряду
способом послідовних наближень

Назва вузла	№ ходу	Назва вихідних пунктів	Значення абсцис вихідних пунктів	Сума виміряних приростів $\sum \Delta x_{пр,м}$	Число сторін ходу, n	Вага	Наближення			v_x	pv	pv^2
						$p = \frac{c}{n}$	I	II	III			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Б	1	В		+2175,285	5	2,00		4678,988		+1	+2,0	2,0
	4	П	5579,565	-900,530	6	1,67	4679,035	4679,035		-46	-76,8	3533,7
	5	М	7269,260	-2590,325	7	1,43	4678,935	4678,935		+54	+77,2	4169,9
5,10							4678,989	4678,989		+2,4		
В	1	Б		-2175,285	5	2,00	2503,704	2503,704		-1	-2,0	-
	2	Е	3194,891	-691,153	6	1,67	2503,738	2503,738		-35	-58,4	2045,8
	3	Ж	1138,401	+1365,260	7	1,43	2503,661	2503,661		+42	+60,1	2522,5
5,10							2503,703	2503,703		-0,3 12273,9		

Таблиця 1.4

Зрівноваження ординат вузлових точок полігонометричної мережі 1 розряду
способом послідовних наближень

Назва вузла	№ ходу	Назва вихідних пунктів	Значення ординат вихідних пунктів	Сума виміряних приростів $\sum \Delta u_{np, M}$	Число сторін ходу, n	Вага $p = \frac{c}{n}$	Наближення				v_y	pv	pv^2
							I	II	III	IV			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Б	1	В		+295,225	5	2,00		12248,130	12248,137	12248,137	-30	-60,0	1800,0
	4	П	15113,241	-2865,138	6	1,67	12248,103	12248,103	12248,103	12248,103	+4	+6,7	26,7
	5	М	10254,167	+1993,904	7	1,43	12248,071	12248,071	12248,071	12248,071	+36	+51,5	1853,3
							5,10	12248,088	12248,105	12248,107	12248,107	-1,8	
В	1	Б		-295,225	5	2,00	11952,863	11952,880	11952,882		+30	+60,0	-
	2	Е	9574,572	+2378,372	6	1,67	11952,944	11952,944	11952,944		-32	-53,4	1710,1
	3	Ж	14883,334	-2930,416	7	1,43	11952,918	11952,918	11952,918		-6	-8,6	51,5
							5,10	11952,905	11952,912	11952,912		-2,0	5441,6

$$r_{12} = \operatorname{arctg} \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \operatorname{arctg} \frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)}. \quad (1.1)$$

Дирекційний кут напрямку 1-2 вираховується за румбом з врахуванням чверті, яка визначається за знаками приростів координат ΔX ; ΔY (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Знаходження дирекційного кута за румбами

№ чверті	Знаки приростів	Формули
I	$\frac{+\Delta Y}{+\Delta X}$	$\alpha = r$
II	$\frac{+\Delta Y}{-\Delta X}$	$\alpha = 180^\circ - r $
III	$\frac{-\Delta Y}{-\Delta X}$	$\alpha = 180^\circ + r$
IV	$\frac{-\Delta Y}{+\Delta X}$	$\alpha = 360^\circ - r $

Визначені дирекційні кути записуються у відомості обчислення координат точок полігонометричних ходів (табл. 1.1).

Зрівноваження дирекційних кутів вузлових напрямків *Б-А* та *В-Г* (табл. 1.2) виконується в наступному порядку. Спочатку заповнюють графи 1-6 таблиці 1.2. В графу 1 записують назви вузлових напрямків, в графу 2 – номери ходів, що сходяться у даному вузлі. В графу 3 виписують із схеми назви вихідних дирекційних кутів, а в графу 4 – їх значення, вираховані за координатами вихідних точок. В графу 5 виписують із таблиці 1.1 суми вимірних кутів, а в графу 6 – їх кількість. Потім вираховують вагу кожного ходу за формулою (1.2) і записують в графу 7.

$$p_\alpha = \frac{c}{n+1}, \quad (1.2)$$

де c – константа, ($c=10$); $n+1$ – число кутів.

У першому наближенні (для наведеного прикладу) значення дирекційного кута вузлового напрямку *Б-А* отримують двічі з ходів 4 та 5, використовуючи формулу

$$\alpha_k = \alpha_n + \sum \beta_l - 180^\circ(n + 1) \quad (1.3)$$

Наведена формула використовується у випадку лівих вимірних кутів.

У першому наближенні дирекційний кут $B-A$ отримують як середньозважене із значень, вирахованих з ходів 4 та 5.

Перше наближення дирекційного кута $B-G$ отримують як середньозважене із значень, вирахованих з ходів 1, 2, 3. Слід пам'ятати, що для вирахування дирекційного кута $B-G$ з ходу 1 використовується не кут $B-A$, отриманий в першому наближенні, а зворотній йому $A-B$, вирахований за формулою:

$$\alpha_{A-B} = \alpha_{B-A} \pm 180^\circ \quad (1.4)$$

Після завершення першого наближення переходять до другого, вираховуючи дирекційні кути вузлових напрямків в тій самій послідовності. При кожному наступному наближенні у якості вихідних використовуються значення дирекційних кутів, отриманих на попередніх етапах. Друге наближення дирекційного кута $B-A$ отримують вже як середньозважене із значень, вирахованих із ходів 1, 4, 5. Слід мати на увазі, що при вирахуванні в другому та наступних наближеннях дирекційного кута $B-A$ з ходу 1, напрямок ходу змінюється на протилежний, отже вимірні кути β будуть правими і дирекційний кут буде вираховуватись за формулою:

$$\alpha_k = \alpha_n - \sum \beta_n + 180^\circ(n + 1) \quad (1.5)$$

Крім того, в даному ході, як і у вищезгаданому випадку, вирахований в попередньому наближенні дирекційний кут $B-G$ замінюється на зворотній $G-B$. Розрахунки завершують, коли значення двох останніх наближень не відрізняються між собою.

Після вирахування кінцевих значень дирекційних кутів визначають поправки v_{β_i} на кожен хід як різницю між кінцевим значенням і отриманим з i -го ходу в останньому наближенні.

$$v_{\beta_i} = \alpha - \alpha'_i \quad (1.6)$$

Вирахування поправок контролюється співвідношенням

$$[pv] = 0, \quad (1.7)$$

або за наявності помилок заокруглення

$$|[pv]| \leq \beta[p], \quad (1.8)$$

де β – гранична помилка заокруглення величини середнього вагового значення дирекційного кута та поправок.

Далі переходять до обчислення добутків $p_i v_i^2$. Доданків у сумі $[p_i v_i^2]$ має бути стільки, скільки ходів. Ті ходи, які пов'язують сусідні вузли зустрічаються у відомості двічі, тому навпроти них ставляться прочерки там, де вони повторюються (колонка 13).

Після одержання зрівноважених значень дирекційних кутів вузлових напрямків можна приступати до зрівноваження координат вузлових точок. Для цього потрібно мати практичні суми приростів ходів, які вираховують у відомості вирахування полігонометричних ходів (табл. 1.1). Зрівноваження координат вузлових точок виконують способом послідовних наближень окремо для абсцис та ординат. Розглянемо порядок зрівноваження на прикладі абсцис. Зрівноваження виконують в такій послідовності. Заповнюють графі 1-6 табл. 1.3. Далі вираховують ваги ходів за формулою

$$p_x = p_y = \frac{c}{n}, \quad (1.9)$$

де c – константа ($c=10$); n – число сторін в ході.

Формулу (1.9) використовують при вимірюванні ліній світловіддалеміром. Вирахувані ваги записують в графі 7. Обчислене значення абсциси вузлової точки B в першому наближенні вираховують з ходів 4 і 5 за формулою

$$X_k = X_n + \sum \Delta X \quad (1.10)$$

Значення абсциси вузлової точки B в першому наближенні вираховують з ходів 1, 2 та 3, використовуючи для першого ходу абсцису точки B , отриману в першому наближенні.

Після виконання першого наближення переходять до другого, вираховуючи абсциси вузлових точок у тій самій послідовності. За вихідні при кожному наступному обчисленні приймають значення абсцис, отриманих з попередніх наближень. Закінчують розрахунки тоді, коли зрівноважені значення двох останніх наближень будуть однакові (в межах міліметрів).

Після вирахування кінцевих значень абсцис визначають поправки v_x у кожен хід як різницю між кінцевим значенням абсциси і отриманим з i -го ходу в останньому наближенні.

$$v_x = X - X_i' \quad (1.11)$$

Зрівноваження ординат вузлових точок B і V виконують аналогічно до зрівноваження абсцис (табл. 1.4).

Отримавши зрівноважені значення координат вузлових точок їх записують у відомості вирахування координат точок полігонометричних ходів (табл. 1.1). Далі обчислюють теоретичну суму приростів, визначають нев'язки та вводять поправки у виміряні прирости. В результаті отримують виправлені прирости і розраховують координати усіх точок полігонометричних ходів. При розрахунку відносної нев'язки полігонометричного ходу $f_{відн}$, отримані значення в знаменнику заокруглюються до сотень завжди в меншу сторону. Наприклад, якщо знаменник відносної нев'язки рівний 51879, то його потрібно заокруглити до 51800.

Оцінка точності

Після зрівноваження мережі полігонометричних ходів виконується оцінка точності.

Середньоквадратичну помилку (СКП) одиниці ваги μ для напрямків або приростів визначають:

$$\mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-k}} \quad (1.12)$$

де n – кількість всіх ходів, k – кількість вузлових точок.

СКП зрівноважених значень дирекційних кутів, абсцис або ординат визначають так:

$$M_i = \frac{\mu}{\sqrt{P_i}} \quad (1.13)$$

Надійність величин μ та M визначають за формулами:

$$m_\mu = \frac{\mu}{\sqrt{2(n-k)}}; \quad (1.14)$$

$$m_M = \frac{m_\mu}{\sqrt{P_i}} \quad (1.15)$$

Оцінка точності координат вузлових точок виконується окремо для абсцис та ординат і закінчується визначенням СКП планового положення вузлової точки за формулою

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}, \quad (1.16)$$

де M_x, M_y – СКП зрівноважених значень абсциси та ординати вузлової точки.

Для оцінки точності зрівноважених значень (у формулах (1.13) та (1.15)) використовують значення ваг вузлових точок або напрямків, які обчислюють за формулою проф. В. Козлова. Розрахунки виконують у двох наближеннях.

З першого наближення

$$P'_{\alpha_i} = [p_i] - \frac{p_{i,a}^2}{[p]_a} - \frac{p_{i,b}^2}{[p]_b} - \dots - \frac{p_{i,k}^2}{[p]_k}, \quad (1.17)$$

де $[p_i]$ – сума ваг ходів, які сходяться в точці (i); $p_{i,a}, p_{i,b}, \dots, p_{i,k}$, – ваги окремих ходів, які є зв'язуючими між точкою (i) та сусідніми вузловими точками a, b, \dots, k ; $[p]_a, [p]_b, \dots, [p]_k$ – суми ваг ходів, які сходяться у вузлових точках, з якими точка (i) має зв'язуючі ходи.

З другого наближення

$$P''_{\alpha_i} = [p_i] - \frac{p_{i,a}^2}{P'_{\alpha_a}} - \frac{p_{i,b}^2}{P'_{\alpha_b}} - \dots - \frac{p_{i,k}^2}{P'_{\alpha_k}}, \quad (1.18)$$

де $P'_{\alpha_a}, P'_{\alpha_b}, \dots, P'_{\alpha_k}$ – ваги вузлових напрямків (точок) a, b, \dots, k , з якими вузлова точка (i) має зв'язуючі ходи, вираховані в першому наближенні.

Нижче наведено **приклад оцінки точності**.

