



**Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет лісового господарства,  
деревооброблювальних технологій та  
землевпорядкування**

**Кафедра управління земельними ресурсами,  
геодезії та кадастру**

**Топографія. Теодолітне знімання**

**Методичні вказівки  
до виконання практичних робіт**

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної та заочної форми навчання  
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

**Харків  
2024**

Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет лісового господарства, деревооброблювальних технологій та  
землевпорядкування  
Кафедра управління земельними ресурсами, геодезії та кадастру

## **Топографія. Теодолітне знімання**

Методичні вказівки  
до виконання практичних робіт

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної та заочної форми навчання  
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Затверджено  
рішенням Науково-методичної  
ради факультету лісового  
господарства,  
деревооброблювальних технологій  
та землевпорядкування  
Протокол № \_\_\_\_\_  
від \_\_\_\_\_ р.)

**Харків**  
**2024**

УДК 528.4:528.5.02](072)  
Т-61

Схвалено на засіданні кафедри управління земельними ресурсами,  
геодезії та кадастру  
Протокол №1 від 28 серпня 2024р.

**Рецензенти:**

Т-61           Топографія. Геодолітне знімання: методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форми навчання спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій», укладачі: А.О. Сєдов, Д.Д. Хайнус, С.О. Винограденко ; ДБТУ. – Харків: 2024. – 24 с.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Топографія» містять опис, структуру та методику виконання практичних робіт для денної та заочної форм навчання здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форми навчання спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій».

**УДК**

**Відповідальний за випуск:**

© Сєдов А.О., 2024

© ДБТУ, 2024

## Вступ

Будь-які знімання розуміють як сукупність геодезичних дій, що виконуються на місцевості з метою складання її плану. Топографічне знімання при якому одержують на плані взаємне положення контурів, угідь і об'єктів місцевості прийнято називати контурним, або горизонтальним. Горизонтальна зйомка призначення для одержання контурного плану, що відображає ситуацію місцевості і застосовується при зніманні місцевості з великою кількістю контурів, наприклад, забудованої території. До контурного (горизонтального) знімання відноситься і теодолітне знімання. Знімання місцевості виконується у відповідній послідовності, яка включає такі стадії: підготовчу, вимірвальну (польову) і камеральну.

Теодолітне знімання проводиться з метою одержання контурного плану місцевості. Для проведення теодолітного знімання будується опорна геодезична мережа, тобто знімальне обґрунтування у вигляді теодолітних ходів. Залежно від площі земельного масиву, його конфігурації, насиченості контурами угідь і об'єктами місцевості теодолітні ходи можуть утворювати полігон (замкнений хід) або декілька полігонів – систему замкнутих ходів. Теодолітні ходи прив'язують до пунктів державної геодезичної мережі або до пунктів геодезичної мережі згущення.

Точки і сторони полігонів служать обґрунтуванням для знімання контурів і об'єктів місцевості, тому при їх прокладенні (побудові) необхідно враховувати вимоги, рекомендовані щодо максимальних відстаней до контурних точок. Якщо величина земельного масиву в межах замкненого теодолітного ходу не дозволяє виконувати ці вимоги, в середині полігонів прокладають додаткові (діагональні) теодолітні ходи. Обґрунтуванням для діагональних ходів слугують точки і сторони замкнених ходів. Ці ходи можуть служити для контролю виконаних при прокладанні замкненого (основного) полігона робіт. Перед проведенням знімання роблять огляд місцевості (рекогностування) з метою визначення місць встановлення точок теодолітних ходів та способів знімання ситуації.

Приладами, які використовуються для прокладання теодолітних ходів, є теодоліт, землемірна стрічка або рулетка; лінійні виміри можуть виконуватися різними віддалемірами, електронними рулетками.

## Виконання лабораторно-практичних робіт

### Лабораторно-практична робота №1. Обробка матеріалів теодолітної зйомки

**Вихідні дані.** Схема теодолітних ходів, журнал кутових та лінійних вимірювань, абриси теодолітного знімання.

**Мета роботи** – за результатами кутових та лінійних вимірювань вирахувати координати поворотних точок замкнутого та розімкненого (діагонального) ходів, використовуючи абриси знімання, викреслити план землекористування, вирахувати його загальну площу та площі окремих контурів, оволодіти методикою виконання комплексу камеральних робіт під час теодолітної зйомки.

**Матеріали, посібники, приладдя** – для виконання цієї роботи необхідно мати: бланки відомостей вирахування координат, ручку, калькулятор, вимірник, масштабну лінійку, транспорир, трикутник, лінійку, креслярський папір, твердий олівець 2Т-3Т, ластик, умовні позначення для топографічних планів масштабу 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500, планіметр, палетку, кальку, відомість вирахування площ.

На території землекористування фермерського господарства «Колос» було проведено теодолітне знімання. По його межах прокладено замкнений теодолітний хід, а для знімання ситуації всередині ділянки – діагональний (рис. 1). Горизонтальні кути теодолітних ходів вимірювали способом прийомів теодолітом Т30 (2Т30), а довжини ліній – металевою 20-метровою стрічкою в прямому та зворотному напрямках або металевою рулеткою. Лінія 7-8 неприступна для безпосереднього вимірювання, тому для визначення її довжини виконували допоміжні вимірювання.

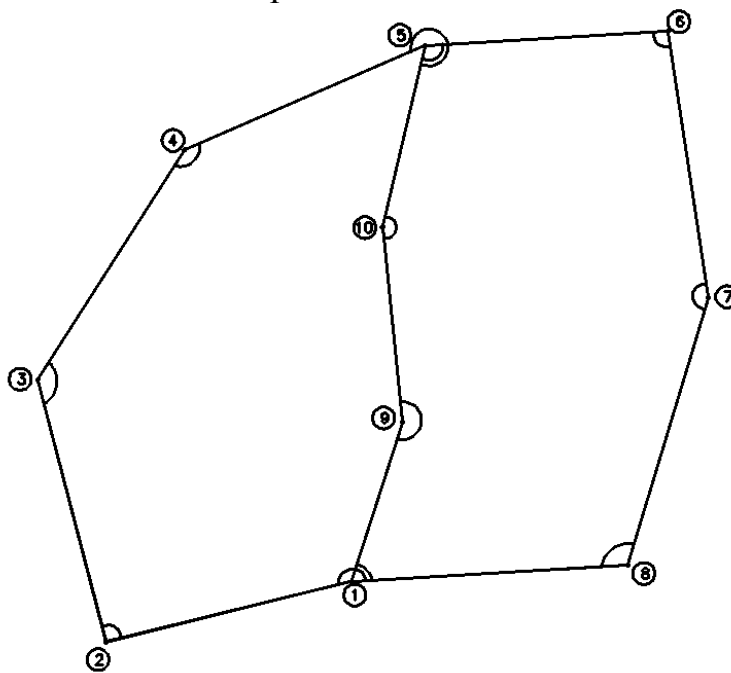


Рис. 1. Схема теодолітних ходів

**1. Обробка даних вимірювань та складання плану теодолітного знімання. вирахування площ.**

Камеральні роботи під час теодолітної зйомки починають з обробки журналу (табл. 1), у якому вираховують остаточні значення вимірних кутів та довжин ліній, а також визначають горизонтальні прокладення цих ліній.

