

**Методичні вказівки
до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни “Інженерна геодезія”
для студентів напряму підготовки
“Будівництво”**

**на тему: «Визначення координат точок знімального
обґрунтування та побудова плану будівельного майда-
нчика»**

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Вінницький національний технічний університет

Методичні вказівки

**до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни “Інженерна геодезія”
для студентів напряму підготовки
“Будівництво”**

**на тему: «Визначення координат точок знімального
обґрунтування та побудова плану будівельного майда-
нчика»**

Вінниця
ВНТУ
2012

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 9 від 19.05.2011р.).

Рецензенти:

А. С. Моргун, доктор технічних наук, професор

Н. М. Слободян, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни “Інженерна геодезія” для студентів напряму підготовки “Будівництво” на тему: «Визначення координат точок знімального обґрунтування та побудова плану будівельного майданчика». / Уклад. Г. С. Ратушняк, О. Д. Панкевич, Т. Ю. Вовк – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 26 с.

В методичних вказівках викладено зміст польових робіт при прокладанні теодолітного ходу, за результатами польових матеріалів обчислені координати точок теодолітних ходів та визначена методика побудови плану будівельного майданчика, а також подано завдання до самостійного виконання роботи студентами.

Призначені для студентів будівельних спеціальностей денної і заочної форми навчання.

ЗМІСТ

1	Польові роботи при прокладанні теодолітних ходів.....	4
2	Обробка польових матеріалів.....	6
3	Обчислення координат точок теодолітного полігону.....	6
4	Обчислення координат точок діагонального ходу.....	10
5	Складання плану знімального обґрунтування.....	12
6	Обчислення площі полігону.....	22
7	Контрольні запитання для перевірки знань.....	23
8	Список використаної літератури.....	23
	Додаток А. Відомість обчислення координат точок замкненого теодолітного ходу.....	24
	Додаток Б. Відомість обчислення координат точок діагонального теодолітного ходу.....	25

1 ПОЛЬОВІ РОБОТИ ПРИ ПРОКЛАДАННІ ТЕОДОЛІТНИХ ХОДІВ

Планове знімальне обґрунтування виконується у вигляді замкнутих або розімкнутих теодолітних ходів (рис. 1) Перед початком польових робіт проектують теодолітні ходи на великомасштабних картах. Теодолітні ходи прокладають вздовж доріг, проїздів або приблизно по осі майбутньої лінійної споруди. Довжина сторін у теодолітних ходах не повинна бути більше 350 м та менше 20 м на забудованих територіях й менше 40 м на незабудованих територіях. За змоги довжини сторін повинні бути однаковими. Максимальна довжина теодолітних ходів на забудованій території не повинна перевищувати 2 км для масштабу знімання 1:2000, 1,2 км – для масштабу 1:1000 та 0,8 км – для масштабу 1:500.

Під час рекогносцирування уточнюють положення вершин теодолітних ходів. Із кожної вершини повинна бути добра видимість попередньої і наступної точок та нормальні умови для лінійних вимірювань. Крім того, потрібні нормальні умови для встановлення теодоліта і відкритий кругозір для виконання знімання. Пункти теодолітного ходу закріплюють дерев'яними кілками. Кілок не повинен виступати над поверхнею землі більше, ніж на 5 см. Після закріплення точок на місцевості складають остаточну схему теодолітних ходів, після чого починають виконувати лінійні і кутові вимірювання.

Довжину сторін теодолітних ходів вимірюють в прямому і зворотному напрямках сталевими 20-метровими стрічками, рулетками та іншими інструментами, що забезпечують необхідну точність вимірювань. Відносна похибка лінії, що виміряна в прямому і зворотному напрямках,

$$I/N = (S_{\text{пр}} - S_{\text{зв}}) / S,$$

де I/N – відносна похибка, яка не повинна перевищувати допустимої;

$S_{\text{пр}}$, $S_{\text{зв}}$ – виміряні відстані в прямому і зворотному напрямках, м;

S – середнє значення вимірів.

Кути у теодолітних ходах вимірюють теодолітами з точністю не менше 30" одним прийомом з переставленням лімба між прийомами на кут приблизно 90°. При вимірюванні кутів теодолітом з одностороннім відліком по колу (Т5, Т5К, 2Т5К) достатньо здійснювати переведення зорової труби через зеніт між півприйомами з наступним переставленням лімба на 1...2°. Різниця виміряних кутів у двох півприйомах не повинна перевищувати 45". Центрування теодоліта виконують за допомогою оптичного центра або виска з точністю до 3 мм.

Одночасно з вимірюванням горизонтальних кутів вимірюють одним прийомом вертикальні кути і вносять поправки за приведення довжин ліній до горизонту при кутах нахилу більше 1° 30'. Якщо на вимірюваній лінії декілька точок перегину, то при вимірюванні її стрічкою, рулеткою або від-

далеміром по частинах, кути нахилу вимірюють на кожній ділянці, що обмежена точками перегину.

Особливу увагу звертають на прив'язку теодолітного ходу до пунктів існуючої геодезичної мережі знімального обґрунтування. Під час прив'язки теодолітних ходів вимірюють два прилеглі кути, сума яких не повинна відрізнятися від значення, одержаного за початковими даними, більше ніж на 1'.