1. Оцінка точності польових вимірів та зрівноважених значень дирекційних кутів вузлових напрямків

а) СКП одиниці ваги μ_α та її надійність m_{μ_α}

$$\mu_\alpha = \pm \sqrt{\frac{[pv_\alpha^2]}{n-k}} = \pm \sqrt{\frac{287,6}{5-2}} = \pm 9,8''$$

$$m_{\mu_\alpha} = \pm \frac{\mu_\alpha}{\sqrt{2(n-k)}} = \pm \frac{9,8}{\sqrt{2(5-2)}} = \pm 4,0''$$

б) для дирекційного кута $\alpha_{БА}$:

$$P'_{\alpha_{БА}} = p_1 + p_4 + p_5 - \frac{p_1^2}{p_1 + p_2 + p_3} =$$

$$= 1,67 + 1,43 + 1,25 - \frac{1,67^2}{1,67 + 1,43 + 1,25} = 3,71$$

Після розрахунку в першому наближенні ваги дирекційного напрямку α_{BG} , виконують розрахунок ваги напрямку α_{BA} в другому наближенні:

$$P''_{\alpha_{BA}} = p_1 + p_4 + p_5 - \frac{p_1^2}{P'_{\alpha_{BG}}} = 1,67 + 1,43 + 1,25 - \frac{1,67^2}{3,71} = 3,60$$

$$M_{\alpha_{BA}} = \pm \frac{\mu_{\alpha}}{\sqrt{P''_{\alpha_{BA}}}} = \pm \frac{9,8''}{\sqrt{3,60}} = \pm 5,2''$$

$$m_{M_{\alpha_{BA}}} = \pm \frac{m_{\mu_{\alpha}}}{\sqrt{P''_{\alpha_{BA}}}} = \pm \frac{4,0''}{\sqrt{3,60}} = \pm 2,1''$$

в) для дирекційного кута α_{BG} :

$$P'_{\alpha_{BG}} = p_1 + p_2 + p_3 - \frac{p_1^2}{p_1 + p_4 + p_5} =$$

$$= 1,67 + 1,43 + 1,25 - \frac{1,67^2}{1,67 + 1,43 + 1,25} = 3,71$$

$$P''_{\alpha_{BG}} = p_1 + p_2 + p_3 - \frac{p_1^2}{P'_{\alpha_{BA}}} = 1,67 + 1,43 + 1,25 - \frac{1,67^2}{3,71} = 3,60$$

$$M_{\alpha_{BG}} = \pm \frac{\mu}{\sqrt{P''_{\alpha_{BG}}}} = \pm \frac{9,8''}{\sqrt{3,60}} = \pm 5,2''$$

$$m_{M_{\alpha_{BG}}} = \pm \frac{m_{\mu}}{\sqrt{P''_{\alpha_{BG}}}} = \pm \frac{4,0''}{\sqrt{3,60}} = \pm 2,1''$$

2. Оцінка точності координат вузлових точок

а) СКП одиниці ваги μ_x , μ_y та їх надійність m_{μ_x} , m_{μ_y}

$$\mu_x = \pm \sqrt{\frac{[pv_x^2]}{n-k}} = \pm \sqrt{\frac{12273,9}{5-2}} = \pm 64,0 \text{ мм}$$

$$m_{\mu_x} = \pm \frac{\mu_x}{\sqrt{2(n-k)}} = \pm \frac{64,0}{\sqrt{2(5-2)}} = \pm 26,1 \text{ мм}$$

$$\mu_y = \pm \sqrt{\frac{[pv_y^2]}{n-k}} = \pm \sqrt{\frac{5441,6}{5-2}} = \pm 42,6 \text{ мм}$$

$$m_{\mu_y} = \pm \frac{\mu_y}{\sqrt{2(n-k)}} = \pm \frac{42,6}{\sqrt{2(5-2)}} = \pm 17,4 \text{ мм}$$

б) для точки Б:

$$P'_{x_B} = p_1 + p_4 + p_5 - \frac{p_1^2}{p_1 + p_2 + p_3} =$$

$$= 2,00 + 1,67 + 1,43 - \frac{2,00^2}{2,00 + 1,67 + 1,43} = 4,32$$

$$P''_{x_B} = p_1 + p_4 + p_5 - \frac{p_1^2}{P'_{x_B}} = 2,00 + 1,67 + 1,43 - \frac{2,00^2}{4,32} = 4,17$$

$$M_{x_B} = \pm \frac{\mu_x}{\sqrt{P'_{x_B}}} = \pm \frac{64,0}{\sqrt{4,17}} = \pm 31,3 \text{ мм}$$

$$m_{M_{x_B}} = \pm \frac{m_{\mu_x}}{\sqrt{P''_{x_B}}} = \pm \frac{26,1}{\sqrt{4,17}} = \pm 12,8 \text{ мм}$$

$$P'_{y_B} = p_1 + p_4 + p_5 - \frac{p_1^2}{p_1 + p_2 + p_3} =$$

$$= 2,00 + 1,67 + 1,43 - \frac{2,00^2}{2,00 + 1,67 + 1,43} = 4,32$$

$$P''_{y_B} = p_1 + p_4 + p_5 - \frac{p_1^2}{P'_{y_B}} = 2,00 + 1,67 + 1,43 - \frac{2,00^2}{4,32} = 4,17$$

$$M_{y_B} = \pm \frac{\mu_y}{\sqrt{P'_{y_B}}} = \pm \frac{42,6}{\sqrt{4,17}} = \pm 20,9 \text{ мм}$$

$$m_{M_{y_B}} = \pm \frac{m_{\mu_y}}{\sqrt{P''_{y_B}}} = \pm \frac{17,4}{\sqrt{4,17}} = \pm 8,5 \text{ мм}$$

$$M_B = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{31,3^2 + 20,9^2} = \pm 37,6 \text{ мм}$$

в) для точки В:

Оскільки всі ваги для вузлових точок B та B однакові, то і числові значення всіх СКП для точки B будуть такими ж, як і для точки B .

Завдання для самостійної роботи. Ознайомитися з послідовністю та особливостями зрівноваження мережі полігонометричних ходів іншими спрощеними способами: способом еквівалентної заміни та способом полігонів.

Запитання для контролю.

1. Пояснити суть способу послідовних наближень для мережі полігонометричних ходів.
2. Яка особливість обчислення середньозваженого значення у першому наближенні?
3. Чому у колонці pv^2 є прочерки у деяких рядках?
4. Скільки доданків pv^2 має бути?
5. Для чого використовується формула В. Козлова?
6. Чим відрізняється розрахунок ваг за формулою Козлова у другому наближенні, від першого?
7. За якою формулою обчислюються ваги окремих ходів?
8. Як визначити СКП зрівноважених координат вузлової точки?
9. Як обчислити дирекційний кут за координатами двох точок?

Лабораторна робота №2

Зрівноваження мережі полігонометричних ходів в програмному комплексі CREDO

Мета: навчитись зрівноважувати мережу полігонометричних ходів в програмному комплексі CREDO.

Завдання: за вихідними даними з лабораторної роботи №1 виконати зрівноваження та оцінку точності мережі полігонометричних ходів.

Послідовність зрівноваження

Процес зрівноваження в програмі CREDO_DAT включає такі етапи:

1. Створення нового проекту та опис вихідних даних.
2. Опис полігонометричних ходів.
3. Виконання перевірки правильності введення даних на наявність грубих помилок та виконати зрівноваження.
4. Формування відомостей, каталогів та схем за результатами зрівноваження.

1. Створення нового проекту та опис вихідних даних

Для зрівноваження мережі полігонометричних ходів необхідно запустити програму CREDO_DAT та створити новий проект, викликавши команду «Файл – Створити». Потім потрібно обрати закладку «Пункти ПВО» та описати вихідні дані. Опис виконується в таблиці, у лівій частині робочого вікна. Для зручності опису вихідних даних в даній таблиці можна приховати зайві поля, які не стосуються планових мереж в порядку, описаному в лабораторній роботі №6 методичних вказівок 05-04-136М. Після цієї операції таблиця опису вихідних даних матиме вигляд показаний на рис. 2.1.

Имя	X	Y	Тип XY	Статус XY
<input type="checkbox"/>			Исходный	Уравненный

Рис. 2.1. Таблиця для опису вихідних пунктів

В полі «*Имя*» зазначають назву вихідного пункту, в полях «*X*», «*Y*» його координати, в полі «*Тип XY*» вибирають з випадючого списку «*Вихідний*», натиснувши лівою кнопкою на відповідній комірці таблиці. У правій частині вікна можна переглянути розташування пунктів у плані, виконавши команду «*Вид – Показати все*».

2. Опис полігонометричних ходів

Після опису вихідних пунктів переходять до опису полігонометричних ходів мережі. Це виконується на вкладці «*Теодолітні ходи*», яка містить дві таблиці у лівій частині вікна (рис. 2.2). У верхній таблиці у колонці «*Хід*» зазначаємо номер

ходу відповідно до схеми мережі полігонометричних ходів; у колонці «Метод визначення відстані» обираємо метод визначення відстаней (в нашому випадку – горизонтальне прокладення); у колонці «Клас ХУ» обираємо клас точності ходу. Інформація в колонці «Пункти» заповниться автоматично після опису нижньої таблиці. У разі наявності даних про температуру, тиск та вологість повітря ці дані можна ввести у відповідних графах таблиці. Оскільки у нашому випадку ці дані відсутні, то ці поля таблиці можна приховати.

Ход	Пункти	Метод определ. расст.	Класс (ХУ)
<input type="checkbox"/> 1	Б, 1, ... , В	Горизонтальное проло:	4-класс
<input type="checkbox"/> 2	Е, 5, ... , В	Горизонтальное проло:	4-класс
<input type="checkbox"/> 3	Ж, 10, ... , В	Горизонтальное проло:	4-класс
<input type="checkbox"/> 4	П, 16, ... , Б	Горизонтальное проло:	4-класс
<input type="checkbox"/> 5	М, 21, ... , Б	Горизонтальное проло:	4-класс

Пункт	Гор. угол	Расстояние
▲ А		
Б	178°46'26,00"	484,432
1	165°46'28,00"	455,882
2	199°14'29,00"	420,268
3	173°58'02,00"	415,517
4	176°45'05,00"	432,971
В	203°32'18,00"	
▼ Г		

Рис. 2.2. Таблиці для опису полігонометричних ходів

У нижній таблиці виконують послідовний опис кожного ходу мережі. Для цього відмічаємо потрібний хід у верхній таблиці, а в нижній виконуємо опис його елементів. У колонці «Пункт» зазначаються назви вихідних та проміжних пунктів ходу. У колонках «Гор. кут» та «Відстань» зазначається інформація про горизонтальні кути на пунктах та довжини ліній між ними. У даному прикладі вводяться значення заданих

горизонтальних прокладень. Тому інформація про виміряні вертикальні кути або перевищення не потрібна і відповідні поля таблиці можна приховати (рис. 2.2).

Кожен хід починається та завершується з пунктів, які необхідні тільки для вказання напрямку виміряного кута при прив'язці ходу до базису. Тому на першій і останній точках ходу не повинно бути виміряних горизонтальних кутів (рис. 2.2).

3. Виконання розрахунків та пошук грубих помилок в програмі CREDO_DAT

Порядок виконання аналогічний до зрівноваження нівелірної мережі (лабораторна робота №6 методичних вказівок 05-04-136М). На першому етапі потрібно виконати процедуру попередньої обробки, після виконання якої у правій частині вікна з'явиться схема мережі полігонометричних ходів. Якщо опис мережі виконаний правильно, сформована схема буде відповідати вихідній схемі полігонометричних ходів.

Наступним етапом після попередньої обробки виконують процедуру L1-аналізу, що перевіряє мережу на наявність грубих помилок. У випадку наявності помилок за результатами L1-аналізу планової мережі формуються «Відомість L1-аналіза (мережа)» та «Відомість L1-аналіза (за ходами)», які містять поправки у напрямки та відстані, що вийшли за межі, встановлені в налаштуваннях параметрів аналізу.

У разі відсутності грубих помилок переходять до третього етапу зрівноваження мережі, виконавши команду «Розрахунки – Зрівноваження – Розрахунок» (рис. 2.3).

4. Представлення результатів зрівноваження

За результатами зрівноваження формується каталог координат точок, відомості теодолітних ходів, оцінки точності положення пунктів та характеристик теодолітних ходів. Ознайомитися з ними можна через пункт меню «Відомості», обравши зі списку необхідні відомості.