Таблиця 1

**Фрагмент журналу теодолітного знімання**

№ пункту		Відліки за горизонтальним кругом, °'	Внутрішні кути, °'	Середні значення кутів, °'	Довжини ліній, м	Кути нахилу		Горизонтальні прокладення ліній, м
Стояння	Візування					Переходи від – до, м	Кути, °'	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	8	280° 59'	190° 35'		<b>1-2</b>		3° 30'	-0,59
	2	18° 24'			317,25			
	8	28° 59'		<b>190° 35'</b>	317,37			<b>316,72</b>
	2	198° 24'	190° 35'		<b>317,31</b>			
1	8	33° 06'	68° 56'		<b>1-9</b>			
	9	324° 10'			208,87			
	8	213° 06'		<b>68° 56'</b>	208,91			<b>208,89</b>
	9	144° 10'	68° 56'		<b>208,89</b>			
2	1	334° 03'	90° 45'		<b>2-3</b>			
	3	243° 18'			339,19			
	1	154° 04'		<b>90° 45,5'</b>	339,30			<b>339,25</b>
	3	63° 18'	90° 46'		<b>339,25</b>			
3	2	114° 06'	132° 44'		<b>3-4</b>			
	4	341° 22'			341,81			
	2	294° 05'		<b>132° 44'</b>	341,88			<b>341,85</b>
	4	161° 21'	132° 44'		<b>341,85</b>			
4	3	242° 00'	146° 05'		<b>4-5</b>		2° 20'	-0,31
	5	95° 55'			328,38			
	3	62° 01'		<b>146° 05,5'</b>	328,50			<b>328,13</b>
	5	275° 55'	146° 06'		<b>328,44</b>			
5	4	214° 33'	159° 51'		<b>5-6*</b>			
	6	54° 42'						
	4	34° 32'		<b>159° 50,5'</b>				
	6	234° 42'	159° 50'					

Для отримання горизонтальних кутів вираховують значення кутів, вимірних при кругах «ліво» та «право» і якщо розбіжність між ними не перевищує подвійної точності теодоліта, взяти середнє арифметичне значення. За результатами прямих та зворотних вимірів ліній теодолітного ходу визначають їх середні значення, якщо відносні похибки вимірювань не перевищують 1 : 2 000.

Довжини ліній 5-6 і 8-1 вираховують для свого варіанта (індивідуально) за формулою:

$$S_{5-6} = 418,71 - [25 \cdot (N-1) + 5 \cdot n];$$
$$S_{8-1} = 461,08 - [25 \cdot (N-1) + 5 \cdot n],$$

де  $N$  – номер групи;

$n$  – порядковий номер студента за списком.

Довжину лінії 7-8, недоступну для безпосереднього вимірювання, визначають за допомогою теореми синусів, використовуючи результати вимірів, що відображені на схемі в журналі теодолітного знімання.

Похилі лінії необхідно привести до горизонту. Наприклад, довжина лінії 1-2 дорівнює 317,31 м, а кут нахилу  $3^{\circ}30'$ . Горизонтальне прокладення цієї лінії дорівнює:

$$d = D \cdot \cos v = 317,31 \cdot \cos 3^{\circ}00' = 316,72 \text{ м},$$

де  $d$  – горизонтальне прокладення;

$D$  – виміряне значення довжини лінії;

$v$  – кут нахилу лінії.

### Обчислення координат точок теодолітних ходів

**Замкнений теодолітний хід.** Координати точок вираховують в координатній відомості (табл. 3).

У першу графу координатної відомості виписують номери вершин точок замкненого ходу, починаючи та закінчуючи першою. У графу 2 із журналу виписують середні значення горизонтальних кутів (графа 5 журналу), виміряних у відповідних точках теодолітного ходу. Горизонтальні прокладення ліній ходу виписують із журналу у відповідну графу відомості.

Обробку координатної відомості починають з визначення та усунення кутової нев'язки, яка виникає в результаті помилок, допущених під час вимірювання кутів. З цією метою знаходять суму виміряних внутрішніх кутів полігона  $\sum_{\beta_{np}}$  і теоретичну суму кутів  $\sum_{\beta_{теор}}$ , яку обчислюють за формулою:

$$\sum_{\beta_{теор}} = 180^{\circ} \cdot (n - 2),$$

де  $n$  – кількість кутів полігона.

Далі порівнюють обчислені суми та вираховують кутову нев'язку:

$$f_{\beta} = \sum_{\beta_{np}} - \sum_{\beta_{теор}},$$

Допустиму нев'язку обчислюють за формулою:

$$f_{\beta_{доп}} = \pm 1' \sqrt{n},$$

де  $n$  – кількість внутрішніх кутів замкненого полігона.

Усі зазначені розрахунки записують у координатну відомість.

Якщо отримана нев'язка не перевищує допустиме значення, її розподіляють порівну на всі кути, вводячи поправки, обчислені з заокругленням до  $0',1$  та записані червоним кольором з протилежним знаком поруч з відповідним виміряним кутом. При цьому більші поправки вводять у

кути, утворені короткими лініями ходу. Проте найчастіше їх вводять з таким розрахунком, щоб кути були заокруглені до цілих мінут. Сума внесених поправок має дорівнювати величині кутової нев'язки  $f_{\beta}$ , а сума виправлених (ув'язаних) кутів – їх теоретичній сумі, що є контролем правильності їх урівнювання. Якщо кутова нев'язка виявиться більшою від допустимої, треба спочатку переконатись у правильності обчислення кутів у польовому журналі і тільки після цього перевіряють результати вимірювання кутів на місцевості.

На наступному етапі вираховують дирекційні кути всіх ліній теодолітного ходу. Для їх визначення необхідно знати дирекційний кут вихідної лінії. За вихідний дирекційний кут лінії 1-2 приймають кут, що дорівнює:

$$\alpha_{1-2} = (10n + N)^{\circ} + n',$$

де  $N$  – номер групи;

$n$  – порядковий номер студента за списком.

Наприклад: варіант 26, група 5:

$$\alpha_{1-2} = (10 \cdot 26 + 5)^{\circ} + 26' = 265^{\circ}26'.$$

Даний дирекційний кут записують між відповідними точками в координатній відомості.

Дирекційні кути всіх інших ліній обчислюють за формулами:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^{\circ} - \beta_{\text{пр}},$$

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} - 180^{\circ} + \beta_{\text{лів}},$$

де  $\alpha_n$  і  $\alpha_{n-1}$  – дирекційні кути відповідно наступної та попередньої лінії;  $\beta_{\text{пр}}$  і  $\beta_{\text{лів}}$ , – праві та ліві за напрямком ходу внутрішні кути між цими лініями. У нашому прикладі, коли виміряний правий за ходом внутрішній кут  $\beta_2$ :

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^{\circ} - \beta_2 = 265^{\circ}26' + 180^{\circ} - 90^{\circ}45' = 354^{\circ}41'.$$

Дирекційний кут лінії 2-3 є вихідним для обчислення дирекційного кута лінії 3-4 і т.д. Якщо обчислювані дирекційні кути будуть мати значення більше  $360^{\circ}$ , їх зменшують на цю величину. Контролем за цією графою є обчислення дирекційного кута 1-2, який розраховують з вихідного напрямку 8-1.