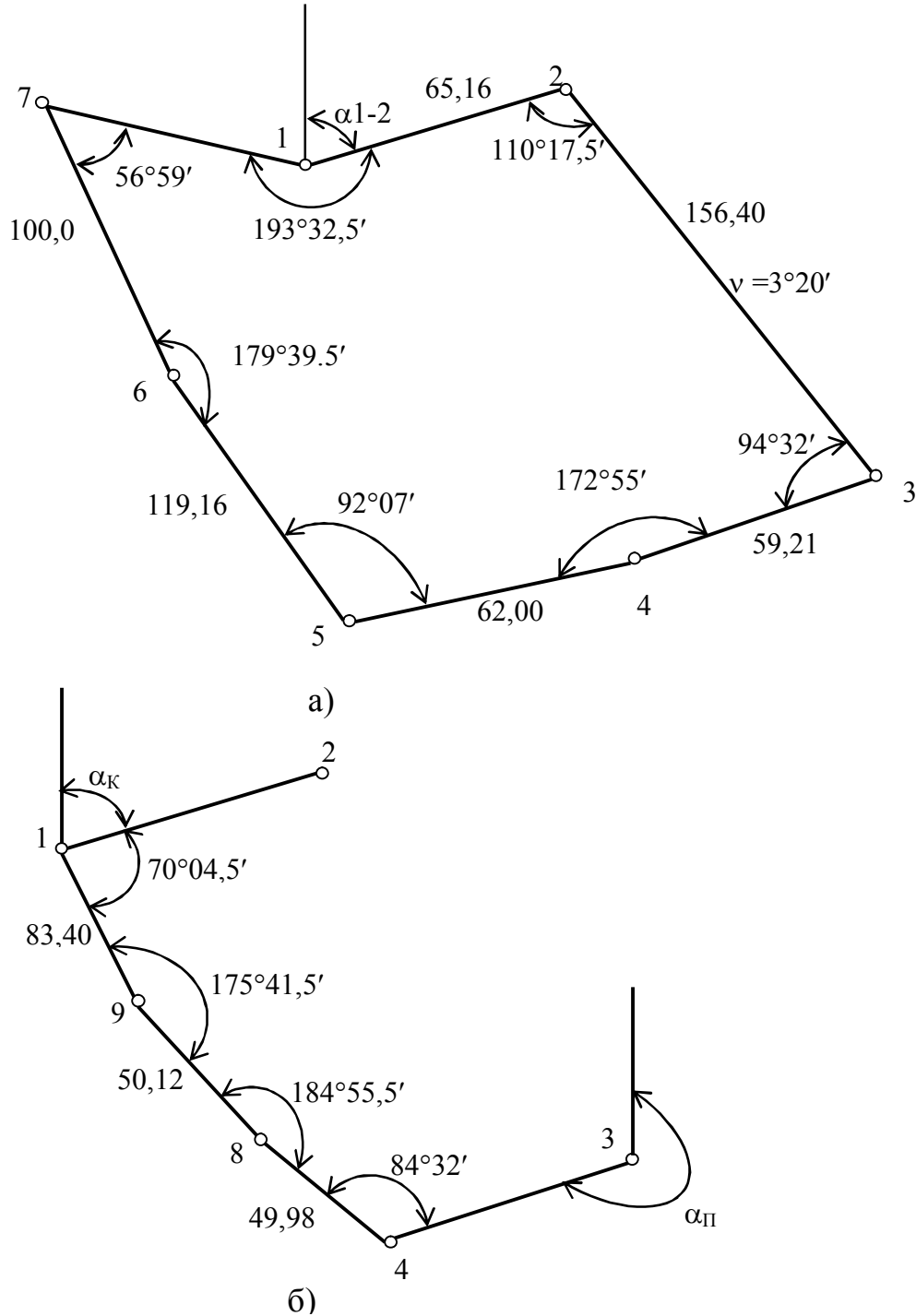


Рисунок 1 – Схема теодолітного ходу: а) замкнений теодолітний хід; б) розімкнений теодолітний хід

2 ОБРОБКА ПОЛЬОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Під час прокладання теодолітних ходів на місцевості у результаті польових вимірювань отримують відстані між точками планово-висотного обґрунтування і відліки по горизонтальному крузі теодоліта. Обробка польових матеріалів включає обчислення вимірних правих по ходу кутів і горизонтальних довжин сторін теодолітного ходу. Вихідні дані для обробки польових матеріалів розміщені у журналі вимірювання кутів і відстаней та на схемі теодолітних ходів.

Вимірний за двома положеннями вертикального круга кут

$$\beta_B = \alpha_{n-1} - \alpha_{n+1}, \quad (1)$$

де $\alpha_{n-1}, \alpha_{n+1}$ – відлік по горизонтальному крузі при візуванні зорової труби відповідно на наступну і попередню точку.

Середнє значення виміряного кута

$$\beta_C = 0,5(\beta_{кп} + \beta_{кл}), \quad (2)$$

де $\beta_{кп}, \beta_{кл}$ – значення кутів при положеннях вертикального круга відповідно круг “праворуч”(КП) та круг “ліворуч”(КЛ).

Горизонтальна проекція сторони теодолітного ходу, м,

$$d = D \cos \nu, \quad (3)$$

де D – виміряна відстань, м;

ν – кут нахилу лінії.

3 ОБЧИСЛЕННЯ КООРДИНАТ ТОЧОК ТЕОДОЛІТНОГО ПОЛІГОНУ

Обчислення координат точок теодолітного полігону включає ряд операцій, що їх виконують в обумовленій послідовності. Вихідними даними для обчислення координат є горизонтальні кути в вершинах полігону, дирекційний кут початкового напрямку та горизонтальні проекції сторін теодолітного ходу.

Відхилення суми вимірних кутів $\sum \beta_B$ від теоретичної $\sum \beta_T$ обчислюють за формулою

$$f_\beta = \sum \beta_B - \sum \beta_T. \quad (4)$$

Теоретична сума кутів многокутника, що описує замкнутий теодолітний хід:

$$\sum \beta_T = 180^\circ (n - 2), \quad (5)$$

де n – кількість кутів теодолітного ходу.

Кутова нев'язка не повинна перевищувати граничну величину:

$$f_\beta \leq f_{\beta_{\text{доп}}} = 1' \sqrt{n}. \quad (6)$$

Якщо кутова нев'язка виявиться допустимою, тобто меншою від граничної або рівною їй, то у виміряні кути вносять поправку з оберненим знаком нев'язки:

$$\delta_\beta = -\frac{f_\beta}{n}. \quad (7)$$

У першу чергу поправки вносять у кути, обмежені короткими сторонами, бо в цьому випадку особливо позначається вплив неточного центрування теодоліта і встановлення віхи у вершині кута. Ув'язування кутів контролюють, порівнюючи суми виправлених і теоретичних кутів:

$$\sum \beta_{\text{ВП}} = \sum \beta_T, \quad (8)$$

де $\sum \beta_{\text{ВП}}$ – сума виправлених кутів.

Після ув'язування виміряних кутів обчислюють дирекційні кути, використовуючи значення початкового дирекційного кута α_0 і виправлених кутів $\beta_{\text{ВП}}$ теодолітного ходу

$$\alpha_{23} = \alpha_{12} \pm 180^\circ - \beta_{2\text{ВП}}; \quad (9)$$

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} \pm 180^\circ - \beta_{n-1\text{ВП}}, \quad (10)$$

де α_{12} , α_{23} , α_n , α_{n-1} – дирекційні кути відповідно першого й другого напрямку, наступної і попередньої сторони;

$\beta_{2\text{ВП}}$, $\beta_{n-1\text{ВП}}$ – виправлені кути відповідно на другій вершині та між попередньою і наступною сторонами теодолітного ходу.

В формулах (9,10) із дирекційних кутів α_{n-1} віднімають 180° , якщо різниця $(\alpha_{n-1} - \beta_{n-1\text{ВП}})$ більша $\beta_{n-1\text{ВП}}$. Якщо різниця $(\alpha_{n+1} - 180^\circ)$ менше $\beta_{n-1\text{ВП}}$, то до неї додають 180° .

Контролем обчислення дирекційних кутів теодолітного полігону є одержання у кінці обчислення дирекційного кута першого напрямку

$$\alpha_{12} = \alpha_n \pm 180^0 - \beta_{1ВП}, \quad (11)$$

де α_n – дирекційний кут останньої сторони ходу;

$\beta_{1ВП}$ – виправлений кут на першій вершині полігону.

За дирекційними кутами сторін теодолітного ходу обчислюють румби (табл. 1). За відомими румбами сторін теодолітного полігону r і горизонтальними проекціями ліній d обчислюють приріст координат, м,

$$\Delta X = d \cos r; \quad (12)$$

$$\Delta Y = d \sin r. \quad (13)$$

Знаки приростів координат залежать від напрямку сторони теодолітного ходу, тобто величини дирекційного кута або назви румба (табл. 1).

Таблиця 1 – Залежність між дирекційними кутами й румбами й знаки приростів координат

Четверть	Дирекційні кути	Назва румба	Румб	Прирости	
				ΔX	ΔY
I	$0^\circ - 90^\circ$	Пнях	r	+	+
II	$90^\circ - 180^\circ$	ПдСх	$r = 180^\circ - \alpha$	-	+
III	$180^\circ - 270^\circ$	ПдЗ	$r = \alpha - 180^\circ$	-	-
IV	$270^\circ - 360^\circ$	ПнЗ	$r = 360^\circ - \alpha$	+	-

У замкнутому ході сума приростів координат по осі X та по осі Y теоретично повинна дорівнювати нулю.

Практично ж через неминучі похибки при вимірюванні, особливо сторін теодолітного ходу, вона не дорівнює нулю. Тоді алгебраїчна сума приростів координат по осі абсцис та осі ординат буде нев'язкою в відповідних приростах координат

$$f_X = \sum \Delta X; \quad (14)$$

$$f_Y = \sum \Delta Y. \quad (15)$$

Абсолютну нев'язку в приростах координат обчислюють за формулою, м,

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}, \quad (16)$$

де f_X , f_Y – нев'язки в відповідних приростах координат, м.

Поділивши абсолютну нев'язку на суму сторін замкнутого теодолітного ходу $\sum d$, дістають відносну нев'язку, яка характеризує точність виконання польових вимірювань, м,

$$f_{\text{відн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{\sum d}. \quad (17)$$

Якщо відносна нев'язка теодолітного ходу менше допустимої

$$f_{\text{відн}} \leq f_{\text{абс}} = 1/2000, \quad (18)$$

то обчислені прирости координат виправляють по осі X на величину f_X , а по осі Y на величину f_Y .