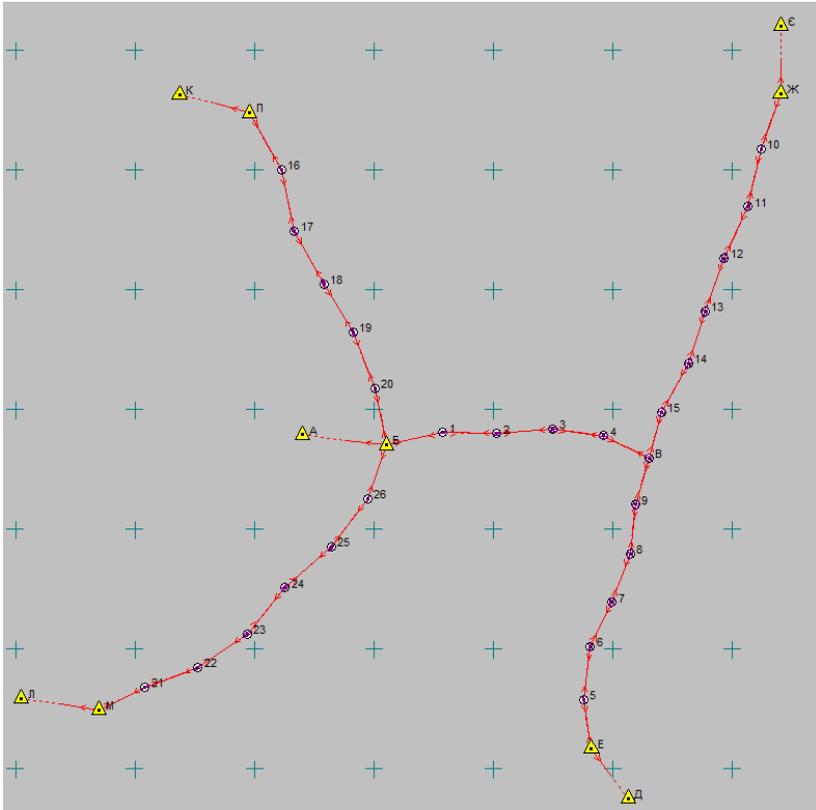


Рис. 2.3 Графічна інтерпретація результатів зрівноваження полігонометричної мережі

До захисту роботи потрібно роздрукувати і представити наступні відомості:

- Характеристики теодолітних ходів

Хід	Клас	Точки ходу	Довжина	N	F_b факт.	F_b доп.	F_x	F_y	F_s	$[S]/F_s$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	4-клас	Б1,...,В	2209,070	6	$-0^{\circ}00'10,6''$	$0^{\circ}00'09,8''$	0,008	0,086	0,087	25468
2	4-клас	Е5,...,В	2555,399	7	$0^{\circ}00'10,2''$	$0^{\circ}00'10,6''$	-0,086	-0,054	0,102	25068
3	4-клас	Ж,...,В	3309,447	8	$-0^{\circ}00'02,1''$	$0^{\circ}00'11,3''$	0,063	0,005	0,064	51929
4	4-клас	П,...,Б	3033,862	7	$-0^{\circ}00'15,9''$	$0^{\circ}00'10,6''$	0,040	0,038	0,056	54628
5	4-клас	М,...,Б	3397,744	8	$-0^{\circ}00'05,0''$	$0^{\circ}00'11,3''$	-0,041	-0,026	0,048	70096

- Відомість теодолітних ходів (за кожним ходом)

Хід	Пункт	Вимірний кут	Вимірний відстань	Дирекційний кут	Урівняна відстань	X	Y
1	20			348°11'19,8"			
	Б	107°32'16,0"	484,432	95°43'37,3"	484,413	12703,307	15104,815
	1	165°46'28,0"	455,882	81°30'07,3"	455,862	12654,968	15586,809
	2	199°14'29,0"	420,268	100°44'38,3"	420,249	12722,332	16037,667
	3	173°58'02,0"	415,517	94°42'42,2"	415,498	12643,989	16450,549
	4	176°45'05,0"	432,971	91°27'49,1"	432,952	12609,859	16864,643
	В	270°25'00,0"		181°52'51,4"		12598,800	17297,453
	9						

- Каталог координат точок

№ з/п	Назва пункту	X, м	Y, м
1	1	12654,968	15586,809
2	2	12722,332	16037,667
...

- Відомість оцінки точності планового положення пунктів за результатами зрівноваження

M _{min}	Пункт	M _{max}	Пункт	M _{середня}
0,056	16	0,199	М	0,128

Пункт	M _x	M _y	M	a	b	α
1	0,129	0,093	0,089	0,097	0,084	141°57'49,6"
2	0,130	0,094	0,090	0,096	0,088	148°57'53,2"
...

Крім відомостей, до захисту представляється **схема мережі**. Порядок її формування описано у лабораторній роботі №6 методичних вказівок 05-04-136М.

Завдання для самостійної роботи. Ознайомитися з послідовністю та особливостями зрівноваження мережі полігонометричних ходів строгими способами: параметричним та корелатним.

Запитання для контролю.

1. На якій вкладці програми виконується опис вихідних координат?
2. На якій вкладці програми виконується опис вимірювань у полігонометричних ходах?
3. Які три основні етапи включає в себе опрацювання введених результатів?
4. Яка відомість містить СКП зрівноважених координат?
5. У якій відомості можна переглянути кутові нев'язки та відносні похибки полігонометричних ходів?

Лабораторна робота №3
Вимірювання довжин ліній та кутів за триштативною системою

Мета: навчитись прокладати полігонометричні ходи і виконувати кутові та лінійні виміри з використанням триштативної системи.

Завдання:

- 1) прокласти замкнутий полігонометричний хід (хід повинен складатись з чотирьох чи більше пунктів, мінімум два з яких мають бути закладені студентами);
- 2) виконати кутові та лінійні вимірювання, застосовуючи триштативну систему;
- 3) заповнити польові журнали та опрацювати їх.

Теоретичні відомості

Для мінімізації похибок за центрування приладу та марок, а також уникнення зайвих центрувань, при вимірюваннях у полігонометричних ходах використовується триштативна система. Мінімізація похибок досягається виконанням умови, що

вісь обертання теодоліту при встановленні його над центром знака повинна займати в просторі теж саме місце, що й вісь обертання марки до та після встановлення теодоліту.

На практиці триштативна система виконується шляхом центрування над трьома сусідніми вершинами A , B та C ходу (рис. 3.1) штативів із закріпленими на них підставками (трегерами). На задньому A та передньому C штативах у трегери встановлюються марки, а на середньому B – теодоліт. Після вимірювання кута штатив разом з підставкою із пункту A переноситься в пункт D , а два інші штативи з підставками залишаються на місці. Марку, яка стояла в точці A , переставляють в трегер, встановлений в точці B , теодоліт переставляють у трегер встановлений у пункті C , а передню марку із пункту C переносять в підставку, встановлену вже на штативі в точці D . За таким принципом послідовно вимірюють всі кути в ході, по чергово переставляючи марки та теодоліт у зцентровані штативи.

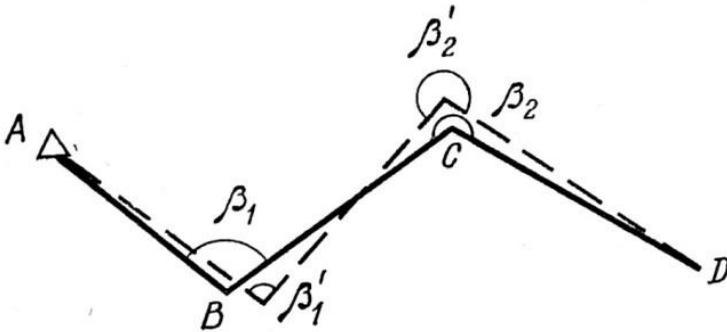


Рис. 3.1. Принцип триштативної системи

Підготовчі роботи та прокладання ходу

Для виконання роботи, студенти діляться на бригади по 4 людини. Після чого, кожна бригада отримує кроки та координати двох вихідних пунктів, які утворюють базис. Потім, студенти, керуючись схемою розташування пунктів (рис. 3.2) та виданими кроками (рис. 3.3), знаходять ці пункти на місцевості.

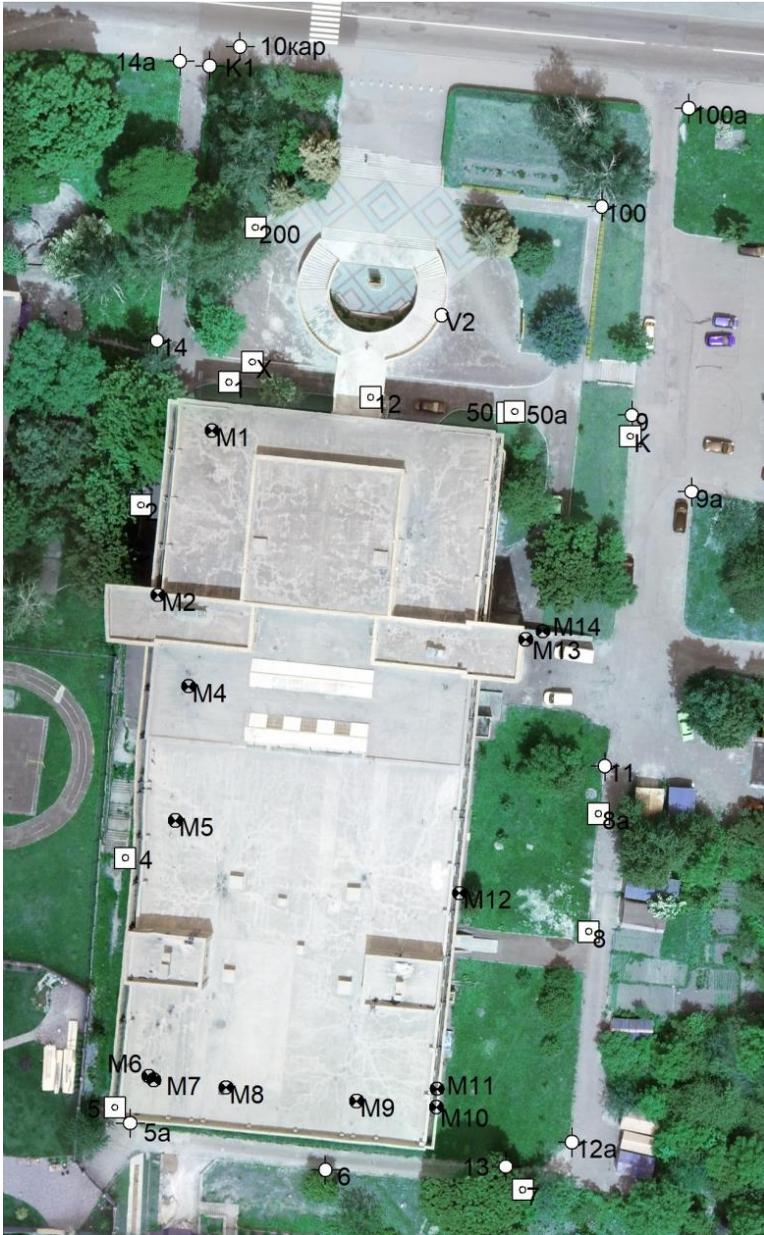


Рис. 3.2 Схема розташування вихідних пунктів

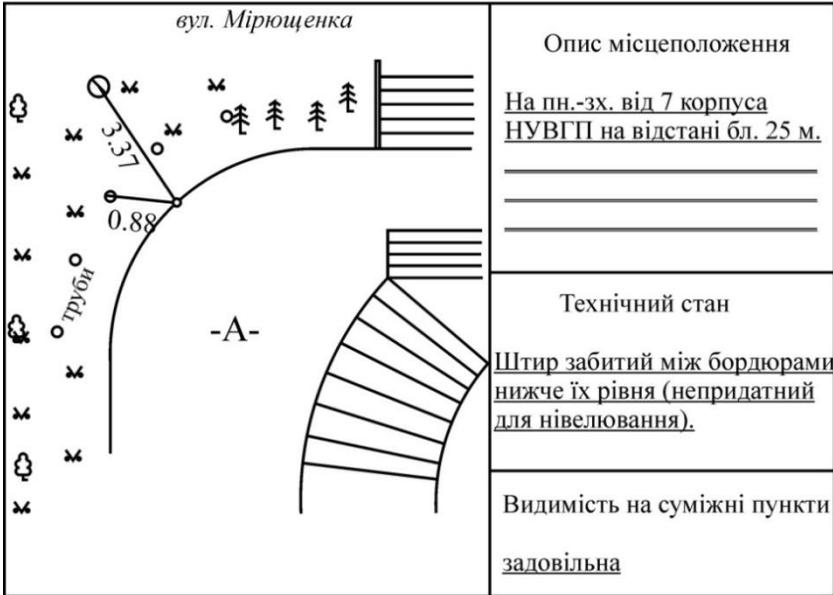
Кроки пункту полігонометрії

Пункт № 200

Клас: 1 розряд

Тип центру: Штир

Об'єкт: 7 корпус НУВГП, вул. Мірюшенка, 53а, м. Рівне



Рік закладки (обстеж.): листопад 2008 р.