Обчислення румбів залежить від того, у якій чверті розташовані дирекційні кути ліній (табл. 2).

Таблиця 2

### Зв'язок дирекційних кутів і румбів

Четверті	Дирекційний кут	Напрямок	Формули для вираховання румбів	Знаки приростів координат	
				X	Y
I	$0^{\circ} - 90^{\circ}$	ПнСх	$r = \alpha$	+	+
II	$90^{\circ} - 180^{\circ}$	ПдСх	$r = 180^{\circ} - \alpha$	-	+
III	$180^{\circ} - 270^{\circ}$	ПдЗх	$r = \alpha - 180^{\circ}$	-	-
IV	$270^{\circ} - 360^{\circ}$	ПнЗх	$r = 360^{\circ} - \alpha$	+	-



Румби записують у відповідну графу координатної відомості із зазначенням напрямку.

Використовуючи табл. 2, розставляють знаки приростів координат ліній та переходять до їх розрахунку. Прирости координат вираховують за формулами:

$$\Delta X = d \cdot \cos r,$$

$$\Delta Y = d \cdot \sin r,$$

де  $d$  – горизонтальне прокладення лінії,

$r$  – румб відповідної лінії.

Для їх обчислення використовують калькулятор або спеціальні таблиці. Щоб попередити грубі помилки під час розрахунків, відділяють комою цілу частину від десятинної (прирости координат записують із заокругленням до 0,01 м) і слідкують за тим, щоб  $\Delta X$  та  $\Delta Y$  не помінялися місцями. Необхідно пам'ятати, якщо значення румбу знаходиться в межах  $0^\circ - 45^\circ$ , то  $\Delta X > \Delta Y$  і, навпаки,  $\Delta X < \Delta Y$  при значенні румбу, який дорівнює  $45^\circ - 90^\circ$ . Значення приростів координат за абсолютними величинами не можуть бути більше відповідних горизонтальних прокладень. Прирости координат можна обчислювати і за дирекційними кутами.

Вирахувані прирости підсумовують окремо зі знаками «+» і «-» та записують нижче результатів розрахунків. Алгебраїчна сума приростів координат теоретично повинна дорівнювати нулю, тому різниця між отриманими сумами з різними знаками є нев'язкою. Якість отриманих результатів перевіряють за вирахованою відносною нев'язкою, яка не повинна перевищувати  $\frac{1}{2000}$  за сприятливих умов для вимірювання. Відносну нев'язку вираховують за формулою:

$$f_{\text{відн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P},$$

де  $f_{\text{абс}}$  – абсолютна лінійна нев'язка, яка дорівнює:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2};$$

$P$  – довжина (периметр) ходу.

У нашому прикладі  $f_{\text{абс}} = \sqrt{(-0,47)^2 + (-0,06)^2} = \pm 0,47$  м,  $P=2623,12$  м.

$$f_{\text{відн}} = \frac{0,47}{2623,16} = \frac{1}{5629} \leq \frac{1}{2000}.$$

Якщо відносна похибка не перевищує допустиму, то урівнюють прирости координат. Отримані нев'язки  $f_{\Delta x}$  і  $f_{\Delta y}$  розподіляють пропорційно горизонтальним прокладенням ліній між приростами координат. Для вирахування поправок нев'язку розділяють на периметр ходу та множать на довжини окремих ліній. Розподіл нев'язки пропорційно значенню приростів координат є грубою помилкою. Поправки, що заокруглені до 0,01 м, записують

червоним кольором з протилежним знаком поруч з відповідними вирахованими приростами координат.

Суми поправок за  $\Delta X$  і  $\Delta Y$  за абсолютною величиною повинні дорівнювати нев'язкам  $f_{\Delta x}$  і  $f_{\Delta y}$ , а сума виправлених приростів координат – нулю.

Недопустимі нев'язки у разі визначення й ув'язування приростів координат у теодолітних ходах можуть бути результатом грубих помилок (прорахунків) під час обробки матеріалів польових вимірювань. При цьому потрібно уважно перевірити всі попередні розрахунки: визначення дирекційних кутів і румбів; правильність вписування горизонтальних прокладень ліній; визначення знаків і приростів координат  $\Delta X$  і  $\Delta Y$ . Коли румби ліній  $< 45^\circ$ , абсолютні значення приростів координат  $\Delta X$  більші, ніж значення  $\Delta Y$ . Якщо ж румби  $> 45^\circ$ , то, навпаки, абсолютні значення приростів координат  $\Delta X$  менші від приростів координат  $\Delta Y$ . Коли румб дорівнює  $45^\circ$ , то  $\Delta X$  дорівнює  $\Delta Y$ .

Після ув'язки приростів обчислюють координати вершин полігона. Обчислення координат починають з першої точки, координати якої для індивідуалізації завдання, визначають так:

$$X_1 = (10n + N + 0,01n) \text{ м};$$

$$Y_1 = (10n + N + 0,01n) \text{ м};$$

де  $N$  – номер групи;

$n$  – порядковий номер студента за списком.

Для 26 варіанта 5-ї групи:

$$X_1 = (10 \cdot 26 + 5 + 0,01 \cdot 26) = 265,26 \text{ м};$$

$$Y_1 = (10 \cdot 26 + 5 + 0,01 \cdot 26) = 265,26 \text{ м}.$$

Координати всіх інших точок вираховують, послідовно додаючи виправлені прирости відповідних ліній. Тобто для того, щоб визначити координати  $X_2, Y_2$  до координат  $X_1, Y_1$  додають (з відповідним знаком) прирости  $\Delta X_{1-2}$  і  $\Delta Y_{1-2}$ .

Контролем обчислень слугує отримання координат вихідної точки (1) в результаті додавання до координат останньої точки (8) відповідних приростів координат ( $\Delta X_{8-1}$  і  $\Delta Y_{8-1}$ ). Вираховані координати записують у відповідну графу координатної відомості.

**Розімкнений (діагональний) теодолітний хід.** Обробку діагонального ходу виконують у тій же послідовності, що і замкненого. Виписавши у відповідні графи номери точок, виміряні кути та горизонтальні прокладення, переходять до зрівнювання кутів (табл. 4). Для вирахування теоретичної суми кутів із результатів обробки замкненого ходу необхідно вписати дирекційні кути початкової лінії 8-1 та кінцевої 5-4, між якими прокладено хід.