Поправки вводять в прирости координат з оберненим знаком пропорційно довжинам, м:

$$\Delta f_X = -\frac{f_X \cdot d_i}{\sum d}; \quad (19)$$

$$\Delta f_Y = -\frac{f_Y \cdot d_i}{\sum d}. \quad (20)$$

Поправки округлюють до 0,01 м і записують зверху обчислених приростів координат. Знайдені поправки алгебраїчно додають до відповідних координат і отримують виправлені прирости координат. Сума виправлених приростів для теодолітного полігону повинна дорівнювати нулю:

$$\sum \Delta X_B = 0, \quad (21)$$

$$\sum \Delta Y_B = 0. \quad (22)$$

За виправленими приростами координат від початкової точки з відомими координатами послідовно обчислюють координати всіх точок ходу за формулами, м:

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_{nB}; \quad (23)$$

$$Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_{nB}, \quad (24)$$

де X_n, Y_n – координати попередньої вершини полігону, м;

X_{n+1}, Y_{n+1} – координати наступної точки, м;

$\Delta X_{nB}, \Delta Y_{nB}$ – виправлені прирости координат, м.

Координати точок вершин замкнутого теодолітного ходу обчислюють за формулами (4) – (24) в табличній формі (табл. 2). Контроль обчислень координат полягає у тому, що у кінці обчислень мають знову одержати координати початкової точки

$$X_1 = X_K + \Delta X_{KB}; \quad (25)$$

$$Y_1 = Y_K + \Delta Y_{KB}, \quad (26)$$

де $X_K, Y_K, \Delta X_{KB}, \Delta Y_{KB}$ – координати і відповідні їм прирости координат кінцевої точки, м.

Дані для розрахунку замкнутого теодолітного ходу в додатку А.

4 ОБЧИСЛЕННЯ КООРДИНАТ ТОЧОК ДІАГОНАЛЬНОГО ХОДУ

Вихідними даними для обчислення координат є виміряні праві за рухом горизонтальні кути, схема діагонального ходу, горизонтальні проєкції сторін теодолітного ходу, дирекційні кути сторін та координати точок теодолітного полігону, до яких прилягає діагональний хід.

Кутову нев'язку діагонального ходу знаходять порівнянням сум вимірних кутів з їх теоретичною сумою, яку обчислюють за формулою

$$\sum \beta_T = \alpha_{II} - \alpha_K + 180^\circ n, \quad (27)$$

де α_{II}, α_K – початковий і кінцевий дирекційний кути;

n – кількість вимірних кутів діагонального ходу.

Якщо $\alpha_{II} > \alpha_K$, то від величини, яку одержано за формулою (27), необхідно відняти 360° .

Кутова нев'язка діагонального ходу

$$f_\beta = \sum \beta_B - \sum \beta_T, \quad (28)$$

Таблиця 2 – Відомість обчислення координат точок теодолітного полігону

№ точки	Вимірні кути		Поправки, мінuti	Виправлені кути		Дирекційні кути		Румби			Горизонтальна проєкція, м	Прирости координат, м						Координати, м																
	градуси	мінuti		градуси	мінuti	градуси	мінuti	Назва	градуси	мінuti		обчислені			виправлені			X	Y															
												±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX			±	ΔY													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22													
1	193	32,5	-0,5	193	32										+1					2507,27	909,47													
						65	20	ПнС	65	20	65,16	+	27,19	+	59,21	+	27,19	+	59,22															
2	110	17,5	-0,5	110	17										+1					2534,46	986,69													
						135	03	ПдС	44	57	156,14	-	110,50	+	110,31	-	110,49	+	110,34															
3	94	32	-1	94	31										+1					2423,97	1079,03													
						220	32	ПдЗ	40	32	59,21	-	45,00	-	38,48	-	45,00	-	38,47															
4	172	55	-	172	55										+1					2378,97	1040,56													
						227	37	ПдЗ	47	37	62,00	-	41,79	-	45,80	-	41,79	-	45,79															
5	92	07	-	92	07										+1					2337,18	994,77													
						315	30	ПнЗ	44	30	119,16	+	84,99	-	83,52	+	85,00	-	83,50															
6	179	39,5	-0,5	179	39										+1					2422,18	911,27													
						315	51	ПнЗ	44	09	99,98	+	71,74	-	69,64	+	71,75	-	69,62															
7	56	59	-	56	59										+1					2493,93	841,65													
						78	52	ПнС	78	52	69,11	+	13,34	+	67,81	+	13,34	+	67,82															
$\sum \beta_B = 900^{\circ}02',5$ $\sum \beta_T = 900^{\circ}00'$ $\sum d = 630,76$																																		
$f_{\beta} = 900^{\circ}02',5 - 900^{\circ}00' = +2',5$																																		
$f_{\beta_{доп}} = 1'\sqrt{n} = 1'\sqrt{7} = \pm 2',64$																																		
$f_{abc} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} = \sqrt{(-0,03)^2 + (-0,11)^2} = 0,11 \text{ м;}$																																		

не повинна перевищувати допустиму, яку обчислюють за формулою

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = 1',5\sqrt{n}. \quad (29)$$

Якщо кутова нев'язка не перевищує граничної величини, то поправки у кути вводять за тим самим принципом, що і в теодолітному полігоні.

Обчислення дирекційних кутів, румбів і приростів координат діагонального ходу виконують за правилами і формулами для теодолітного полігону.

Нев'язки в приростах координат, м,

$$f_X = \sum X_{\Pi} - \sum X_T; \quad (30)$$

$$f_Y = \sum Y_{\Pi} - \sum Y_T, \quad (31)$$

де $\sum X_{\Pi}$, $\sum X_T$ – практичні суми приростів координат по осях абсцис і ординат, м;

$\sum Y_{\Pi}$, $\sum Y_T$ – суми теоретичних приростів координат по відповідних осях, які обчислюють за формулами, м,

$$\sum X_{\Pi} = X_K - X_{\Pi}; \quad (32)$$

$$\sum Y_{\Pi} = Y_K - Y_{\Pi}, \quad (33)$$

де X_{Π} , Y_{Π} – координати початкової точки діагонального ходу, м;

X_K , Y_K – координати кінцевої точки діагонального ходу, м.

Якщо обчислена за формулами (30) та (31) відносна нев'язка в приростах координат діагонального ходу не перевищує 1:1000, то координати виправляють на величини f_X та f_Y . Поправки вводять пропорційно довжинам сторін із знаком, оберненим знаку нев'язки по даній осі.

Координати точок вершин діагонального ходу обчислюють за формулами (32) та (33). Вихідними координатами є координати точок теодолітного полігону. Контролем обчислення координат точок діагонального ходу в прикладі є одержання в кінці розрахунків координат точки 1 теодолітного полігону (табл. 3).

5 СКЛАДАННЯ ПЛАНУ ЗНІМАЛЬНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ

План знімального обґрунтування складають за координатами вершин теодолітного ходу. Склад робіт такий: побудова координатної сітки та її

оцифрування, нанесення точок за координатами та подробиць, знятих на місцевості.

Перед побудовою координатної сітки виконують розрахунки, що визначають розміри плану теодолітного полігону і розміри аркуша креслення для розміщення координатної сітки і складання плану. Розмір полігону з півночі на південь (зверху вниз) дорівнює різниці найбільшої і найменшої абсцис, м:

$$X_{\text{пл}} = (X_{\text{max}} - X_{\text{min}}) / m, \quad (34)$$

а розмір плану з заходу на схід (зліва направо) – різниці найбільших і найменших ординат точок планового обґрунтування, м

$$Y_{\text{пл}} = (Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}) / m, \quad (35)$$

де X_{max} , Y_{max} – найбільші значення координат вершин теодолітного полігону, м;

X_{min} , Y_{min} – найменші значення координат вершин теодолітного полігону, м;

m – кількість метрів на місцевості, що відповідає 1 см на плані згідно з масштабом (для масштабу 1:1000 – 1 м).