Креслив: Німкович Р.С.

Склав: Німкович Р.С., Булакевич С.В.

Перевірив: Лагоднюк О.А.

Рис. 3.3. Кроки пункту полігонометрії

Полігонометричний хід прокладається навколо 7 корпусу університету. При прокладанні ходу можна використовувати існуючі пункти, проте обов'язковою є закладка мінімум 2 власних пунктів на бригаду (забивання монтажного дюбеля в асфальт або між бордюрами) та позначення їх фарбою.

На всі закладені центри пунктів викреслюють картки встановленої форми – кроки. (*Кроки геодезичного пункту* – це картка, де накреслена схема розташування пункту відносно предметів місцевості з обов'язковими промірами до них. Кроки використовуються для відшукування та відновлення пунктів на місцевості.) Для вимірювання кутів використовується спосіб

приймів або кругових приймів (див. лабораторну роботу №1 методичних вказівок 05-04-137М).

Кількість приймів виконують керуючись вимогами інструкції з топографічного знімання, залежно від точності ходу, що прокладається та точності використовуваних приладів.

Записи в журналі виконують кульковою ручкою акуратно і без виправлень. При допущенні помилки у відліках всі записи на станції закреслюють (із зазначенням причини на полях журналу), а виміри виконують повторно.

Під час виконання спостережень потрібно керуватися такими правилами:

- центрування виконують оптичними або лазерними центрами;

- візирні марки встановлюють та центрують над пунктами, між якими будуть виконуватись кутові виміри за допомогою оптичного центра або теодоліта відкріпленого від трегера;

- під час наведення зорової труби на марку необхідно старанно відфокусувати зорову трубу;

- сильно не затискати закріпні гвинти аліади та труби, не опиратися на штатив (але перевіряти стійкість штативу та підставки);

- наводити зорову трубу на візирну марку необхідно одним і тим самим місцем вертикальної нитки або бісектора.

- точне наведення зорової труби навідним гвинтом має закінчуватись на загвинчуванні.

Порядок спостереження на станції під час виконання лінійних вимірів

Вимірювання ліній, так само як і кутів, виконується із застосуванням триштативної системи. Для вимірювання довжин ліній в полігонометричних ходах 4 класу, 1 і 2 розрядів використовуються світловіддалеміри, електронні тахеометри та інші прилади, що забезпечують необхідну точність вимірювання.

Результати вимірів записують в журнал (табл. 3.1). Під час вимірювання ліній світловіддалемірами та електронними тахеометрами в полігонометрії 4 класу слід виконувати три прийоми, 1 і 2 розрядів — два прийоми. У цьому випадку під

прийомом розуміють одне наведення на відбивач і три відліки по табло. Коливання результатів вимірювань у прийомах не повинні перевищувати $3m$, де m — середня квадратична помилка вимірювання віддалі, що взята з паспорта приладу.

Таблиця 3.1

ЖУРНАЛ

вимірювання довжин ліній

Дата: 01.12.2023 р.

Тахеометр 3Та5 №13193

Початок: 8^h40^m

Спостерігав: А.Прокочук

Кінець: 8^h49^m

Погода: сонячно, слабкий вітер

Лінія	I прийом		II прийом		III прийом		Середнє з прийомів
	Відліки	Середня відстань	Відліки	Середня відстань	Відліки	Середня відстань	
1	2	3	4	5	6	7	8
p1-200	30,146	30,147	30,146	30,145			30,146
	30,148		30,144				
	30,146		30,145				
p1-p2	50,699	50,698	50,700	50,699			50,698
	50,698		50,700				
	50,697		50,698				

Порядок вимірювань довжин ліній електронним тахеометром 3Та5

1. Встановити тахеометр у відцентрований трегер. Замість марок у інші два трегери кріпимо світловідбивачі.

2. Відвести зорову трубу вниз на кут близько 20° та увімкнути тахеометр натисканням червоної кнопки (ліворуч від панелі), утримуючи її 1-2 с до висвічування на дисплеї напису:

Tacheometer
3Та5
Version NN

3. Через декілька секунд на дисплеї висвічується повідомлення про стан карти пам'яті (MEMORY O.K – карта пам'яті встановлена), а після цього шаблон попереднього режиму вимірювання, що зберігається після вимкнення тахеометра. При необхідності можна вибрати новий шаблон дисплея натисканням

кнопки  (обираємо шаблон номер точки, горизонтальний *Ha* та вертикальний *V* кути, похила віддаль *D*). Після вибору потрібного шаблону натиснути кнопку .

4. На дисплеї з'явиться повідомлення NO INDEX. Необхідно плавно, без ривків, повернути зорову трубу вверх, а потім вниз відносно горизонту на кут приблизно $\pm 20^\circ$. На дисплеї замість повідомлення NO INDEX відобразиться поточне значення вертикального кута.

5. Прилад готовий до роботи. Для переходу в режим вимірювання натискаємо кнопку .

6. Наводимося на світловідбивач та виконуємо вимірювання натиснувши кнопку .

Порядок вимірювань довжин ліній електронним тахеометром Trimble 3305

1. Встановити тахеометр у відцентрований трегер. Замість марок у інші два трегери кріпимо світловідбивачі.

2. Увімкнути тахеометр натисканням клавіші ON.

На дисплеї відобразиться заставка Trimble, номер версії програмного забезпечення, та значення: додаткової константи, масштабного коефіцієнта, температури та атмосферного тиску.

3. Після цього на дисплеї відображається шаблон попереднього режиму вимірювання, який зберігається після вимкнення тахеометра. Для зміни шаблону використовується крайня ліва функціональна клавіша, яка відображає наступний доступний шаблон. Обираємо шаблон SD (похила відстань, горизонтальний та вертикальний кути).

4. Прилад готовий до роботи. Наводимося на світловідбивач та виконуємо вимірювання, натиснувши кнопку MEAS.

Завдання для самостійної роботи. Розглянути послідовність вимірювання ліній з використанням електронних тахеометрів Sokkia SET630R та Leica 405 Ultra.

Запитання для контролю.

1. У чому полягає суть триштативної системи вимірювання кутів?
2. Які похибки мінімізуються при використанні триштативної системи?
3. Яка послідовність спостережень для вимірювання кутів/ліній з використанням триштативної системи?
4. Що складає один прийом вимірювання довжин ліній у полігонометричному ході 4 класу?
5. Який порядок увімкнення тахеометра 3Та5?
6. Як змінити шаблон вимірювань у тахеометрі 3Та5?
7. Яке допустиме розходження між прийомами при вимірюванні довжин ліній?

Лабораторна робота №4 Тахеометричне знімання

Мета роботи: виконати тахеометричне знімання ділянки електронним тахеометром.

Завдання: з двох станцій (вершини полігонометричного ходу з минулої лабораторної роботи) виконати тахеометричне знімання вказаної ділянки, дотримуючись вимог до знімання в масштабі 1:500.

Теоретичні відомості

Суть тахеометричного знімання полягає в тому, що зі станції, просторові координати якої відомі, визначають планове і висотне положення пікетних точок способом полярних координат.

Під час тахеометричного знімання визначають просторове положення точки місцевості одним наведенням зорової труби на рейку (відбивач), встановлену в цій точці (рис. 4.1). **Процес знімання** рельєфу і ситуації місцевості включає наступні дії:

- вимірюють висоту приладу i на станції – віддалі від верха точки закріпленої на місцевості, до осі обертання труби;

- орієнтують прилад за вихідним напрямком (нуль горизонтального круга має бути встановлений строго на вибрану точку або станцію знімання);

- послідовно наводять трубу на всі необхідні контурні і рельєфні точки, знімають відліки за горизонтальним і вертикальним кругами та віддалеміром тахеометра.

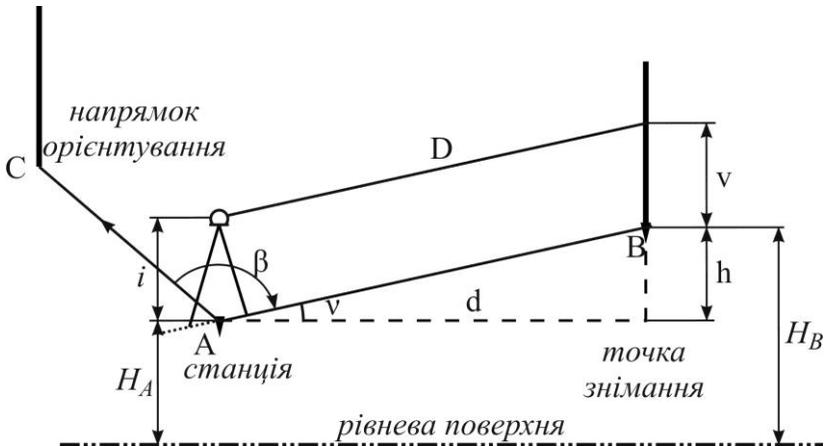


Рис 4.1. Принцип тахеометричного знімання місцевості

Результати вимірів заносять в **польовий журнал** тахеометричного знімання, в який записують: висоту станції $H_{ст}$; висоту приладу i ; значення місця нуля МО; номер пікетної точки; висоту наведення приладу на рейку V ; відлік за віддалеміром теодоліта D ; відліки зняті з ГК та ВК. Якщо використовуються електронні прилади із накопичувачами інформації, то достатньо в полі вести лише абрис знімання, а журнал вимірювань роздрукувати після закінчення знімання.

Під час виконання тахеометричного знімання всі дані заносять в **абрис**, який ведуть на цупкому папері відповідними умовними знаками (з пояснювальними написами). На абрисі слід відобразити всі суттєві контури та форми рельєфу. Тому у випадку великих контурів рекомендується спочатку обійти контур з усіх сторін для встановлення його істинної форми (виконати рекогностування місцевості), щоб потім не довелося

вносити виправлення у абрис. Також на абрисі записуються семантичні характеристики (номери стовпів та напруга ЛЕП; вид підземних комунікацій, матеріал та діаметр труб; номери та поверховість будинків, назви вулиць і річок тощо), які потрібно відображати загальноприйнятими умовними знаками. На абрисі відображаються всі пікетні точки із зазначенням їх номерів, стрілками вказуються схили місцевості, за якими слід інтерполювати горизонталі. Рекомендується виконувати **наскрізну нумерацію пікетних точок на всіх станціях!** У складних випадках корисно доповнювати абрис фотографіями.

Для контролю нерухомості лімба в процесі вимірювань, після закінчення знімання на кожній станції зорову трубу теодоліта наводять на початковий напрямок і записують відлік за горизонтальним кругом. Допускається зміна значення орієнтирного напрямку за період знімання на станції не більше 1.5' при зніманні оптичними тахеометрами та теодолітами і 20" при зніманні електронними тахеометрами та оптичними теодолітами з світловіддалемірними насадками.

Для контролю вимірювань на кожній станції вимірюють дві-три контрольні пікетні точки, які були зняті на попередній станції.

Під час використання електронних тахеометрів та оптичних теодолітів з світловіддалемірними насадками віддалі від знімальних станцій до пікетів і віддалі між пікетами не повинні перевищувати величин, наведених у таблиці 4.1.

Пікетні точки під час знімання рельєфу обов'язково треба обирати на характерних формах рельєфу – вершинах, вододілах, хребтах, сідловинах, улоговинах, долинах, лощинах та в місцях зміни крутизни схилу. Також, необхідно визначати висоти характерних контурних точок місцевості (перехрестя доріг, просік, різких вигинів контурів, гребеня дамб, поверхні землі біля мостів, шлюзів, верхи оглядових колодязів та ін.), які підписуються на плані. Також на плані визначають урізи води в річках, струмках, каналах та інших водних об'єктах, зазначаючи дату на момент знімання.

Таблиця 4.1

Допустимі віддалі між точками при тахеометричному зніманні електронними тахеометрами

Масштаб знімання	Переріз рельєфу, м	Максимальна віддаль між пікетами, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки при зніманні рельєфу, м	Максимальна віддаль від приладу до рейки при зніманні контурів, м
1:5000	0.5	60	1000	1000
	1.0	80	1000	1000
	2.0	100	1000	1000
	5.0	120	1000	1000
1:2000	0.5	40	750	750
	1.0	40	750	750
	2.0	50	750	750
1:1000	0.5	20	600	600
	1.0	30	600	600
1:500	0.5	15	500	500
	1.0	15	500	500

Примітка. При використанні радіостанцій віддалі до контурів збільшуються у 1.5 раза.