Теоретичну суму кутів в наведеному прикладі, коли виміряні праві кути, вираховують за формулою:

$$\sum \beta_{\text{теор.}} = \alpha_{\text{поч.}} - \alpha_{\text{кінц.}} + 180^\circ \cdot n, \text{ тобто}$$

$$\sum \beta_{\text{теор.}} = \alpha_{8-1} - \alpha_{5-4} + 180^\circ \cdot n = 276^\circ 01' - 255^\circ 52' + 180^\circ \cdot 4 = 740^\circ 09',$$

де  $\alpha_{\text{поч.}}$  і  $\alpha_{\text{кінц.}}$  – відповідно дирекційні кути початкової та кінцевої лінії ходу;  $n$  – кількість кутів ходу.

Допустиму кутову нев'язку для діагонального ходу обчислюють за формулою:

$$f_{\beta_{\text{дон}}} = \pm 2' \sqrt{n}.$$

Кутову нев'язку, якщо вона не перевищує допустиме значення, розподіляють на кути діагонального ходу й обчислюють за ув'язаними кутами дирекційні кути його ліній. Контролем обчислення дирекційних кутів слугує одержання значення дирекційного кута кінцевої лінії  $\alpha_{\text{кінц.}}$  (у наведеному прикладі –  $\alpha_{5-4}$ ).

Після вирахування дирекційних кутів та визначення румбів обчислюють прирости координат ліній діагонального ходу  $\Delta X$  і  $\Delta Y$ . Підраховують їх суми й визначають нев'язки. Теоретичну суму приростів знаходять як різницю координат кінцевої і початкової точок, на які опирається діагональний хід.

У наведеному прикладі:

$$\sum \Delta X_{\text{теор.}} = X_{\text{к}} - X_{\text{п}} = X_5 - X_1 = 912,43 - 265,26 = 647,17 \text{ (м)},$$

$$\sum \Delta Y_{\text{теор.}} = Y_{\text{к}} - Y_{\text{п}} = Y_5 - Y_1 = 464,84 - 265,26 = 199,58 \text{ (м)},$$

де  $X_{\text{п}}$ ,  $Y_{\text{п}}$  та  $X_{\text{к}}$ ,  $Y_{\text{к}}$  – координати початкової та кінцевої точок ходу.

Для обчислення лінійних нев'язок використовують формули:

$$f_x = \sum \Delta X_{\text{пр.}} - \sum \Delta X_{\text{теор.}},$$

$$f_y = \sum \Delta Y_{\text{пр.}} - \sum \Delta Y_{\text{теор.}}$$

Обчисливши абсолютну і відносну нев'язку, яка не повинна перевищувати 1/1500, урівнюють прирости координат і визначають координати точок діагонального ходу (табл. 8), за аналогією замкненого теодолітного ходу.

Визначення координат як замкненого так і розімкненого (діагонального) ходів може бути виконано з використанням комп'ютерної техніки і відповідного програмного забезпечення.



## Відомість визначення координат точок розімкненого (діагонального) теодолітного ходу

№ вершини	Внутрішні кути				Сторони	Дирекційні кути		Румби	Довжина горизонтальної проєкції сторони (м)	Вираховані прирости			Виправлені прирости		Координата			№ вершини		
	виміряні	поправки	виправлені	'		°	'			°	'	°	'	°	'	°	'		°	'
8					8-1	276	01	ПнЗх: 83°59'											8	
1	68	56	-	68	1-9	27	05	ПнСх: 27°05'	208,89	185,98	95,11	+0,10	186,08	95,12	+	265,26	+	265,26	1	
9	203	41,5	-0,5	203	9-10	3	24	ПнСх: 3°24'	245,66	245,23	14,57	+0,10	245,33	14,59	+	451,34	+	360,38	9	
10	160	47,5	-0,5	160	10-5	22	37	ПнСх: 22°37'	233,63	215,66	89,85	+0,10	215,76	89,87	+	696,67	+	374,97	10	
5	306	45	-	306	5-4	255	52	ПдЗх: 75°52'	$\sum_{np} = 646,87$	646,87	199,53		647,17	199,58	+	912,43	+	464,84	5	
4									$\sum_{r} = 647,17$	647,17	199,58		647,17	199,58	+				4	
$\sum_{np} = 740^{\circ} 10'$									P=688,18	$f_{\Delta x} = -0,30$	$f_{\Delta y} = -0,05$		$\Delta x = 0,00$	$\Delta y = 0,00$						
$\sum_{r} = \alpha_{кс} - \alpha_{пн} + 180^{\circ} \cdot n = 740^{\circ} 09'$									$f_{acc} = \sqrt{f_{\Delta x}^2 + f_{\Delta y}^2} = \sqrt{(-0,30)^2 + (-0,05)^2} = \pm 0,30$											
$f_{\beta} = 01'$									$f_{абн} = \frac{f_{acc}}{P} \leq \frac{1}{1500}$	$f_{абн} = \frac{0,30}{688,18} = \frac{1}{2286} \leq \frac{1}{1500}$										
$f_{плон} = \pm 2\sqrt{n} = 04'$																				

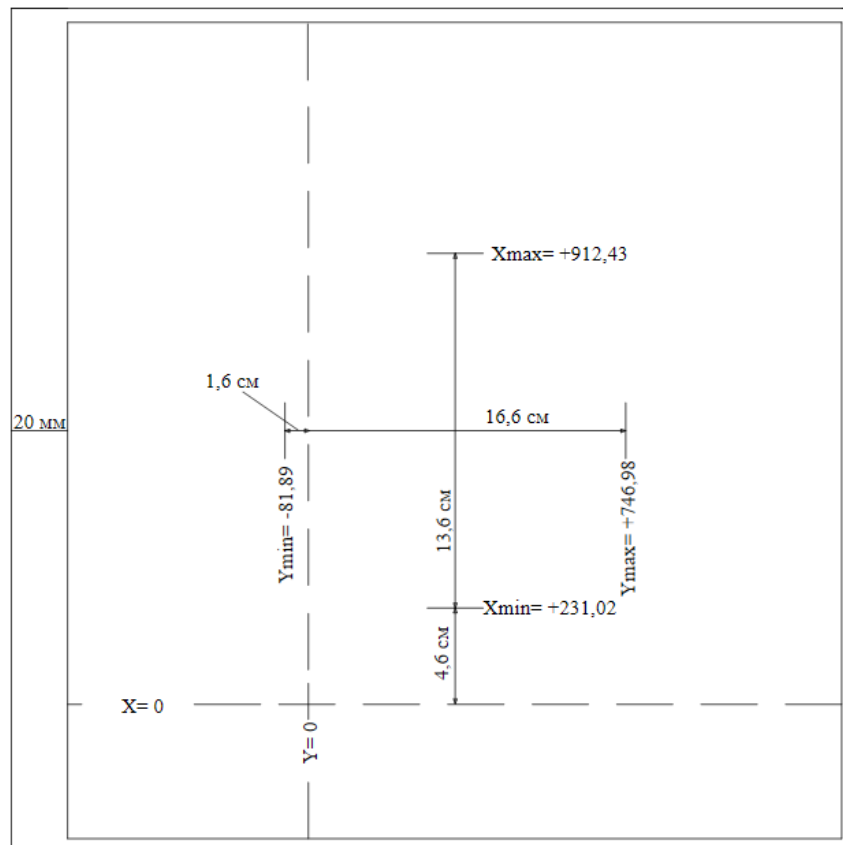
**2. Складання плану.** Перед складанням плану розраховують розміри аркушу паперу. Для нашого прикладу розміри плану з півночі на південь та із заходу на схід в масштабі 1 : 5 000 наступні:

$$X_{\text{плану}} = \frac{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}{m} = \frac{912,43 - 231,02}{50} = 13,6 \text{ см};$$

$$Y_{\text{плану}} = \frac{Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}}{m} = \frac{746,98 - (-81,89)}{50} = 16,6 \text{ см},$$

де  $m$  – число метрів на місцевості, що відповідає 1 см на плані.