Для симетричного розміщення плану на аркуші обчислюють відстані від крайніх точок плану до країв аркуша, місцеположення осі абсцис відносно лівого краю аркуша і осі ординат відносно нижнього краю аркуша (рис. 2).

Відстань від верхнього і нижнього країв аркуша креслярського паперу до найвищої і найнижчої точок плану, см;

$$a = 0,5(X_a - X_{\text{пл}}), \quad (36)$$

а відстань від країв аркуша до найлівішої і найправішої точок плану, см:

$$b = 0,5(Y_a - Y_{\text{пл}}), \quad (37)$$

де X_a , Y_a – розміри аркуша креслярського паперу, см.

Положення осі абсцис відносно найлівішої точки (західної) полігону встановлюють із виразу, см:

$$b' = (Y_{\text{min}} - Y_C) / m, \quad (38)$$

де Y_C – прийняте мінімальне значення ординати координатної сітки, м.

Таблиця 3 – Відомість обчислення координат точок діагонального теодолітного ходу

№ точки	Виміряні кути		Поправки, мінUTI	Виправлені кути		Дирекційні кути		Румби			Горизонтальна проекція, м	Прирости координат, м						Координати, м			
	градуси	мінUTI		градуси	мінUTI	Градуси	мінUTI	Назва	градуси	мінUTI		обчислені			виправлені			X	Y		
												±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX			±	ΔY
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
3						220	32														
4	84	30	-	84	30								-4		-2					2378,97	1040,56
						316	02	ПнЗ	43	58	49,97	+	35,97	-	34,69	+	35,93	-	34,71		
8	184	53	+1	184	54								-4		-2					2414,90	1005,85
						311	08	ПнЗ	48	52	50,17	+	33,00	-	37,79	+	32,96	-	37,81		
9	175	41	-	175	41								-5		-4					2447,86	968,04
						315	27	ПнЗ	44	33	83,43	+	59,46	-	58,53	+	59,41	-	58,57		
1	70	07	-	70	07							+	128,43	+	0,00	+	128,30	+	0,00	2507,27	909,47
						65	20					-	0,00	-	131,03	-	0,00	-	131,09		

$$\sum \beta_B = 515^{\circ}11'$$

$$\sum d = 183,57$$

$$\begin{array}{|l} \sum_{\text{пр}} +128,43 \\ \sum_{\text{т}} +128,30 \end{array} \quad \begin{array}{|l} \sum_{\text{пр}} - 131,03 \\ \sum_{\text{т}} - 131,09 \end{array} \quad \begin{array}{|l} \sum_{\text{пр}} +128,30 \\ \sum_{\text{т}} +128,30 \end{array} \quad \begin{array}{|l} \sum_{\text{пр}} - 131,09 \\ \sum_{\text{т}} - 131,09 \end{array}$$

$$\sum \beta_T = \alpha_{\text{П}} - \alpha_{\text{К}} + 180^{\circ}n;$$

$$\sum \beta_T = 220^{\circ}32' - 65^{\circ}20' + 180^{\circ} \cdot 4 = 875^{\circ}12'$$

$$\alpha_{\text{П}} > \alpha_{\text{К}} \text{ то } \sum \beta_T = 875^{\circ}12' - 360^{\circ} = 515^{\circ}12'$$

$$f_X = +0,13 \quad f_Y = +0,08$$

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} = \sqrt{0,13^2 + 0,08^2} = \pm 0,15$$

$$f_{\beta} = 515^{\circ}11' - 515^{\circ}12' = -1'$$

$$f_{\text{відн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{\sum d} = \frac{0,15}{183,57} = \frac{1}{1224} < \frac{1}{1000}$$

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = 1',5\sqrt{n} = 1',5\sqrt{4} = \pm 3'$$

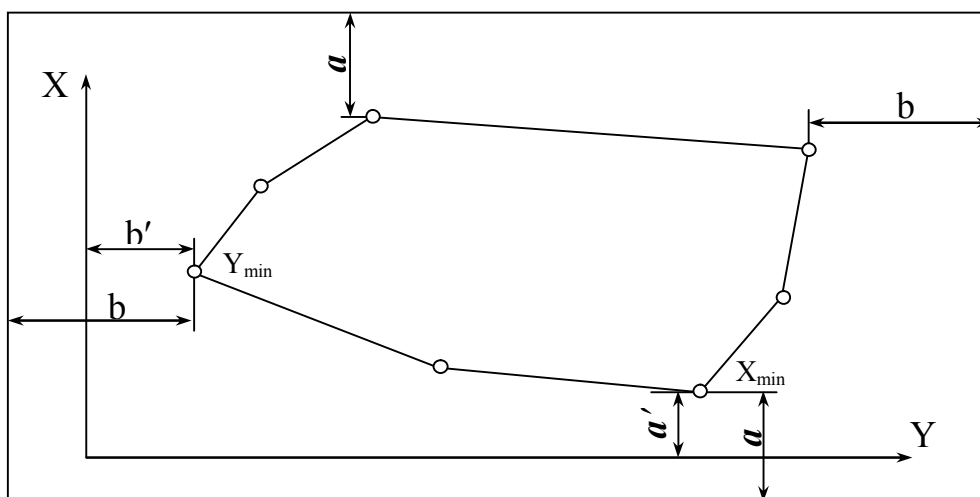


Рисунок 2 – Схема визначення відстаней до крайніх точок плану від країв аркуша паперу і місця розташування осей координат

Відстань осі ординат від нижнього краю аркуша креслярського паперу, см:

$$a' = (X_{\min} - X_C) / m, \quad (39)$$

де X_C – прийняте мінімальне значення абсциси координатної сітки, м.

Залежно від розмірів і можливостей координатну сітку будують за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки або топографічної лінійки ЛТ-1. Координатну сітку будують із сторонами 10×10 см.

При невеликих розмірах планів (менше 50×50 см) її будують за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки. Порядок побудови такий. На аркуші креслярського паперу потрібного розміру проводять вісь абсцис на відстані, визначеній за формулою (38) (рис. 3, а). Від нижнього краю аркуша на осі абсцис відкладають відстань a' , визначену за формулою (39) і відмічають точку D . Під довільним кутом проводять дві прямих ліній так, щоб одна з них обов'язково проходила через точку D . З точки перетину прямих як на діагоналях будують прямокутник. Для цього з точки перетину ліній O відкладають відрізки OC , OB , OA , рівні відрізку OD . На сторонах одержаного прямокутника $ABCD$ від його вершини D в заданому масштабі за допомогою масштабної лінійки відкладають відрізки, рівні стороні квадрата сітки (10×10). Через відповідні точки протилежних сторін гострозаточеним олівцем креслять лінії координатної сітки (рис. 3, б).

За допомогою топографічної лінійки ЛТ-1 будують координатну сітку на площі квадрата зі стороною 50 см. Топографічна лінійка ЛТ-1 виготовлена в вигляді металевої лінійки з шістьма вирізами посередині. Один з країв кожного вирізу скошений: у першого, позначеного нулем, він скошений по прямій лінії, а у всіх інших – по дугах кіл з радіусами 10, 20, 30, 40,

50 см від початкового штриха. Кінець лінійки скошено по дузі радіусом 70,711 см.