Відповідно до вимог інструкції з топографічного знімання **на топографічних планах** масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 достовірно та з потрібною точністю і детальністю (залежно від масштабу плану) **відображують:**

- геодезичні пункти;
- споруди та промислові об'єкти, їхні характеристики згідно з умовними знаками. Будівлі, що виражаються в масштабі плану, відображають за контурами їхніх цоколів. Архітектурні виступи будинків і споруд відображаються, якщо величина їх на плані обраного масштабу 0.5 мм і більше;
- залізниці, шосейні та ґрунтові дороги і споруди при них;
- гідрографія, гідротехнічні об'єкти та об'єкти водопостачання;
- рельєф місцевості, що відображається горизонталями, позначками висот і умовними знаками обривів, скель, ярів,

осипів, зсувів, ям, курганів і т.ін. Форми мікрорельєфу відображають напівгоризонталями або допоміжними горизонталями;

- рослинність деревна, чагарникова, трав'яна, культурна рослинність, окремі дерева і кущі. На планах масштабів 1:1000 та 1:500 на вулицях і проїздах інструментально визначається положення кожного дерева з відображенням його породи, якщо діаметр його стовбура 4 см і більше. В інших випадках (масиви дерев, дерева в садибах і т.ін.) кожне дерево може зніматися інструментально за додатковими вимогами;

- ґрунти і мікроформи земної поверхні;

- державний кордон, межі політико-адміністративні, адміністративні, охоронних природних територій, землекористувань, різні огорожі;

- власні назви населених пунктів, вулиць, залізничних станцій, пристаней, озер, річок, перевалів, долин, ярів та інших географічних об'єктів.

При цьому варто пам'ятати, що середня помилка положення чіткого контуру на плані щодо найближчих пунктів знімального обґрунтування допускається 0,5 мм у масштабі плану (у гірській і лісовій місцевості – 0,7 мм). На територіях з капітальною і багатоповерховою забудовою середні помилки у взаємному положенні на плані точок найближчих контурів (капітальних споруд, будинків тощо) не повинні перевищувати 0,4 мм. Помилка відображення рельєфу залежить від характеру рельєфу і на рівнинній території (кути нахилу до 2°) рівна одній четвертій висоти перетину рельєфу та на території з кутами нахилу понад 2° – одній третій висоти перетину рельєфу. У лісовій місцевості допуски відображення рельєфу збільшуються в 1,5 рази.

Після виконання польових робіт виконують негайну повну камеральну обробку матеріалів знімання.

Порядок вимірювань електронним тахеометром 3Та5

Для увімкнення тахеометра 3Та5 потрібно виконати наступні дії:

1. Зцентрувати та відгоризонтувати тахеометр над точкою.

2. Відвести зорову трубу вниз на кут близько 20° та увімкнути тахеометр натисканням червоної кнопки (ліворуч від панелі), утримуючи її 1-2 с до висвічування на дисплеї напису:

Tacheometer
3Ta5
Version NN

3. Через декілька секунд автоматично висвітлиться повідомлення про стан карти пам'яті (MEMORY O.K – карта пам'яті встановлена), а після цього шаблон попереднього режиму вимірювання, що зберігається після вимкнення тахеометра. При потребі можна вибрати новий шаблон дисплея натисканням кнопки . Вибір потрібного шаблону підтверджуємо кнопкою . Для вимірювань доступно 4 шаблони:

- номер точки, горизонтальний H_a та вертикальний V кути;
- номер точки, горизонтальний H_a та вертикальний V кути, похила віддаль D ;
- номер точки та координати X, Y, H ;
- горизонтальний H_a та вертикальний V кути, горизонтальне закладання $D0$ та перевищення h .

4. На дисплеї відобразиться повідомлення NO INDEX. Необхідно плавно, без ривків, нахилити зорову трубу вверх, а потім вниз відносно горизонту на кут приблизно $\pm 20^\circ$. На дисплеї замість повідомлення NO INDEX відобразиться поточне значення вертикального кута.

5. Прилад готовий до роботи. Для переходу в режим вимірювання натискаємо кнопку .

Для **виконання тахеометричного знімання** потрібно ввести інформацію про станцію знімання та виконати орієнтування тахеометра у наступній послідовності:

- для опису даних про станцію знімання заходимо у пункт MENU -> SET -> STATION NAME;
- навпроти рядка ST Numb вводимо значення номера станції;
- навпроти рядка h; вводимо висоту приладу на станції;
- навпроти рядків Date та Az Numb вводимо дату вимірювань та номер азимута (ці дані вводити не обов'язково, можна їх пропустити натисканням клавіші );

– після цього на дисплеї відобразиться повідомлення про введення координат станції Get Coord. Якщо значення координат станції вводити не потрібно, то відразу натискаємо **MEAS**. Для введення координат станції натискаємо **ENT** та зазначаємо значення $X0$, $Y0$, $H0$;

– для опису пікетних точок заходимо у пункт MENU -> SET -> SET P Numb/hr;

– навпроти рядка P Numb вводим значення номера першого пікета;

– навпроти рядка h вводим висоту відбивача;

– для орієнтування тахеометра обнуленням відліку на початковий напрям заходимо у пункт MENU -> PROG -> ORIENTATION -> ANGLE;

– наводимося на точку орієнтування та натискаємо **0**, після чого на дисплеї на декілька секунд висвічується повідомлення ORIENTATION SET (орієнтування виконано);

– для переходу у режим вимірювання натискаємо кнопку **▶**. Наводимо зорову трубу на відбивач встановлений у пікетній точці та натискаємо **MEAS**. Для запису одержаних результатів вимірювань у пам'ять натискаємо клавішу **REG**. Номер точки записується з результатами вимірювань на карту пам'яті та автоматично збільшується на „1” після запису. Після цього тахеометр готовий до нового вимірювання – наводимо зорову трубу на відбивач встановлений у наступній пікетній точці та виконуємо вимірювання і запис результатів.

Якщо необхідно зазначити метеодані, заходимо у пункт MENU -> SET -> SET T.P. (навігація у меню здійснюється стрілками **▲**, **▼**; вхід у підменю – **ENT**; повернення на попередній рівень – **MENU**). На дисплеї відобразяться символи T (температура, °C) і P (атмосферний тиск, мм рт. ст.) та їх значення, збережені у пам'яті тахеометра після виконання попередніх вимірювань. У разі потреби набираємо нові значення та зберігаємо їх у пам'ять тахеометра натисканням **ENT**. Для видалення помилково набраної цифри використовується кнопка **CE**. Для введення від'ємних величин спочатку необхідно ввести знак „мінус” натисканням відповідної кнопки, після чого послідовно ввести числове значення.

Для перевірки заряду батареї використовується пункт MENU -> TEST -> BATTERY. Для зміни використовуваних одиниць вимірювання – MENU -> CONFIG -> UNITS. Зміна вибраного шаблону вимірювання – MENU -> SET -> DISP.

Порядок вимірювань електронним тахеометром Trimble 3305

1. Зцентрувати тахеометр над точкою, відгоризонтувати за допомогою круглого та циліндричного рівнів.

2. Увімкнути тахеометр натисканням клавіші ON.

На дисплеї відобразиться заставка Trimble, номер версії програмного забезпечення, та значення: додаткової константи, масштабного коефіцієнта, температури та атмосферного тиску.

3. Після цього на дисплеї відобразиться шаблон попереднього режиму вимірювання. Результати вимірювань, код та номер точки розміщуються на двох сторінках, для переходу між якими використовується функціональна клавіша ->2 (для повернення на першу сторінку ->1).

4. Крайня ліва функціональна клавіша використовується для зміни шаблону вимірювань. Вона відображає наступний доступний шаблон – SD (похила відстань SD, горизонтальний кут Hz та вертикальний кут  (або зенітна відстань , або ухил у відсотках )); HzV (горизонтальний кут Hz та вертикальний кут (або зенітна відстань, або ухил у відсотках)); HD (горизонтальне прокладання HD, горизонтальний кут Hz та перевищення h (або висота станції Z, при Z≠0); хyh (планові координати x, y та перевищення h (або висота станції Z, при Z≠0)).

5. Введення висоти приладу (ih), висоти відбивача (th) та висоти станції (Zs) здійснюється за допомогою функціональної клавіші th/ih (доступна тільки у шаблонах HD та хyh). Після її натискання вводять необхідні дані керуючись інформацією на дисплеї та відповідними функціональними клавішами:

Z – висота точки знімання (для встановлення приладу за висотою);

th – висота відбивача;

ih/Zs – висота приладу/станції.

Зазвичай, при описі цих даних доступно три варіанти введення – останнє введене значення, значення рівне нулю, та довільне значення. При введенні висоти станції є можливість вибору з внутрішньої пам'яті раніше введених значень. При виборі функціональної клавіші «Введення» з'являються функціональні клавіші <- та -> для переходу ліворуч чи праворуч між позиціями введеного значення, та + - для збільшення або зменшення цифр у відповідній позиції дисплею. Введення потрібного значення потрібно підтвердити натисканням функціональної клавіші Ок.

6. Для орієнтування приладу у заданому напрямі слід вибрати функціональну клавішу Hz=0, навести зорову трубу на необхідну точку та натиснути клавішу MEAS.

Введення номера пікетної точки і коду виконується через комбінацію клавіш на клавіатурі тахеометра SHIFT + PNr.

Для перевірки заряду батареї використовується комбінація клавіш клавіатури тахеометра SHIFT + EDIT.

Порядок вимірювань електронним тахеометром Leica TCR 405 Ultra

Порядок *увімкнення тахеометра TCR 405 Ultra* наступний.

1. Встановити тахеометр на штатив та приблизно привести в робоче положення за круглим рівнем.

2. Натиснути кнопку увімкнення, яка знаходиться на правій від табло боковій панелі.

3. Активувати електронний рівень та висок: кнопка **FNC** , команда *Рівень/висок*. Якщо тахеометр не приведено в робоче положення, через кілька секунд після включення ця команда активується автоматично.

4. Зцентрувати тахеометр використовуючи лазерний центрир та точно відгоризонтувати, використовуючи електронний рівень. Натиснути кнопку Ок.

Для *виконання тахеометричного знімання* необхідно створити новий проект, ввести дані про станцію знімання та виконати орієнтування тахеометра у наступній послідовності:

1. Вибрати прикладну програму «Знімання» MENU/PROGRAM (F1) / Знімання (F1).

2. Активувати функцію «Вибір проекту» (F1). Вибрати існуючий проект для роботи або створити новий.

3. Активувати функцію «Вибір станції» (F2).

Вибір станції може здійснюватись кількома способами:

- введенням нового імені станції з клавіатури (F1); при цьому необхідно ввести також координати станції X0, Y0, H0;
- пошуком за відомим іменем (F2);
- вибором імені зі списку записаних в пам'ять пунктів (F3);

4. Ввести висоту приладу та зберегти опис станції.

5. Активувати функцію «Орієнтування» (F3).

Орієнтування може здійснюватись кількома способами:

- за значенням дирекційного кута на орієнтирний напрямок (F1), в тому числі обнулення відліку за горизонтальним кругом у заданому напрямку;
- за координатами орієнтирного пункту (F2).

6. Обрати метод орієнтування, задати точку орієнтування та навести на неї зорову трубу, ввести висоту відбивача та виконати вимірювання.

7. Перейти в режим вимірювань, активувавши функцію «Запуск» (F4).

Тахеометр готовий до роботи. На сторінці вимірювань необхідно перевірити значення номера пікета та висоти відбивача. Зміна шаблону вимірювань виконується кнопкою

PAGE. Доступно 4 шаблони:

PtID	PtID	PtID	PtID
h _{отр}	h _{отр}	h _{отр}	Гор
Гор	Гор	Гор	Верт
Верт	Верт	X	
		Y	
		H	

де PtID – номер точки, h_{отр} – висота відбивача, Гор – горизонтальний кут, Верт – вертикальний кут,  – похила віддаль,  – горизонтальне прокладання,  – перевищення, X, Y, H – прямокутні просторові координати.

Обрати режим вимірювань «на відбивач» IR або «без відбивача» RL можна кнопкою **FNC** / Перемикання між RL та IR (F3).

Експорт результатів вимірювань з електронного тахеометра ЗТа5

1. Необхідно за допомогою спеціального інтерфейсного кабелю підключити прилад до комп'ютера.