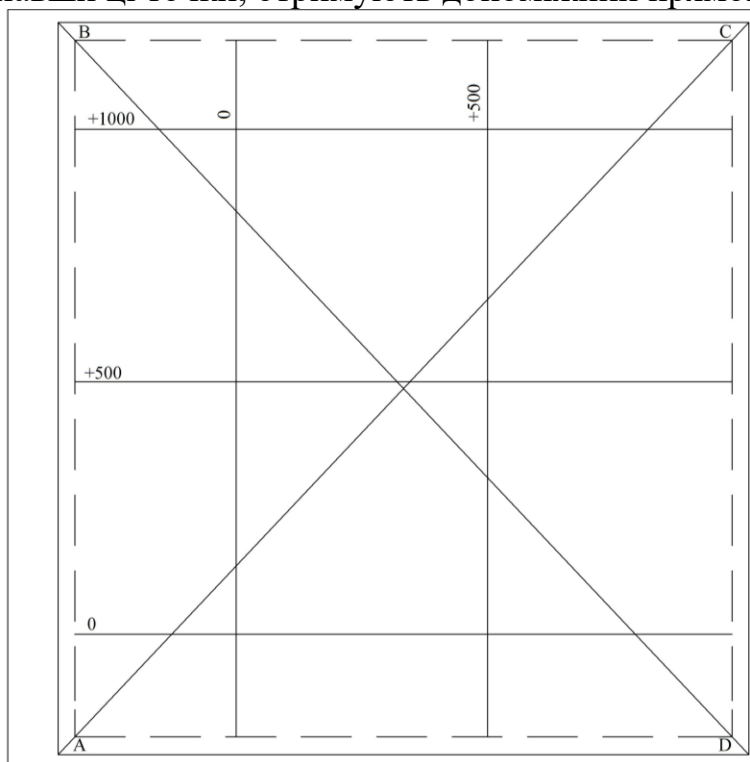
Ураховуючи, що зліва та справа, вгорі й знизу плану треба побудувати рамку та залишити приблизно по 4–5 см для розміщення таблиць, написів і т. п., то розмір потрібного аркуша паперу становитиме приблизно 30х30 см. Після цього будують координатну сітку зі сторонами квадрата 10 см. На аркуші паперу передбачають місце для рамки – зліва 20 мм та 5 мм зверху, справа та знизу. Протяжність зображення землекористування (у нашому прикладі 13,6 х 16,1 см) розміщують симетрично відносно рамки, злегка намітивши чотири граничними точками (рис. 2).



**Рис. 2. Визначення місцеположення початкових ліній координатної сітки**

Слід намітити місця проходження ліній координатної сітки. Найнижча точка цієї ділянки має абсцису  $X = 231,02$ , тому найближча координатна лінія осі абсцис, кратна 500 м від початку координат, повинна пройти нижче нашої точки, на відстані 231,02, що в масштабі плану становить приблизно 4,6 см.

Відступивши вниз від крайньої південної точки ділянки на 4,6 см, намічають приблизне місцеположення найнижчої лінії осі абсцис з координатами, що дорівнюють нулю ( $X = 0$ ). Найближча лінія осі ординат ( $Y$ ) з координатами, що дорівнюють нулю, пройде правіше від наміченої західної точки на відстані 81,89 м, що в масштабі плану становитиме близько 1,3 см. Намітивши початкові точки ліній осі абсцис і ординат ( $X = 0$ ,  $Y = 0$ ), приступають до побудови координатної сітки. На аркуші паперу невеликих розмірів, на якому неможливо використати лінійку, координатну сітку можна побудувати таким чином. На аркуші паперу (рис. 3) проводять діагоналі за допомогою вивіреної лінійки. На діагоналях від точки їх перетину відкладають за допомогою вимірника чотири довільні, але рівні відрізки і намічають точки  $A$ ,  $B$ ,  $C$  і  $D$ . З'єднавши ці точки, отримують допоміжний прямокутник  $ABCD$ .



**Рис. 3. Побудова сітки прямокутних координат**

Від нижньої основи на бокових сторонах за допомогою масштабної лінійки і вимірника відкладають угору відрізки по 10 см, спочатку зазначають відрізок необхідних розмірів, щоб перша лінія осі абсцис сітки пройшла в наміченому раніше місці. Отримані точки з'єднують горизонтальними лініями. Аналогічно проводять вертикальні лінії осі координатної сітки, відкладаючи відрізки зліва направо на нижній та верхній основах допоміжного прямокутника.

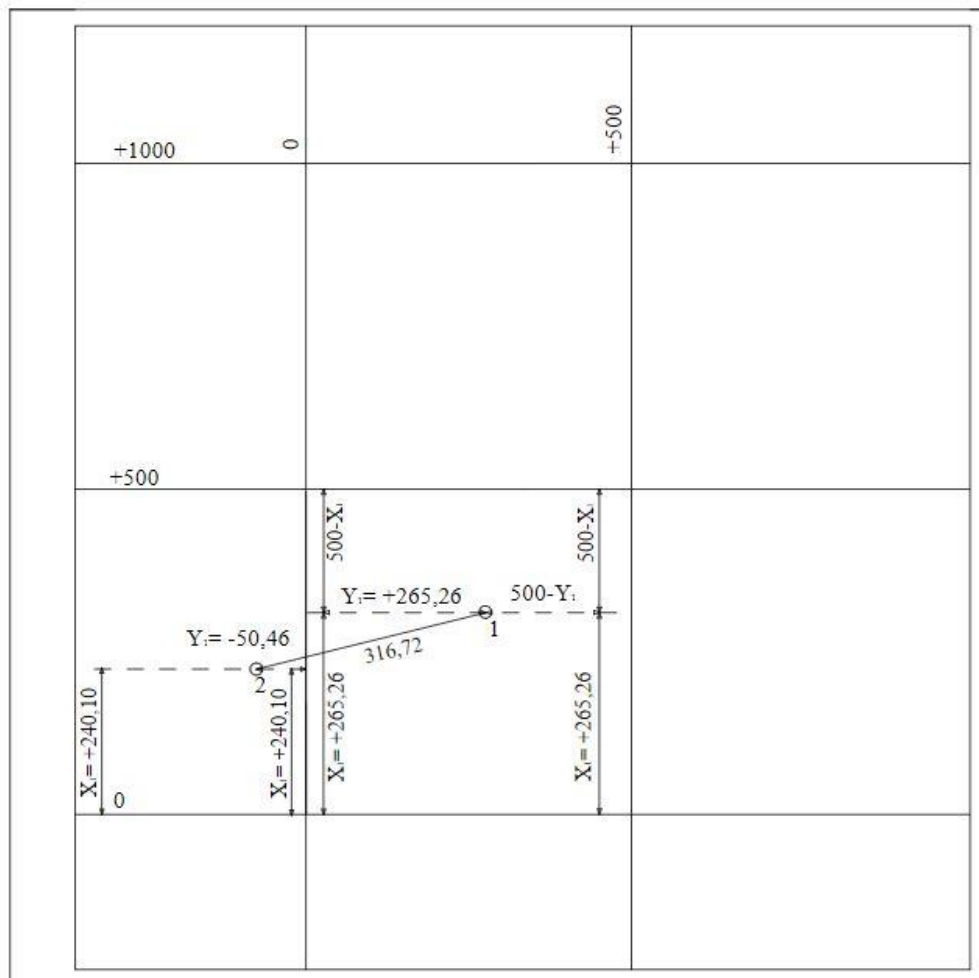
Закінчивши побудову координатної сітки, оцифровують її координатні лінії.