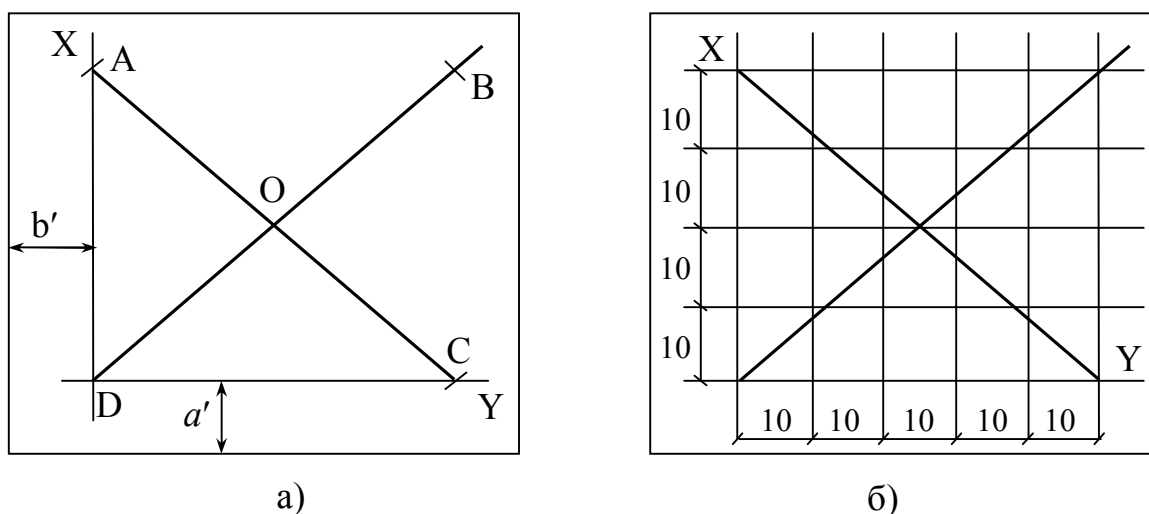


Рисунок 3 – Побудова координатної сітки: а) – побудова великого прямокутника; б) – побудова квадратів з стороною 10×10 см

Порядок побудови координатної сітки за допомогою лінійки ЛТ-1 такий. На аркуші паперу за допомогою циркуля-вимірника та масштабної лінійки проводять вісь ординат за тими самими правилами, за якими буде створена координатна сітка. По скошеному краю кожного вирізу масштабної лінійки перетинають вісь ординат штрихами. Початок лінійки при цьому суміщають з положенням осі абсцис відносно лівого краю аркуша. Укладають лінійку вздовж лівого краю аркуша, суміщаючи нульовий штрих з точкою перетину осі ординат з крайнім лівим штрихом. Одночасно стежать, щоб вісь лінійки була приблизно перпендикулярна до осі ординат. По кожному скошеному вирізу олівцем проводять штрихи. Кладуть лінійку по діагоналі, сумістивши нульовий штрих з крайнім правим штрихом на осі ординат. Там, де закінчується лінійка, прокреслюють дугу, що перетинає останній верхній штрих на осі абсцис. В результаті буде побудовано прямокутний трикутник з сторонами 50, 50 та 70,711 см. Так само будують другий трикутник. Для цього перекладають лінійку в крайній правий штрих по осі ординат, проводять лінію, що приблизно паралельна осі абсцис, на якій проводять штрихи по кожному скошеному вирізу. Кладуть лінійку по діагоналі, сумістивши нульовий штрих з крайнім лівим штрихом на осі ординат. Там, де закінчується лінійка, проводять дугу, що перетинає останній верхній штрих на лінії, паралельній осі абсцис. Таким чином утворюють другий трикутник тих самих розмірів, що й попередній. Відхилення верхньої сторони прямокутника не повинно бути більше 0,2 мм.

Правильність побудови квадратів координатної сітки контролюють такими способами:

– укладанням лінійки по діагоналях малих квадратів (рис. 4, а) установлюють чи є трикутники похибок;

– циркулем-вимірником перевіряють рівність діагоналей всіх квадратів (рис. 4, б). Похибка не повинна перевищувати 0,2 мм. Якщо похибка більше допустимої, то координатна сітка будується заново.

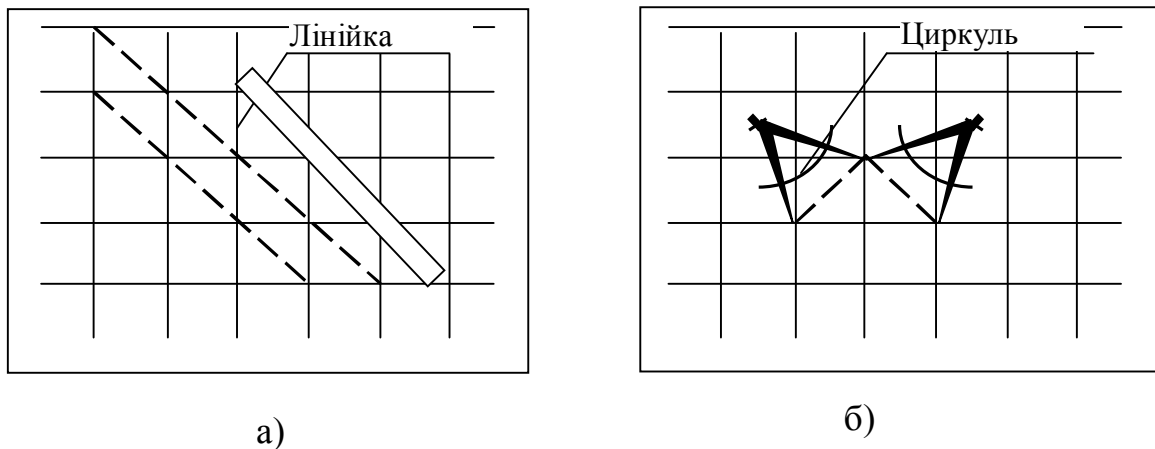


Рисунок 4 – Перевірка правильності побудови координатної сітки:
а) – за трикутниками похибок; б) – за діагоналями квадратів

Перед нанесенням точок теодолітного ходу координатну сітку підписують так, щоб весь полігон розмістився в середній частині аркуша (рис. 5). Для лівої крайньої вертикальної лінії координатної сітки беруть значення координати, близьке до найменшого значення ординати точки полігону. Нижній горизонтальній лінії координатної сітки приписують абсцису, близьку до найменшої абсциси полігону.

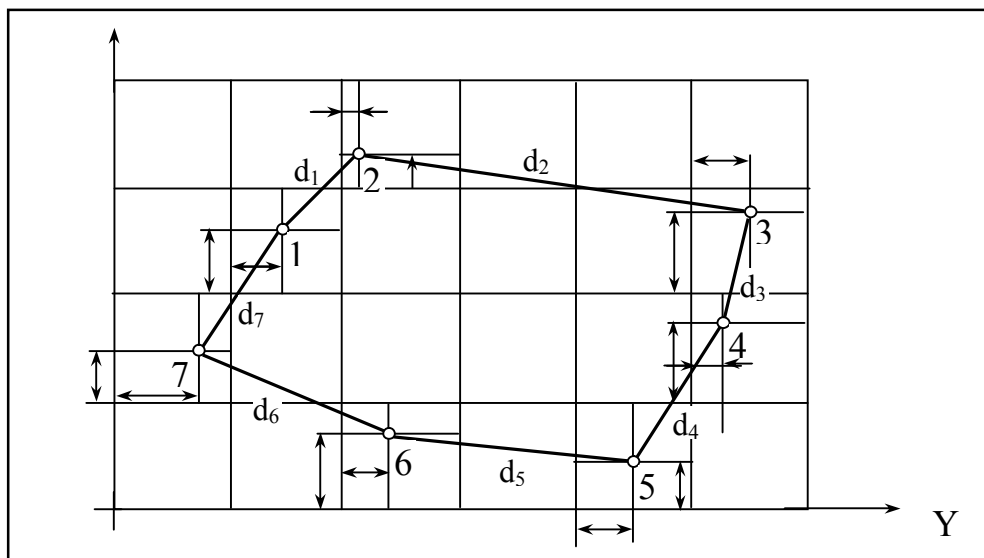


Рисунок 5 – Накладання вершин полігону на координатну сітку

Точки планового знімального обґрунтування на координатну сітку наносять за їх обчисленими координатами за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки. Нанесення точок починають з визначення квадрата, в якому розміститься та чи інша вершина теодолітного ходу. Наприклад, як-

що точка 1 має координати $X = 2507,27$ та $Y = 909,47$, то вона розміститься у квадраті з підписами ординат лівого нижнього кута сітки $X = 2500$ м та $Y = 900$ м. Потім визначають, наскільки вище та праворуч відносно лівого нижнього квадрата розміщена вершина полігону. Точка розміщена вище на $7,27$ м та праворуч на $9,47$ м від вершини 2500×900 .