2. Увімкнути прилад та встановити його у режим зв'язку з комп'ютером використовуючи *Menu/Utilities/Tools/PC on line*. При необхідності перевірити/змінити швидкість передачі даних використовуємо *Menu/Utilities/Baud Rate*. Рекомендована швидкість передачі даних 4800.

3. Запустити програму ЗТа5.exe.

4. Перевірити параметри з'єднання з тахеометром використовуючи пункт меню *Налаштування/Послідовний порт*. Для збереження змін натискаємо *Зберегти* (рис. 4.2).

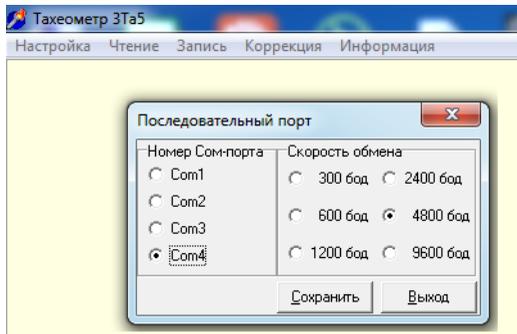


Рис. 4.2. Налаштування параметрів з'єднання

5. Розпочати передачу даних використовуючи пункт меню програми *Читання/ЗТа5/Формат ЗТа5*.

6. Обрати необхідний каталог з карти пам'яті, вказати необхідні рядки вимірювань та натиснути *Прочитати* (рис. 4.3). У наступному вікні слід зазначити місце збереження файлу.

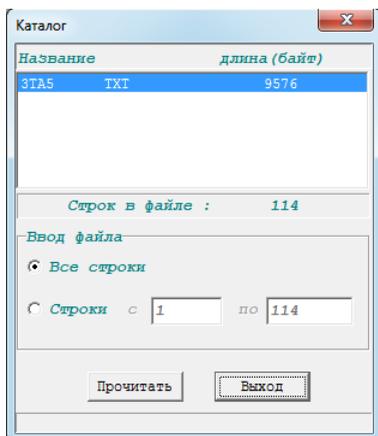


Рис. 4.3. Вибір даних для збереження на ПК

7. Після закінчення передачі даних з'явиться вікно перегляду даних. Натискаємо *Вихід*.

Експорт результатів вимірювань з електронного тахеометра Trimble 3305

1. Необхідно за допомогою спеціального інтерфейсного кабелю підключити прилад до комп'ютера.

2. Увімкнути прилад, вибрати бажаний формат передачі даних та перевірити налаштування обміну даними: *SHIFT+MENU/5 Уст.інтерф.* Рекомендовані параметри:

- формат – R5;
- парність – none;
- шв. перед.– 4800;
- протокол – XON/XOFF;
- стопові біти – 1;
- біти даних – 8.

3. Запустити програму Trimble Data Transfer та вибрати з випадаючого списку *Пристрої* потрібний прилад (*Trimble 3305*).

Якщо потрібного приладу у списку немає – створюємо підключення для нового приладу, натиснувши праворуч кнопку *Пристрої* (рис. 4.4 а):

3.1. *Новий (New)* (рис. 4.4 б).

3.2. Обираємо потрібний тип приладу (3300/TS315) у вікні *Створити новий пристрій (Create new device)* (рис. 4.4 в). Натискаємо *Ok*.

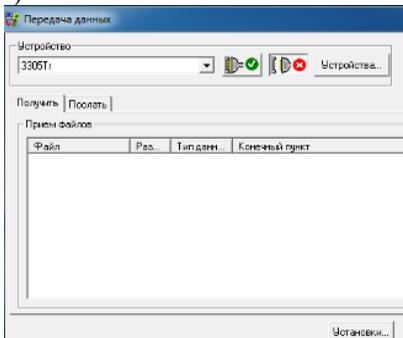
3.3. Обираємо потрібний порт у вікні *Створити віддалений пристрій (Create remote device)*. Натискаємо *Далі*.

3.4. Вводимо бажану назву пристрою у вікні *Введіть ім'я пристрою (Enter device name)*. Натискаємо *Далі*.

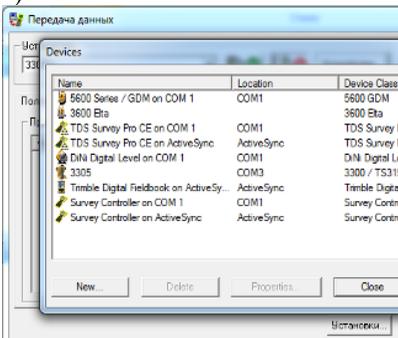
3.5. Обираємо налаштування обміну даними (відповідно до встановлених у приладі в п. 2) у вікні *Властивості порту (Serial port properties)* (рис. 4.4 г). Натискаємо *Готово*.

Після цього прилад відобразиться у списку доступних пристроїв (рис. 4.4 б). Обираємо прилад та натискаємо *Close*.

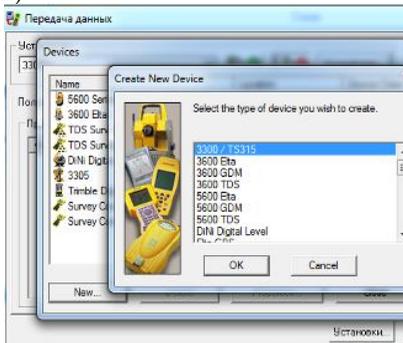
а)



б)



в)



г)



Рис. 4.4. Підключення нового приладу: а) загальний вигляд вікна передачі даних; б) вікно пристроїв; в) вікно вибору типу приладу; г) вікно налаштування параметрів обміну даними

4. Після вибору приладу натискаємо кнопку *З'єднати* . У правій верхній частині вікна має висвітитися інформація про встановлення з'єднання (рис. 4.5).

5. Натискаємо кнопку *Додати* та обираємо, який з наявних на приладі файлів хочемо зберегти (*Total station file*). Для зміни місця збереження файлу міняємо значення рядка *Пункт призначення* (*Destination*) натиснувши кнопку *Переглянути* (*Browse*) (рис. 4.6). Натискаємо *Відкрити* (*Open*).

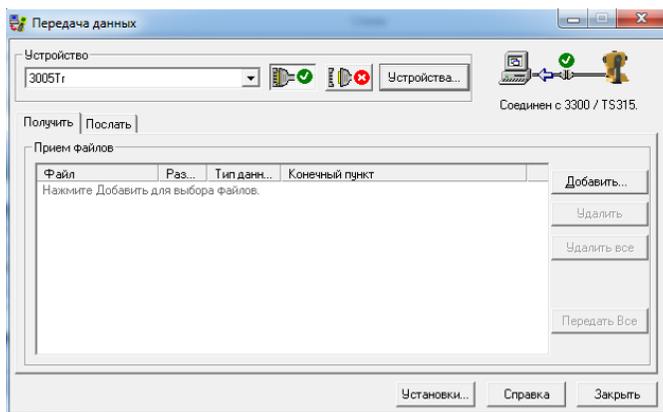


Рис. 4.5. Підключений пристрій

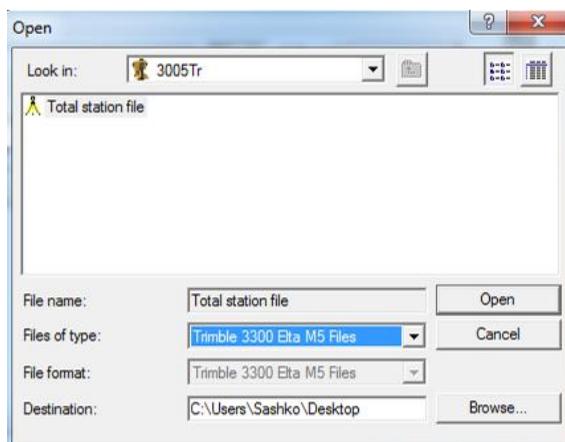


Рис. 4.6. Вибір файлу для передачі

6. Запускаємо передачу даних з приладу: *SHIFT+MENU/6 Перетвор.даних/1 MEM->Периферія/Так*. Якщо необхідно передати всі дані з приладу обираємо функціональну клавішу *Все* (рис. 4.7). Якщо необхідно передати лише певні рядки натискаємо *?A* (рис. 4.7), вказуємо номер рядка, з якого повинна початися передача даних та у наступних вікнах погоджуємося на передачу *Ok/**/Ok/Так*.

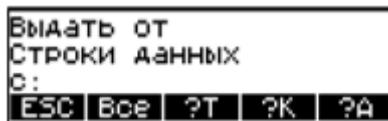


Рис. 4.7. Вибір необхідних рядків для передачі з приладу

7. Після закінчення передачі даних висвітиться повідомлення *1 файл(ів) успішно передано*. Натискаємо *Закрити*.

Експорт результатів вимірювань з електронного тахеометра Leica TCR 405 Ultra

1. Необхідно за допомогою спеціального інтерфейсного кабелю підключити прилад до комп'ютера (при цьому прилад автоматично увімкнеться).

2. Перевірити параметри налаштування обміну даними у приладі через *Меню/ Параметри обміну даними (2 сторінка меню)*. Рекомендовані параметри:

- швидкість передачі – 19200;
- біти даних – 8;
- парність – Ні;
- кінцева мітка – CR/LF;
- стоп-біти – 1.

3. Запустити програму *Leica Geo Office* та обрати пункт меню *Інструменти/Менеджер обміну даними*. Відкриється вікно менеджера обміну даними, розділене на дві частини.

4. У лівій частині вікна необхідно розгорнути список портів *Послідовні порти* та з контекстного меню *COM* порту вибрати *Налаштування*.

5. У вікні, що з'явиться, вибрати вкладку *Налаштування COM* та з випадаючих списків обрати необхідні параметри: порт для підключення, серія приладу (*TPS400*) та параметри обміну даними (відповідно до встановлених у приладі в п. 2) (рис. 4.8). Натиснути *Ok*.

6. У лівій частині вікна менеджера обміну даними розгорнути вміст *COM* порту, знайти потрібний проект та з контекстного меню вибрати команду *Копіювати*.

7. У правій частині вікна менеджера обміну даними вибрати папку для збереження даних та з контекстного меню обрати команду *Вставити*.

8. З'явиться вікно завантаження, де необхідно обрати бажаний формат даних. У нашому випадку – *SDR20* (рис. 4.9). Натиснути *Старт*.

9. Після завершення передачі даних вікно *Завантаження* автоматично закриється.

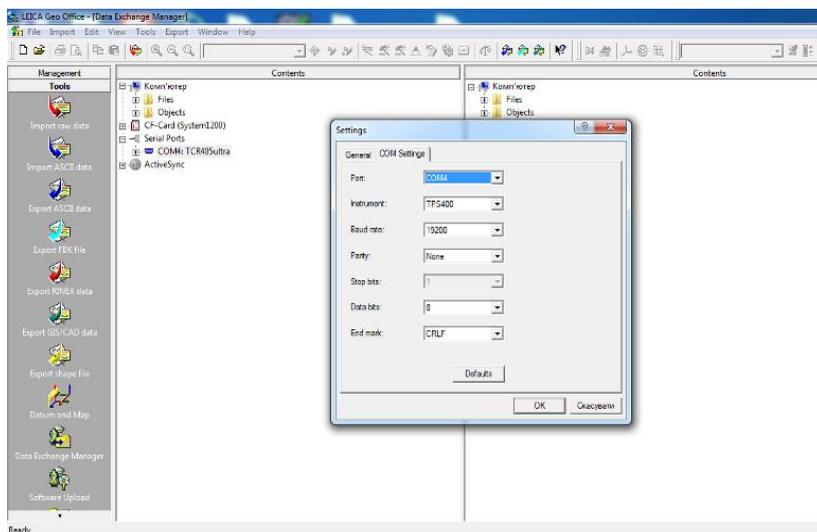


Рис. 4.8. Налаштування параметрів з'єднання через *COM* порт

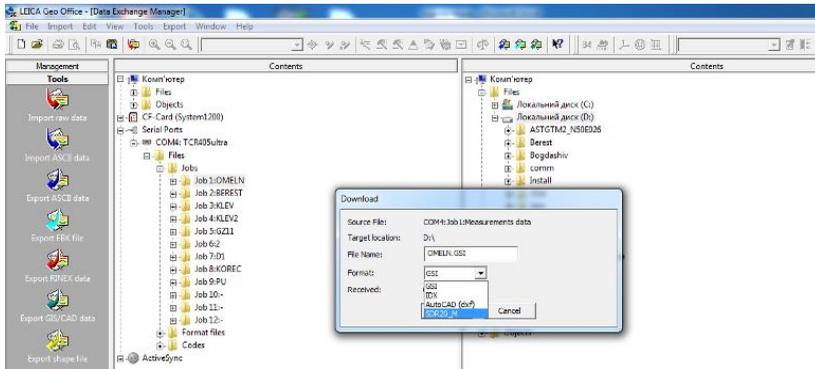


Рис. 4.9. Вибір формату завантаження даних

В кінці лабораторної роботи з тахеометричного знімання необхідно здати:

- журнали тахеометричного знімання або роздруковані результати з терміналу електронних тахеометрів;
- абриси знімання.