Діагональ квадрата зі стороною 10 см має дорівнювати 14,14 см. Відклавши цю відстань за допомогою масштабної лінійки на вимірник,

перевіряють діагоналі всіх отриманих квадратів. Діагоналі не повинні відрізнятися від теоретичної довжини більш ніж на 0,3 мм.

Після перевірки правильності побудови координатної сітки переходять до нанесення поворотних точок ділянки. Положення кожної точки визначають вирахованою парою координат  $X$  та  $Y$  (табл. 3, 4), які відкладають на плані відносно побудованої координатної сітки. Для нанесення першої точки (рис. 4) за допомогою масштабної лінійки та вимірника відкладають значення абсциси  $X$  у масштабі  $1 : 5\,000$ ,  $265,26$  м від нижньої лінії на вертикальних лініях квадрата сітки, в якому повинна бути точка, та з'єднують відкладені відрізки допоміжною прямою лінією, яка буде паралельна нижній лінії координатної сітки.

На отриманій лінії, вправо від вертикальної лінії сітки, значення якої дорівнює нулю, відкладають значення ординати  $Y$   $265,26$  м та, наколовши отриману точку, обводять кружечком. Для контролю відкладають відрізки, яких не вистачає до наступних ліній сітки. Аналогічно будують усі інші точки. Якщо значення абсцис і ординат точок перевищує  $500$ ,  $1000$  м і т.д., їх будують, відкладаючи від цих ліній сітки значення абсцис і ординат, зменшені на відповідні величини. Правильність нанесення двох сусідніх точок перевіряють за горизонтальним прокладенням між ними, що записане у відомості координат.



**Рис. 4. Нанесення точок за координатами**

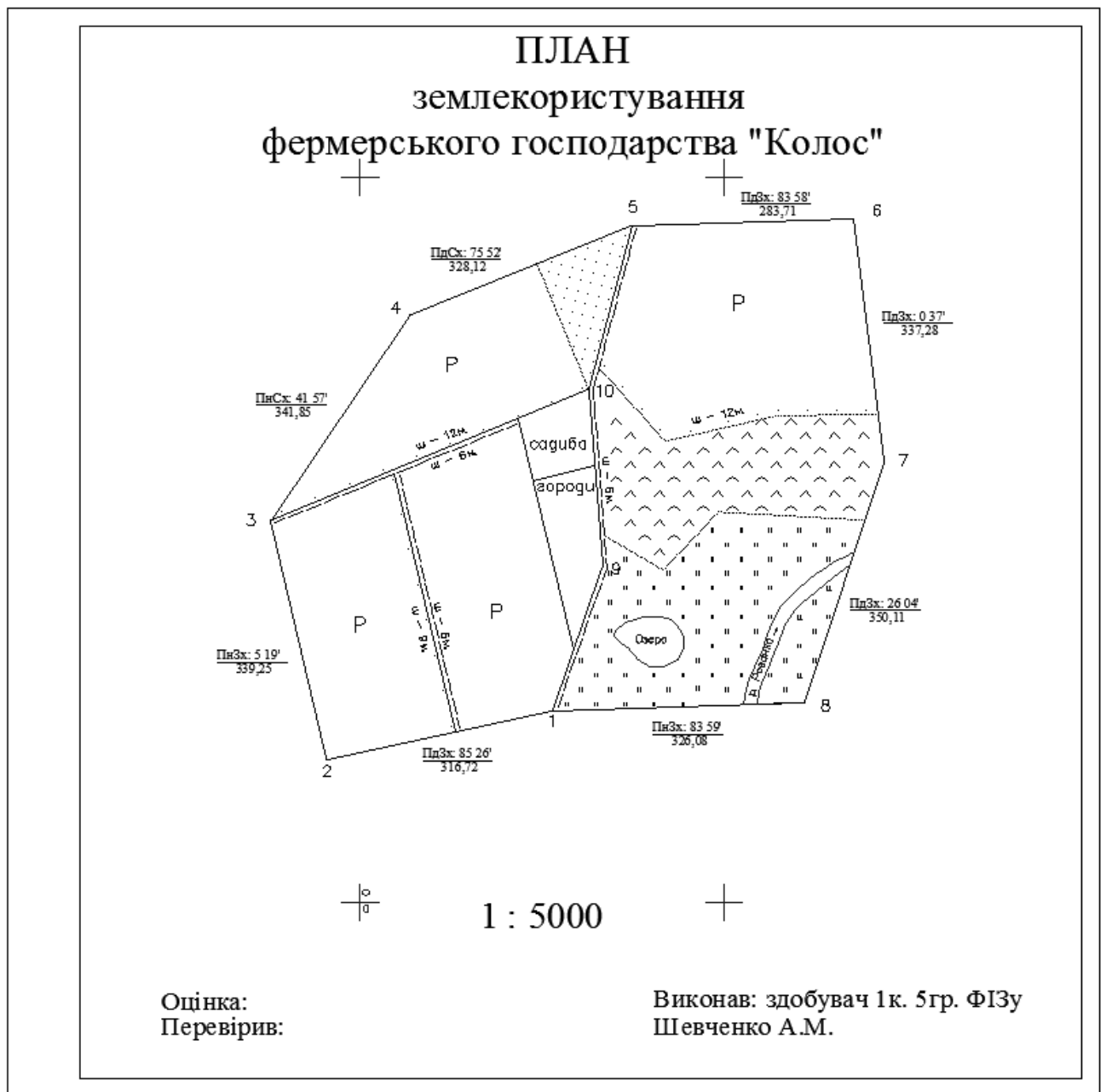


Необхідно послідовно з'єднати отримані точки замкненого та діагонального ходів і приступити до нанесення ситуації на план, використовуючи абрис знімання.

Способи нанесення ситуації на план відповідають способам знімання. Нанесення ситуації на план – процес безконтрольний і потребує особливої охайності та підвищеної уваги.