Щоб побудувати абсцису точки 1 на бічних сторонах квадрата 2500×900 треба відкласти вгору на північ від лінії 2500 відрізок $7,27$ м, а для контролю від протилежної сторони квадрата відміряти донизу на південь $92,73$ м, тобто доповнення до 100 м. Щоб побудувати ординати точки 1 треба на верхній і нижній сторонах квадрата 2500×900 відкласти вправо на схід від лінії 900 відрізки $9,47$ м і вліво на захід від лінії 1000 відрізки $90,53$ м. Точки, нанесені на протилежних сторонах квадрата 2500×900 , з'єднують прямими тонкими лініями. Точка перетину цих ліній і буде шуканою. Одержану таким чином точку помічають слабким проколом голки циркуля-вимірника, обводять кружком $1,5$ мм і підписують її номер згідно з відомістю обчислення координат точок планового економічного обґрунтування. У такій послідовності наносять усі точки теодолітного полігону і діагонального ходу (рис. 5).

Правильність нанесення точок на координатну сітку контролюють вимірюванням на плані відстаней між суміжними точками знімального обґрунтування. Різниця в довжинах сторін теодолітних ходів не повинна перевищувати $0,2$ мм у масштабі побудованого плану.

Відносно відомих сторін і точок знімального обґрунтування наносять на план в масштабі подробиці, зняті на місцевості. На основі абрисів (рис. 7 – 9) виконують нанесення на план контурів місцевості з допомогою транспортира, масштабної лінійки і циркуля-вимірника.

При нанесенні на план ситуації ділянки місцевості способом перпендикулярів (сторони 2 – 3, 5 – 6, 1 – 9) від початку лінії знімального обґрунтування згідно з абрисами (рис. 6 – 8) відкладають відстані до перпендикулярів. В отриманих точках трикутником будують лінії, перпендикулярні сторони теодолітного ходу. На перпендикулярах відкладають відстані до контурів, вказаних у абрисі. З'єднують побудовані на перпендикулярах точки і одержують місцеположення контурів на плані.

Для нанесення координат способом полярних координат центр транспортира суміщають з вершиною полігона, а нуль транспортира – з напрямом на попередню точку теодолітного ходу. Будують кути, виміряні теодолітом при візуванні на контурні точки місцевості. На побудованих напрямках на контурні точки відкладають в масштабі плану відстані, вказані у абрисі. З'єднавши точки, одержують положення контурів на плані.

Для побудови точок місцевості способом кутових засічок за допомогою транспортира в вершинах сторін теодолітного ходу відкладають кути, вказані у абрисі (рис. 7, сторона 8 – 9). Точка перетину сторін побудованих кутів – шукана точка на плані місцевості.

Для побудови точок місцевості способом лінійної засічки циркулем-вимірником з вершин теодолітного ходу креслять дуги радіусами, рівними відстаням від точок до контуру (рис. 7, сторона 7 – 8). Точка перетину дуг буде шуканою контурною точкою на плані.