Завдання для самостійної роботи. Розглянути послідовність виконання тахеометричного знімання в режимі координат на описаних електронних тахеометрах.

Зпитання для контролю.

1. Поясніть принцип тахеометричного знімання?
2. Від чого залежить відстань між пікетними точками при тахеометричному зніманні?
3. Яка допустима відстань від приладу до рейки при тахеометричному зніманні?
4. Для чого ведеться абрис?
5. З якою точністю на плані відображається рельєф?
6. Як привести в робоче положення тахеометр 3Та5?
7. Як змінити шаблон вимірювань тахеометр Trimble 3305?
8. Як привести в робоче положення тахеометр Leica TCR 405 Ultra?
9. Яким чином перекинути на комп'ютер дані знімання з тахеометра 3Та5?

10. За допомогою якої програми зручно перекинути на комп'ютер дані знімання з тахеометра Trimble 3305?

11. Як передати дані знімання з тахеометра Leica TCR 405 Ultra на комп'ютер?

Лабораторна робота №5 **Опрацювання геодезичних спостережень в програмному комплексі CREDO**

Мета роботи: виконати опрацювання матеріалів тахеометричного знімання.

Завдання: зрівноважити полігонометричний хід за матеріалами вимірювань лабораторної роботи №3. Координати вершин ходу використати для опрацювання матеріалів тахеометричного знімання лабораторної роботи №4.

Послідовність зрівноваження полігонометричного ходу

Детально порядок роботи під час зрівноваження полігонометричних ходів описано у лабораторній роботі №2 даних методичних вказівок. Коротко нагадаємо основні етапи зрівноваження:

1. Запустити програму Credo_Dat та створити новий проєкт *Файл/Створити/Проєкт*.
2. Описати вихідні пункти на вкладці *Пункти ПВО*.
3. Задати параметри ходу та описати результати вимірювань на вкладці *Теодолітні ходи*.
4. Виконати попереднє опрацювання даних *Розрахунки/Попередня обробка/Розрахунок*.
5. Виконати автоматичний аналіз даних на наявність грубих помилок *Розрахунки/Аналіз/L1-аналіз*.
6. Виконати обчислення зрівноважених координат *Розрахунки/Урівнювання/Розрахунок*.

За замовчуванням програма працює з лівими за ходом кутами. Якщо під час польових вимірювань були виміряні праві

за ходом кути, при внесенні даних перед значенням кута можна поставити знак «-».

Приклад проекту з опрацьованим полігонометричним ходом наведено на рис. 5.1.

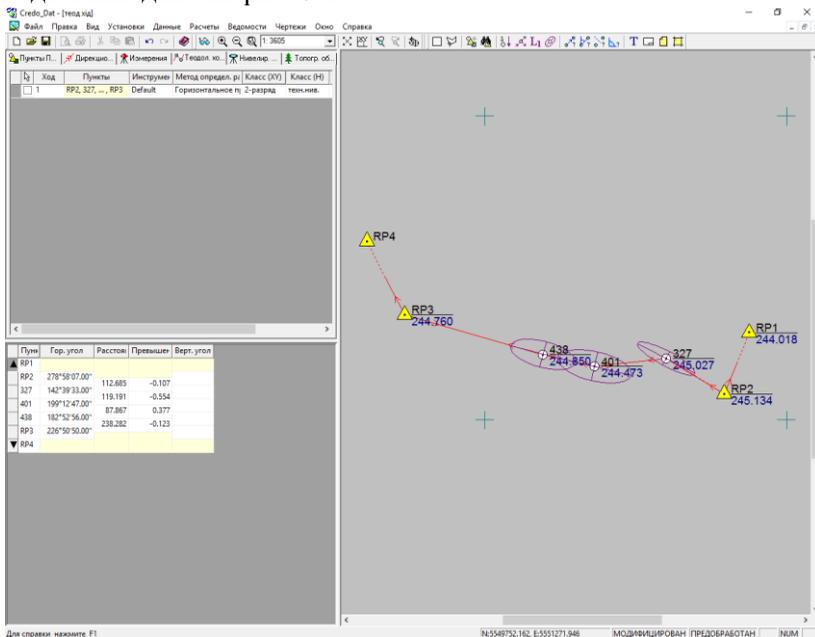


Рис. 5.1. Проект з опрацьованим полігонометричним ходом

Послідовність імпорту файлу вимірювань тахеометричного знімання у програму Credo

Матеріали тахеометричного знімання або імпортуються з файлів спостережень, або вводяться у ручному режимі за польовими журналами (на вкладці *Вимірювання/ Тахеометрія*).

Під час імпорту з файлу спостережень у ньому можуть виявитися зайві рядки завантажені з приладу, що призведе до наявності зайвих вимірювань у проекті Credo_Dat. Тому після імпорту дані необхідно проаналізувати та видалити ті з них, які не відносяться до об'єкту робіт.

Імпорт файлу формату *.txt (тахеометр 3Та5)

1. Відкрити програму Credo_Dat та створити новий проект *Файл/Створити/Проект*.

2. Обрати пункт меню *Файл/Імпорт/З файлу*.

3. У нижній частині вікна імпорту необхідно обрати бажаний формат даних: *3TA5 Files (*.txt, *.rcv)*.

4. Обрати файл вимірювань з розширенням **.txt* та натиснути кнопку *Імпорт*.

Імпорт файлів форматів R4, R5 (тахеометр Trimble 3305)

Файли вивантажені з тахеометра Trimble 3305 у форматах *R4* або *R5* мають розширення **.dat*.

1. Відкрити програму Credo_Dat та створити новий проект *Файл/Створити/Проект*.

2. Обрати пункт меню *Файл/Імпорт/З файлу*.

3. У нижній частині вікна імпорту необхідно обрати бажаний формат даних: *Elta R4 Files (*.dat)*; *Elta R5 Files (*.dat)*.

4. Обрати файл вимірювань з розширенням **.dat* та натиснути кнопку *Імпорт*.

Імпорт файлу формату *.sdr (тахеометри Sokkia 630R, Leica 405)

1. Вручну змінити розширення файлу вимірювань з **.asc* на **.sdr*.

2. Відкрити програму Credo_Dat та створити новий проект *Файл/Створити/Проект*.

3. Обрати пункт меню *Файл/Імпорт/З файлу*.

4. У нижній частині вікна імпорту необхідно обрати бажаний формат даних: *SDR Files (*.sdr)*.

5. Обрати файл вимірювань з розширенням **.sdr* та натиснути кнопку *Імпорт*.

Послідовність опрацювання матеріалів тахеометричного знімання у програмі Credo

Після імпорту файлу вимірювань тахеометричного знімання у програму Credo порядок дій наступний:

1. На вкладці *Пункти ПВО* описуємо вихідні пункти: планові та висотні координати станцій вимірювань та планові

координати точок орієнтування. У колонках *Тип XY* та *Тип H* згаданих пунктів обрати значення *Вихідний*.

2. Перевірити імпортовані дані з файлу вимірювань:

- на вкладці *Вимірювання/ Тахеометрія* для кожної станції у нижній частині вікна має бути задана точка, на яку орієнтувалися, та значення відліку за горизонтальним кругом (як правило $0^{\circ}00'00''$).
- на вкладці *Вимірювання/Тахеометрія* для кожної станції у верхній частині вікна перевірити значення висоти приладу *Hi* та *Місце нуля*.

3. Виконати попереднє опрацювання даних: *Розрахунки/ Попередня обробка/ Розрахунок*. (якщо на цьому етапі дані в проєкті не були збережені, то з'явиться вікно з проханням зберегти проєкт)

Після виконання попередньої обробки пікетні точки мають з'явитися праворуч – у графічному вікні. Якщо цього не відбулося варто виконати команду меню *Вигляд/Показати все* (або відповідну команду контекстного меню у графічному вікні).

У випадку, якщо підписи номерів та висот пікетних точок відображаються занадто дрібними, необхідно зайти у пункт меню *Дані/Властивості проєкту* та на вкладці *Карточка проєкту* змінити *Масштаб знімання*. Вигляд підписів при різних масштабах наведено на рис. 5.2.

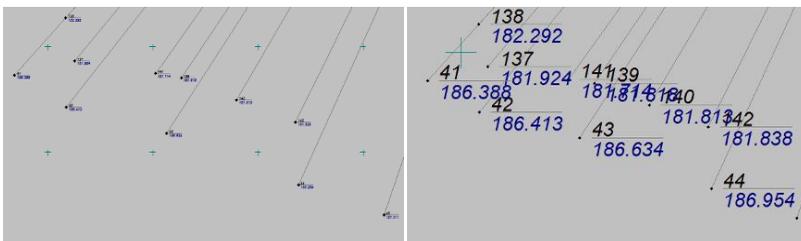


Рис. 5.2. Відображення пікетних точок у графічному вікні при різних масштабах проєкту: 1:100 (ліворуч) та 1:500 (праворуч)

4. Виконати автоматичний аналіз даних на наявність грубих помилок: *Розрахунки/Аналіз/L1-аналіз*. Після цього

з'явиться повідомлення про наявність/відсутність грубих похибок планових та висотних вимірювань.

5. Виконати обчислення зрівноважених координат: *Розрахунки/Урівнювання/Розрахунок.*

Після опрацювання матеріалів тахеометричного знімання проєкт має виглядати як наведено на рис. 5.3.

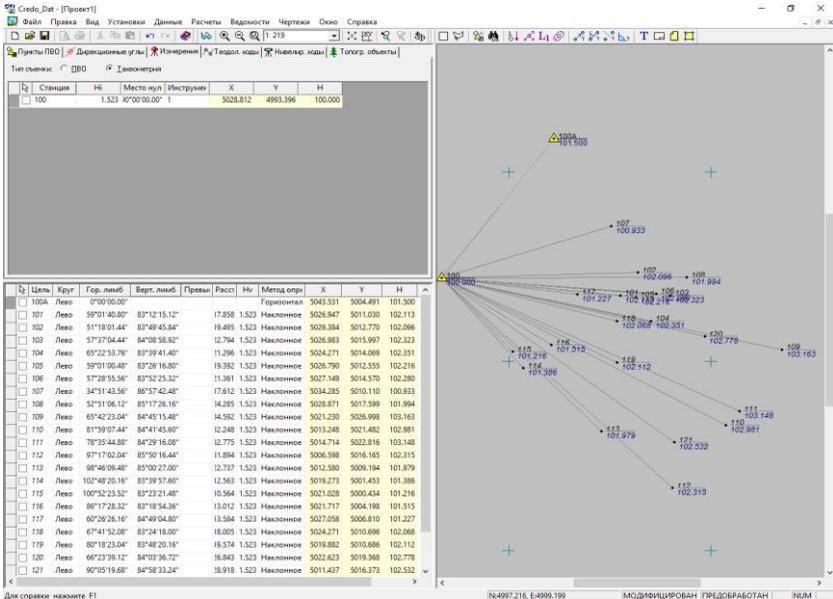


Рис. 5.3. Проєкт з опрацьованими матеріалами тахеометричного знімання

Після завершення зрівноваження доступний перегляд відповідних відомостей, використовуючи пункт меню *Відомості*. Наприклад, координати всіх пікетних точок доступні через пункт *Відомості/Відомості координат*.

Експорт обчислених координат точок у формат *.txt

1. У програмі Credo обрати пункт меню *Файл/Експорт/За шаблоном (точки)*.
2. У вікні експорту доступна можливість налаштування розділового знаку між значеннями експортованих імен,

координат та висот (загальноприйнятим роздільником є кома) – необхідно змінити значення у колонці *Текст/Точність* у рядках *Текст*. Також варто обмежити необхідну кількість знаків після коми змінюючи відповідне число у колонці *Текст/Точність* у рядках *N, E, H* (для тахеометричного знімання достатньо 2-3 знаки після коми) (рис. 5.4).