Після цього слід оформити план відповідно до діючих для топографічних планів масштабів 1 : 5 000 умовними позначенням та зразком оформлення плану (рис. 5).

План горизонтального знімання може бути побудований з використанням комп'ютерної техніки і відповідного програмного забезпечення.



**Рис. 5. Оформлення плану теодолітного знімання**

### 3. Визначення площ земельних ділянок та контурів.

#### Вирахування площі землекористування

Загальну площу землекористування вираховують аналітичним способом за координатами його вершин за формулами:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1});$$

$$2P = \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1}),$$

де  $P$  – площа багатокутника;  $X, Y$  – координати точок багатокутника;  $n$  – кількість точок (вершин) багатокутника;  $i$  – окрема точка багатокутника.

Перед початком обчислення площ аналітичним способом, координати точок вершин земельної ділянки виписують у спеціальну таблицю (табл. 5) у відповідні графи (2, 3). Після обчислення різниць координат і заповнення граф 4 та 5 необхідно знайти добутки (графи 6 та 7), якщо суми різниць від 1 до  $i$  дорівнюють нулю. Добутки сумують окремо за графами 6 та 7. Отримані суми дорівнюють подвоєній площі земельної ділянки ( $m^2$ ). Площу цієї ділянки таким чином визначають двічі, що є надійним контролем її обчислення.

Таблиця 5

#### Відомість вирахування площі землекористування за координатами точок його вершин (аналітичний спосіб)

№ точки	Координати		Різниця, м		Добуток, $m^2$	
	X	Y	$X_{(i-1)} - X_{(i+1)}$	$Y_{(i+1)} - Y_{(i-1)}$	$Y^*(X_{(i-1)} - X_{(i+1)})$	$X^*(Y_{(i+1)} - Y_{(i-1)})$
1	2	3	4	5	6	7
1	265,26	262,26	-9,08	-639,99	-2409	-169764
2	240,10	-50,46	-312,69	-347,16	15778	-83351
3	577,95	-81,89	-592,15	197,10	48491	113914
4	832,52	146,64	-334,48	546,73	-49048	455016
5	912,43	464,84	-50,41	600,34	-23433	547768
6	882,66	746,98	366,97	278,52	274119	245838
7	545,46	743,36	651,64	-157,45	484403	-85883
8	231,02	589,53	280,20	-478,10	165186	-110451
			$\Sigma=0$	$\Sigma=0$		
				2P=	$\Sigma=913087$	$\Sigma=913087$
				P=	456543,5	

$$P = 45,65 \text{ га.}$$

Різниця між двічі отриманими значеннями площ не повинна перевищувати величину, що визначається за формулою:

$$\Delta p = \pm 0,5 \sqrt{2n},$$

де  $n$  – число добутків.

За остаточний результат приймають середнє арифметичне значення та записують площу ділянки в гектарах з точністю до 0,01.

### Визначення площ контурів ситуації

Для відображення кінцевих результатів визначення площ контурів ситуації на кальці (лавсановий папір) роблять креслення контурів. Площі контурів визначають за допомогою планіметра, палетки, вимірника і масштабної лінійки.

Площі контурів великих розмірів складної конфігурації визначають механічним способом; площі витягнутих і контурів з прямолінійними межами – графічним, а площі невеликих за розмірами ділянок – палетками.

При визначенні площ механічним способом спочатку визначають значення ціни поділки планіметра. Для визначення ціни поділки планіметра роблять два обводи квадрата координатної сітки у двох положеннях полюса. Результати записати на початку відомості вирахування площ (табл.6) і визначити ціну поділки планіметра за формулою:

$$c = \frac{P}{m_{cp}},$$

де  $P$  – площа квадрата;  $m_{cp}$  – середнє значення різниці відліків.

Ціну поділки планіметра слід вираховувати з точністю до 0,0001 га.

За необхідності, ціну поділки приводять до зручної для обчислень на плані певного масштабу (0,1 га у масштабі 1 : 10 000; 0,02 га - 1 : 5 000 і 0,5 га – 1 : 25 000), визначивши довжину обвідного важеля для цієї ціни поділки.

Наприклад, при даній установці обвідного важеля  $R_1 = 171,2$  мм отримана ціна поділки  $c_1$  дорівнює 0,02583 га.

Для вирахування площ в масштабі 1 : 5 000 найбільш зручною є ціна поділки  $c_2 = 0,02$  га. Таким чином, необхідно визначити довжину обвідного важеля  $R_2$ , яка відповідає зручній ціні поділки.

У нашому прикладі:

$$R_2 = R_1 \frac{c_2}{c_1} = \frac{171,2 \cdot 0,02}{0,02583} = 132,6 \text{ мм.}$$

Відліковий механізм планіметра установлюють на обчислену довжину обвідного важеля та повторно визначають ціну поділки планіметра. Виконавши декілька наближень, остаточно встановлюють бажану ціну поділки планіметра.

Площі контурів великих розмірів або складної конфігурації визначають двома обведеннями планіметра при одному положенні полюса, встановленого за межами контуру. Обведення виконують за ходом годинникової стрілки, плавно, без ривків, точно по межі контурів. При цьому кути між важелями планіметра повинні бути не менше 30° і не більше 150°. Необхідно слідкувати за тим, щоб відліковий механізм не виходив за межі аркуша, на якому складений план.

Значення за відліковим механізмом роблять на початку обведення, після першого та після другого обведень, відповідно  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$ . Знаходять різниці  $m_2 - m_1$  і  $m_3 - m_2$  та обчислюють середнє значення, якщо отримані різниці відрізняються між собою не більше, ніж на дві поділки при площі до 200 поділок, на три поділки – при площі 200 – 2000 поділок.

Площу ділянки визначають, помноживши середнє із різниці відліків на ціну поділки. Аналогічно обчислюють площі інших контурів.

Площі дрібних контурів (менше 2 см<sup>2</sup> на плані) визначають за допомогою палеток або способом повторень, обводячи їх три-чотири рази, беручи (знімаючи) відліки перед першим і після останнього обведення. Різницю відліків ділять на кількість обведень. Для контурів менше 1 см<sup>2</sup> спосіб повторення не забезпечує необхідної точності, тому для визначення їхніх площ краще застосовувати палетки.

Площі вузьких контурів (дороги, канави, лісові смуги тощо) обчислюють, як площі прямокутників, довжину яких визначають на плані, а ширину – за результатами вимірювань на місцевості. Площі вузьких і вкраплених контурів включають у площі угідь, в які вони вкраплені.

Для отримання чистої площі контуру, площі вкраплених контурів віднімають від цієї площі. Так, у нашому прикладі при вирахуванні площі ріллі були включені і площі лісосмуги. Площі лісосмуг визначали як добуток довжини відповідної лісосмуги на її ширину і виключали із площі ріллі.

Площу господарського двору можна визначити, поділивши цей контур на трикутники, а площу озера – палеткою.

Усі контури ситуації в межах землекористування нумерують. Площі контурів обчислюють і записують з точністю до 0,01 га.