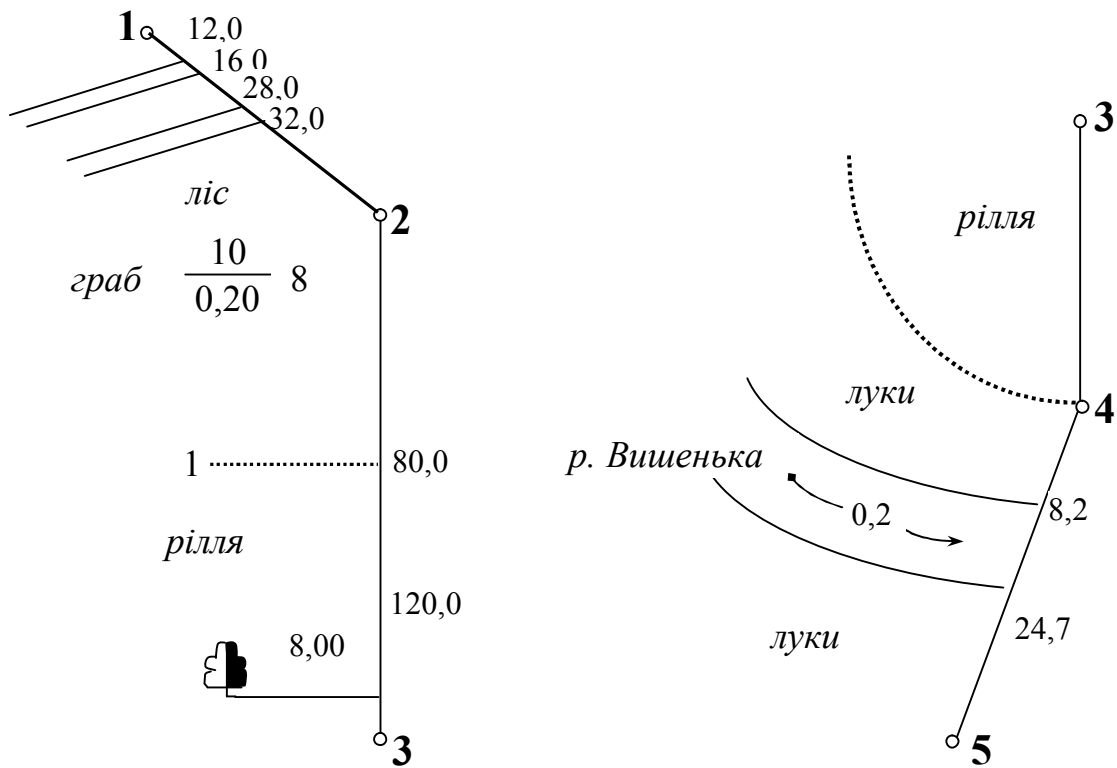


Рисунок 6 – Абрис сторін 1 – 2 – 3 і 3 – 4 – 5

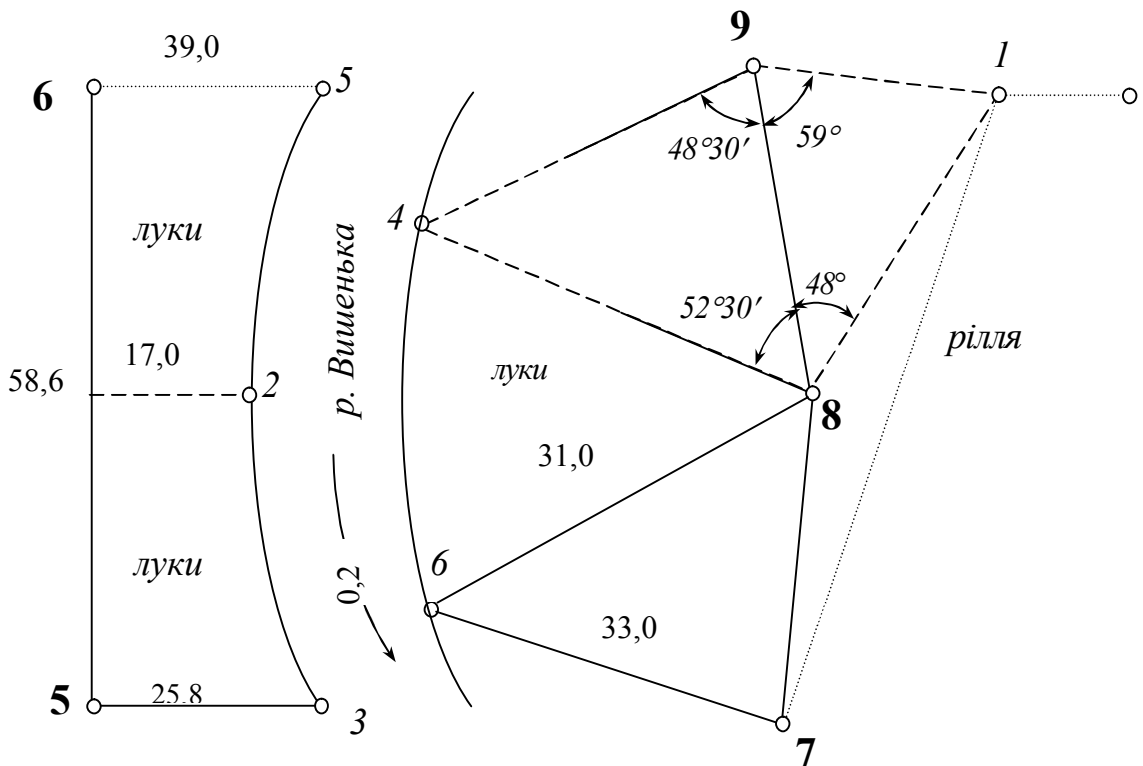


Рисунок 7 – Абрис сторін 5 – 6 і 7 – 8 – 9

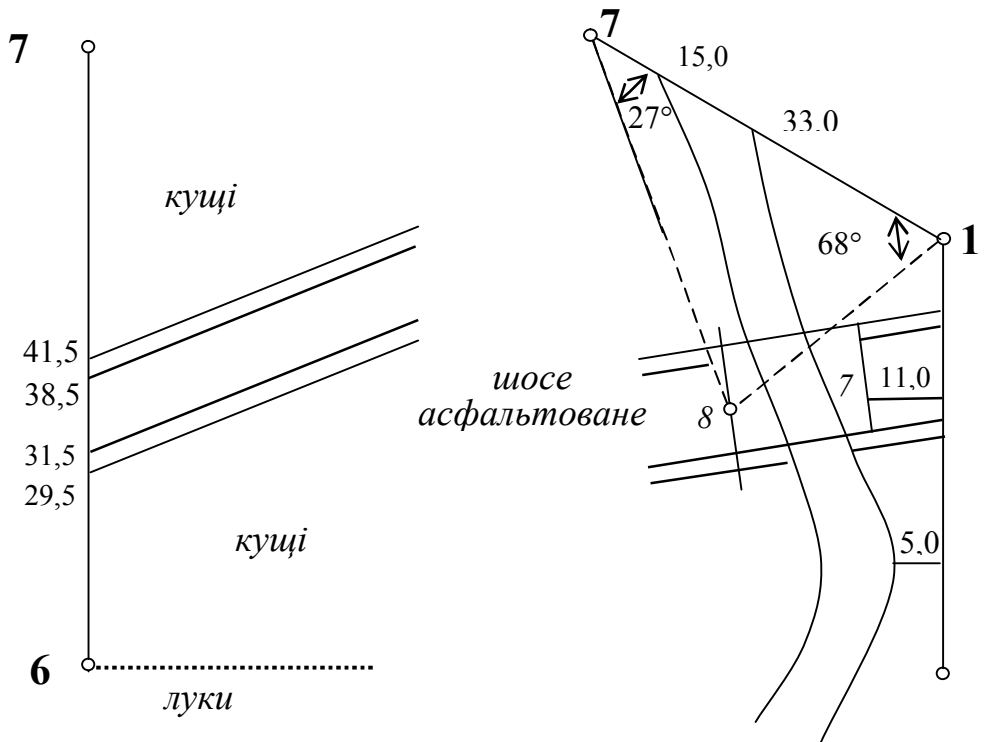


Рисунок 8 – Абриси сторін 6 – 7, 7– 1 – 9

Умовними знаками (рис. 9) наносять ситуацію зняту на місцевості на топографічний план (рис. 10).

	Перетин координатних ліній (зелений колір)		Мости бетонні
	Точка знімально-го обґрунтування		Ліс, чисельник – середня висота, м, знаменник – середня товщина, м, 8 – середня відстань між деревами, м
	Шосе (7,2 – ширина покритої частини, 12,4 – ширина дороги, А – асфальт)		Луки, умовні позначення розташовують в шаховому порядку
	Межі ділянок		Кущі
	Річка, береги ви-креслюються зе-леним кольором		Стежка

Рисунок 9 – Умовні позначення

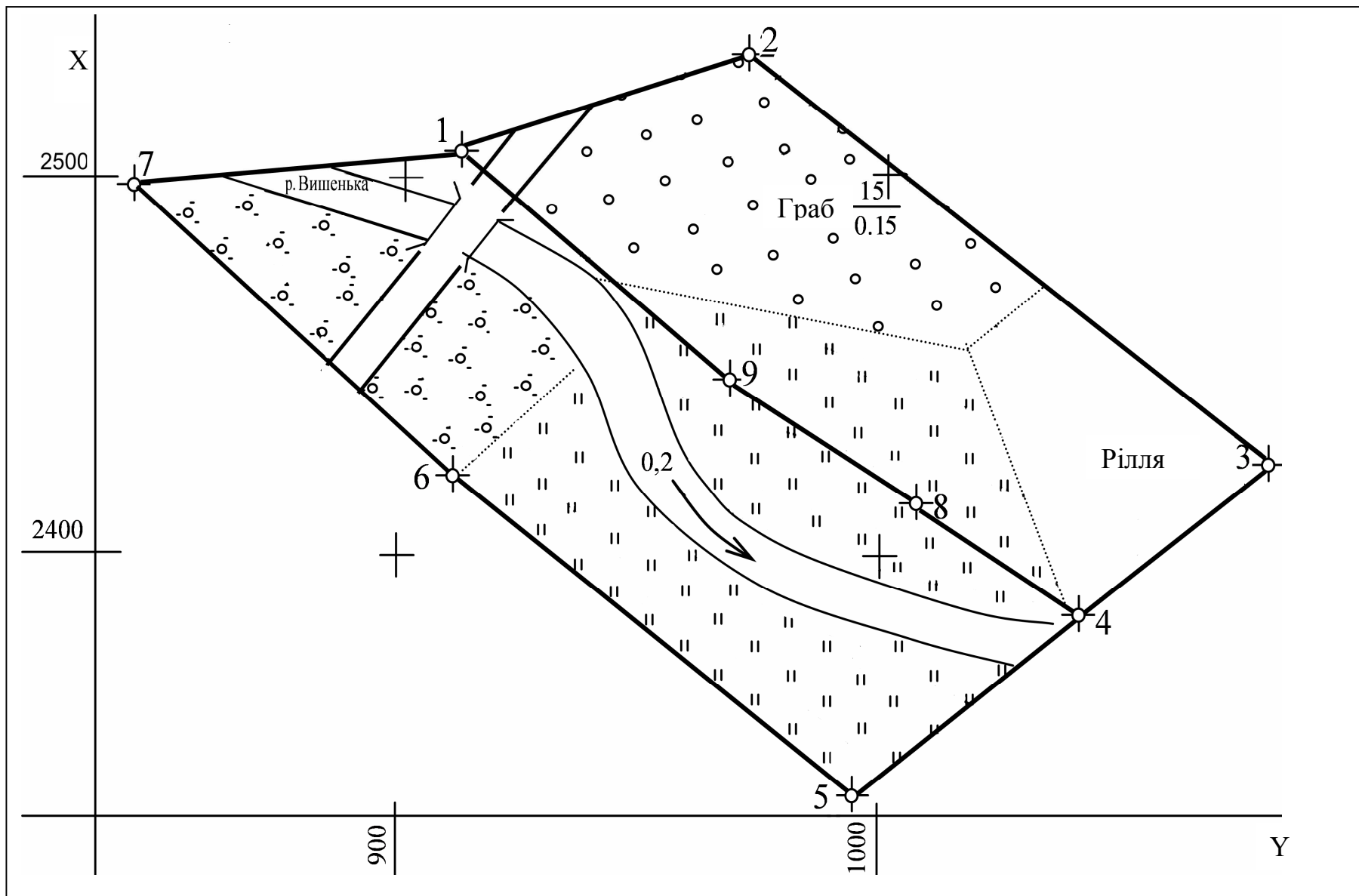


Рисунок 10 – План теодолітної зйомки

6 ОБЧИСЛЕННЯ ПЛОЩІ ПОЛІГОНУ

Площу замкнутого полігону обчислюють за координатами його вершин, м²:

$$S = 0,5 \sum X_n (Y_{n+1} - Y_{n-1}); \quad (40)$$

$$S = 0,5 \sum Y_n (X_{n-1} - X_{n+1}); \quad (41)$$

де $X_n, Y_n, X_{n+1}, Y_{n+1}, X_{n-1}, Y_{n-1}$ – координати відповідно обчислюваної, наступної і попередньої вершин полігону, м.

Всі розрахунки з визначення площі полігону виконують в табличній формі (табл. 4) за допомогою мікрокалькулятора. Площі, обчислені за формулами (40) та (41), повинні бути рівні між собою.

Вихідними даними для розрахунку роботи є схема теодолітних ходів (рис. 1), виміряні внутрішні кути (додаток А, Б), дирекційний кут α_{1-2} (задає викладач), абрис (рис. 6 – 8), умовні позначення (рис. 9).

Оформлюють розрахунково-графічну роботу у вигляді пояснювальної записки, що включає схеми теодолітних ходів, відомості обчислення координат замкнутого та розімкненого теодолітних ходів, площі полігону. План теодолітної зйомки викреслюють М 1:1000 за методикою, описаною п. 5 або за допомогою графічних редакторів AutoCAD, ArchCAD, Компас.

Таблиця 4 – Обчислення площі багатокутника за координатами

Номер верши-	Координати, м		$Y_{n+1} - Y_{n-1}$	$X_{n-1} - X_{n+1}$	$X_n(Y_{n+1} - Y_{n-1})$	$Y_n(X_{n-1} - X_{n+1})$
	X	Y				
1	2507,27	909,47	+127,04	-40,53	+318 524	- 36 861
2	2534,46	986,69	+169,56	+83,30	+429 743	+80 692
3	2423,97	1079,03	+71,87	+155,49	+174 211	+167 778
4	2378,97	1040,56	-84,26	+86,79	-200 452	+90 310
5	2337,18	994,77	-129,29	-43,21	-302 174	-42 984
6	2422,18	911,27	-153,12	-156,75	-370 884	-142 842
7	2493,93	841,65	-1,80	-85,09	-4 489	-71 616
			+368,47	+325,58	+992 478	+538 780
			-368,47	-325,58	-877 999	-294 303
			0,00	0,00	+44 479	+44 477

$$S = \frac{44478}{2} = 22239 \text{ м}^2 = 2,22 \text{ га.}$$

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. Визначте склад і послідовність польових робіт при теодолітному зніманні.
2. Як визначити кутову нев'язку та її граничне значення у полігоні та діагональному теодолітному ході?
3. Порядок ув'язування кутів у полігоні та діагональному теодолітному ході.
4. Яка послідовність обчислення та контролю дирекційних кутів сторін теодолітного ходу?
5. Який порядок обчислення значень та знаків приростів координат у теодолітному ході?
6. Як обчислюють нев'язку у приростах координат та її граничне значення у полігоні та діагональному ході?
7. Як виконують ув'язування приростів координат?
8. Який порядок обчислення координат вершин полігону та контролю за обчисленням?

8 СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Геодезія / під ред. С. Г. Могильного, С. П. Войтенко. – Чернігів : КП “Видво” “Чернігівські обереги”, 2002. – 408 с.
2. Инженерная геодезия / Г. В. Багратуни, В. Н. Ганьшин, Б. Б. Данилевич и др. – М. : Недра, 1984. – 344 с.
3. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М. : Недра, 1985. – 152 с.
4. Ратушняк Г. С. Практикум по инженерной геодезии в строительстве : учебное пособие / Георгий Сергеевич Ратушняк. – К. : УМК ВО, 1989. – 208 с.
5. Ратушняк Г. С. Топографія з основами картографії : навчальний посібник. / Георгій Сергійович Ратушняк – К. : ЦНЛ, 2003. – 208 с.
6. Ратушняк Г. С. Геодезичні роботи в будівництві : навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, О. Г. Лялюк. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 181 с.
7. Ратушняк Г. С. Інженерна геодезія / Георгій Сергійович Ратушняк. – К. : Вища школа, 1992. – 262 с.
8. Топографо-геодезические термины : справочник / [Б. С. Кузьмин и др.] – М. : Недра, 1983. – 261 с.

Додаток А – Відомість обчислення координат точок замкненого теодолітного ходу

№ точки	Вимірні кути		Поправки, мінути	Виправлені кути		Дирекційні кути		Румби			Горизонтальна проекція, м	Прирости координат, м								Координати, м				
	градуси	мінути		градуси	мінути	градуси	мінути	Назва	градуси	мінути		обчислені				виправлені				X	Y			
												±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX	±	ΔY					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
1	193	32,5																				2101,97	909,47	
											65,16													
2	110	17,5																						
											156,14													
3	94	31																						
											59,21													
4	172	55																						
											62,00													
5	92	07,5																						
											119,16													
6	179	39																						
											99,98													
7	56	59																						
											69,11													
$\sum \beta_B =$			$\sum \beta_T =$			$\sum d = 630,76$																		
$f_\beta =$																								

$$f_{\beta_{доп}} = 1' \sqrt{n} =$$

$$f_X = \quad f_Y =$$

$$f_{абс} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}$$

$$f_{відн} = \frac{f_{абс}}{\sum d} < \frac{1}{2000}$$

Додаток Б – Відомість обчислення координат точок діагонального теодолітного ходу

№ точки	Виміряні кути		Поправки, мінути	Виправлені кути		Дирекційні кути		Румби			Горизонтальна проєкція, м	Прирости координат, м							Координати, м			
	градуси	мінути		градуси	мінути	градуси	мінути	Назва	градуси	мінути		обчислені				виправлені			X	Y		
												±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX	±			ΔY	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
3																						
4	84	30																				
											49,97											
8	184	53																				
											50,17											
9	175	41																				
											83,43											
1	70	07																		2101,97	909,47	

$\sum \beta_B =$ $\sum d = 183,57$

$\sum_{пр}$	$\sum_{пр}$	$\sum_{пр}$	$\sum_{пр}$
$\sum_{т}$	$\sum_{т}$	$\sum_{т}$	$\sum_{т}$

$\sum \beta_T = \alpha_{П} - \alpha_{К} + 180^0 n;$
 $\beta_T =$

$f_X =$
 $f_Y =$
 $f_{абс} = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2}$

$f_{\beta} =$

$f_{відн} = \frac{f_{абс}}{\sum d} < \frac{1}{1000}$

$f_{\beta доп} =$

Навчальне видання

**Методичні вказівки
до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни “Інженерна геодезія”
для студентів напряму підготовки
“Будівництво”**

**на тему: «Визначення координат точок знімального
обґрунтування та побудова плану будівельного майда-
нчика»**

Редактор Т. Старічек

Укладачі: Георгій Сергійович Ратушняк
Ольга Дмитрівна Панкевич
Тетяна Юрївна Вовк

Оригінал-макет підготовлено О. Панкевич

Підписано до друку
Формат 29,7×42¹/₄. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад прим. Зам. №

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432)59-87-36
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті,
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к.114.
Тел. (0432)59-87-38.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.