Крім того, доступна можливість відразу у нижній частині вікна переглянути вигляд майбутнього файлу після експорту. Для цього слід натиснути кнопку *Перегляд*.

3. Натискаємо *Експорт* та вказуємо, куди зберегти файл.

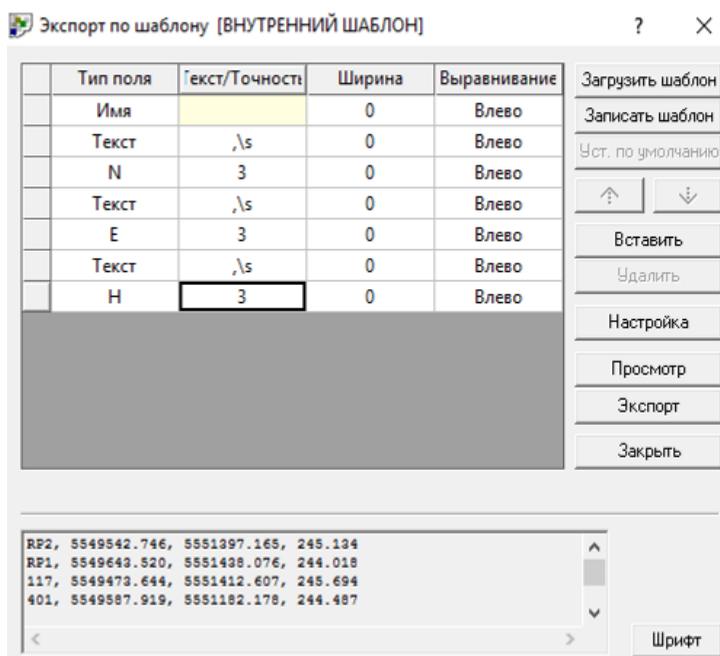


Рис. 5.4. Налаштування експорту у текстовий формат

За сформованим файлом формату **.txt* в подальшому можна відвекторизувати план знімання у будь-якому доступному програмному забезпеченні – Digital, AutoCAD, ArcGis...

Завдання для самостійної роботи. Розглянути послідовність імпорту сформованого текстового файлу у програмні продукти Digital, AutoCAD, ArcGis.

Запитання для контролю.

1. На якій вкладці програми Credo вводяться виміри полігонометричного ходу?
2. Яка послідовність імпорту вимірювань у програму Credo з тахеометра Trimble 3305?
3. Як змінити розмір підписів пікетних точок у графічному вікні програми Credo?
4. На якій вкладці програми Credo описуються координати вихідних точок?
5. Яка послідовність експорту обчислених координат у текстовий файл?

ЛІТЕРАТУРА

1. Геодезичний енциклопедичний словник / за ред. В. Літинського. Львів : Євровіт, 2001. 668 с.
2. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. К., 1999.
3. Геодезія. Практикум : навчальний посібник / Лагоднюк О. А., Янчук О. Є., Трохимець С. М., Німкович Р. С., Лагоднюк А. М., Прокопчук А. В. Рівне : НУВГП, 2019. 308 с.
4. Островський А. Л. Мороз О. І., Тарнавський В. Л. Геодезія, частина II : підручник. Львів, 2007. 508 с.
5. 05-04-87 Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Програмні засоби опрацювання результатів геодезичних вимірювань» студентами напряму підготовки 6.080101 «Геодезія, картографія та землеустрій» спеціалізації «Геодезія». Частина 1 / О. Є. Янчук. Рівне : НУВГП, 2018. 52 с.
6. 05-04-107М Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Інженерна геодезія» (лабораторні

роботи з тахеометром TCR 405) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» денної та заочної форм навчання / Бачишин Б. Д. Рівне : НУВГП, 2020. 29 с.

7. 05-04-109М Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Геодезичні прилади з основами метрології та стандартизації» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» денної та заочної форм навчання. Частина II. Електронні геодезичні прилади [Електронне видання] / Трохимець С. М., Янчук О. Є., Прокопчук А. В. Рівне : НУВГП, 2021. 59 с.

8. 076-122 Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Геодезія». Частина III: «Полігонометрія 4 класу, 1 та 2 розрядів» студентами напряму 6.080101 «Геодезія, картографія, землеустрій» / О. А. Лагоднюк, А. В. Прокопчук, С. М. Трохимець, Р. С. Німкович. Рівне. НУВГП. 2013. 62 с.

ДОДАТКИ

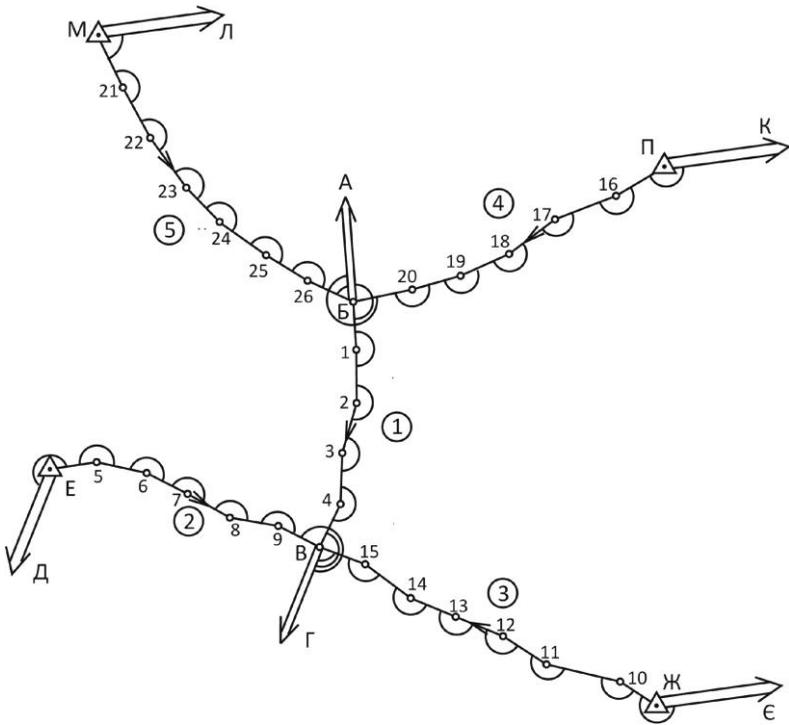
Додаток А

Вихідні дані для виконання зрівноваження мережі полігонометричних ходів 1 розряду способом послідовних наближень

Варіанти ходів та координат

Хід	Вихідні дані (правила вибору варіанта)	Варіант
1	Остання цифра залікової книжки	
2	Передостання цифра залікової книжки	
3	Третя цифра з кінця із залікової книжки	
4	Остання цифра у списку викладача в журналі	
5	Остання цифра у списку викладача в журналі + 1 (із результату беремо останню цифру)	
Координати	Номер за порядком у списку в журналі викладача	

Схема мережі полігонометричних ходів 1 розряду



Каталог координат вихідних пунктів

№п.	1 варіант		2 варіант		3 варіант		4 варіант	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Л	1399,716	1606,049	11099,564	11824,708	10936,346	11913,597	10766,002	11987,923
М	1585,485	2237,807	11172,807	12479,126	10952,274	12571,909	10724,493	12645,119
Е	3034,123	6106,111	11927,713	16540,215	11350,360	16683,339	10762,730	16775,599
Д	2788,191	6564,186	11605,973	16948,626	10994,249	17062,154	10374,959	17121,935
К	6526,953	676,992	16310,235	11800,100	16129,334	12343,224	15901,785	12868,514
П	6638,414	1271,588	16316,753	12405,018	16083,104	12946,408	15803,160	13465,373
Ж	8659,891	5232,703	17619,678	16656,981	17010,489	17295,748	16347,946	17878,990
Є	9174,532	4997,759	18167,299	16514,973	17568,402	17202,008	16911,906	17834,232
№п.	5 варіант		6 варіант		7 варіант		8 варіант	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Л	10589,828	12047,120	10409,165	12090,737	10225,388	12118,442	10039,896	12130,025
М	10491,199	12698,197	10254,167	12730,740	10015,200	12742,501	9776,117	12733,390
Е	10169,295	16816,292	9574,572	16805,109	8983,087	16742,135	8399,341	16627,849
Д	9752,814	17127,513	9132,551	17078,847	8518,890	16976,307	7916,501	16820,673
К	15629,319	13371,973	15314,011	13849,769	14958,260	14298,266	14564,774	14714,050
П	15479,050	13957,965	15113,241	14420,435	14708,517	14849,262	14267,959	15241,183
Ж	15637,091	18402,268	14883,334	18861,599	14092,412	19253,489	13270,345	19574,954
Є	16202,806	18406,833	15446,498	18915,452	14648,740	19356,220	13815,602	19725,781

№п.	9 варіант		10 варіант		11 варіант		12 варіант	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Л	9854,101	12125,397	9669,415	12104,593	9487,246	12067,772	9308,979	12015,214
М	9538,739	12703,476	9304,870	12652,987	9076,293	12582,307	8854,745	12491,974
Е	7827,776	16463,121	7272,744	16249,206	6738,468	15987,729	6229,014	15680,683
Д	7329,968	16613,129	6763,756	16355,256	6222,174	16049,015	5709,344	15696,737
К	14136,547	15093,958	13676,839	15435,098	13189,147	15734,874	12677,184	15991,003
П	13794,919	15593,216	13292,997	15902,681	12766,014	16167,223	12217,979	16384,829
Ж	12423,388	19823,547	11557,988	19997,378	10680,730	20095,123	9798,292	20116,037
Є	12953,425	20021,323	12068,770	20240,597	11168,371	20381,933	10259,080	20444,257
№п.	13 варіант		14 варіант		15 варіант		16 варіант	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Л	9135,971	11947,319	8969,539	11864,604	8810,949	11767,698	8661,409	11657,339
М	8641,913	12382,676	8439,417	12255,244	8248,798	12110,648	8071,507	11949,989
Е	5748,260	15330,403	5299,864	14939,556	4887,239	14511,116	4513,524	14048,343
Д	5229,168	15301,104	4785,300	14865,126	4381,120	14392,122	4019,703	13885,691
К	12144,846	16201,538	11596,185	16364,874	11035,376	16479,771	10466,687	16545,352
П	11653,065	16553,843	11075,569	16672,977	10489,888	16741,327	9900,479	16758,371
Ж	8917,389	20059,962	8044,725	19927,325	7186,942	19719,136	6350,568	19436,977
Є	9347,817	20427,094	8441,517	20330,574	7547,079	20155,433	6671,309	19903,002

№п.	17 варіант		18 варіант		19 варіант		20 варіант	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Л	8522,056	11534,366	8393,951	11399,716	8278,069	11254,413	8175,292	11099,564
М	7908,893	11774,489	7762,193	11585,485	7632,524	11384,414	7520,874	11172,807
Е	4181,566	13554,760	3893,889	13034,123	3652,683	12490,395	3459,785	11927,713
Д	3703,800	13349,688	3435,814	12788,191	3217,786	12205,475	3051,374	11605,973
К	9894,446	16561,120	9323,008	16526,953	8756,723	16443,112	8199,900	16310,235
П	9311,827	16723,979	8728,412	16638,414	8154,675	16502,327	7594,982	16316,753
Ж	5541,968	19082,998	4767,297	18659,891	4032,450	18170,877	3343,019	17619,678
Є	5820,872	19575,204	5002,241	19174,532	4221,646	18704,037	3485,027	18167,299
№п.	21 варіант		22 варіант		23 варіант		24 варіант	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Л	8086,403	10936,346	8012,077	10766,002	7952,880	10589,828	7909,263	10409,165
М	7428,091	10952,274	7354,881	10724,493	7301,803	10491,199	7269,260	10254,167
Е	3316,661	11350,360	3224,401	10762,730	3183,708	10169,295	3194,891	9574,572
Д	2937,846	10994,249	2878,065	10374,959	2872,487	9752,814	2921,153	9132,551
К	7656,776	16129,334	7131,486	15901,785	6628,027	15629,319	6150,231	15314,011
П	7053,592	16083,104	6534,627	15803,160	6042,035	15479,050	5579,565	15113,241
Ж	2704,252	17010,489	2121,010	16347,946	1597,732	15637,091	1138,401	14883,334
Є	2797,992	17568,402	2165,768	16911,906	1593,167	16202,806	1084,548	15446,498