Площу земельної ділянки, яку обчислювали за координатами точок її межі, слід прийняти за теоретичну. Сума вирахуваних площ контурів, що входять у цю ділянку, дає практичну суму.

Нев'язку розраховують за формулою:

$$f_p = \sum P_{\text{пр}} - \sum P_{\text{теор}},$$

а допустиму нев'язку:

$$f_{\text{р доп}} = 0,7 \cdot c \cdot \sqrt{n} + 0,05 \frac{M}{10000} \sqrt{P},$$

де  $P$  – площа земельної ділянки, га;

$c$  – ціна поділки планіметра, га;

$n$  – кількість контурів;

$M$  – знаменник числового масштабу плану.

Якщо отримана нев'язка менше допустимої, її слід розподілити пропорційно коефіцієнтам поправок (табл. 7).



**Коефіцієнти поправок при визначенні площ різними способами залежно від масштабу**

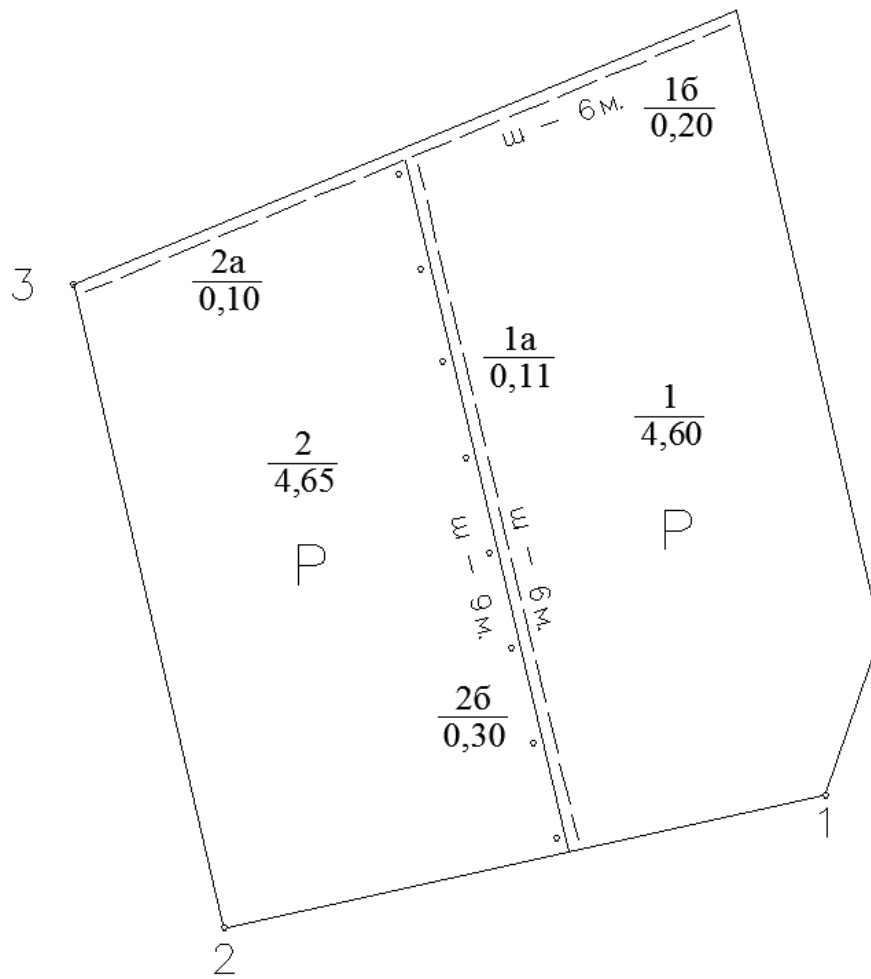
Коефіцієнт поправок	Масштаб 1 : 10000		Масштаб 1 : 5000	
	при вирахуванні площ			
	палетками і планіметром	графічним способом	палетками і планіметром	графічним способом
0,1	до 0,15 га	до 2 га	до 0,04 га	до 0,50
0,2	0,16–0,35	2 – 5	0,05 – 0,09	0,51 – 1,25
0,5	0,36 – 0,75	5 – 10	0,10 – 0,19	1,26 – 2,50
1	0,76 – 3	10 – 20	0,20 – 0,75	2,51 – 5,0
2	3 – 5	20 – 34	0,76 – 1,25	5,0 – 8,5
3	5 – 8	34 – 48	1,26 – 2,00	8,5 – 12,0
4	8 – 15	48 – 63	2,01 – 3,75	12,0 – 15,8
5	15 – 20	63 – 77	3,76 – 5,00	15,8 – 19,2
6	20 – 26	77 – 91	5,0 – 6,5	19,2 – 22,8
7	26 – 35	91 – 105	6,5 – 8,8	22,8 – 26,2
8	35 – 45	105 – 119	8,8 – 11,2	26,2 – 29,8
9	45 – 55	119 – 133	11,2 – 13,8	29,8 – 33,2
10	55 – 65	133 – 148	13,8 – 16,2	33,2 – 37,0
11	65 – 76	-	16,2 – 19,0	
12	76 – 87	-	19,0 – 21,8	
13	87 – 98	-	21,8 – 24,5	
14	98 – 110	-	24,5 – 27,5	
15	110 – 123	-	27,5 – 30,8	
16	23 – 136	-	30,8 – 34,0	
17	136 – 150	-	34,0 – 37,5	
18	150 – 165	-	37,5 – 41,2	

Сума поправок повинна дорівнювати нев'язці з протилежним знаком. Після введення поправок обчислюють зрівняні площі, сума яких повинна дорівнювати теоретичній сумі. Після цього визначають чисті площі контурів, зменшивши зрівняні площі на суму площ вкраплених контурів, які входять до них.

Практика свідчить, що у разі ув'язки площ контурів не завжди використовують коефіцієнти поправок, а розподіл нев'язок виконують пропорційно площам контурів, що є порушенням методики вирахування і ув'язки площ.

За результатами вирахування площ складають креслення контурів (рис. 6). Це креслення являє собою примірник плану землекористування або його копію, виготовлену на лавсановій плівці чи кальці.

Контури земельної ділянки нумерують арабськими цифрами (червоним кольором) відповідно до нумерації, прийнятої у відомостях вирахування площ, а їх площі (у вигляді дробу) пишуть чорним кольором.



**Рис. 6. Креслення контурів (фрагмент)**

**Здавальні матеріали:** журнал теодолітного знімання; відомості вирахування координат точок теодолітних ходів (замкнений, розімкнений); план теодолітного знімання, креслення контурів, відомості вирахування площ.

Навчальне видання

ТОПОГРАФІЯ.  
ТЕОДОЛІТНЕ ЗНІМАННЯ

Методичні вказівки  
до виконання практичних робіт

Укладачі:

Седов Аркадій Олександрович  
Хайнус Дмитро Дмитрович  
Винограденко Сергій Олександрович

Підписано до друку 01.01.2024 р.  
Формат 60x84/16. Гарнітура Times. Умовн. друк. арк. - 2  
Наклад – 30 прим.  
Державний біотехнологічний університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44