

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до лабораторних робіт  
з навчальної дисципліни «**Топографія з основами картографії**»  
для студентів денної та заочної форм навчання  
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

**Одеса – 2023**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до лабораторних робіт  
з навчальної дисципліни «**Топографія з основами картографії**»  
для студентів денної та заочної форм навчання  
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Затверджено  
на засіданні групи  
забезпечення спеціальності  
193 «Геодезія та землеустрій»  
Протокол № 7  
від «18» квітня 2023 р.

Методичні вказівки до лабораторних робіт з навчальної дисципліни **«Топографія з основами картографії»** для студентів 3-го року денної форми навчання та 4-го року заочної форми навчання за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій», рівень вищої освіти бакалавр / канд. геогр. наук, доц. Гриб О. М., ас. Гращенко Т. В. Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2023. 100 с.

## ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП.....	5
1 Лабораторна робота № 1.	
Визначення площ за допомогою топографічних карт і планів .....	6
1.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 1.....	6
1.2 Практична частина до лабораторної роботи № 1.....	15
1.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 1 .....	16
2 Лабораторна робота № 2.	
Обробка журналу тахеометричної зйомки ділянки місцевості .....	17
2.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 2.....	17
2.2 Практична частина до лабораторної роботи № 2.....	31
2.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 2 .....	32
3 Лабораторна робота № 3.	
Складання топографічного плану ділянки місцевості за даними тахеометричної зйомки.....	33
3.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 3.....	33
3.2 Практична частина до лабораторної роботи № 3.....	51
3.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 3 .....	51
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....	52
Додаток А Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 1 .....	55
Додаток Б Вихідні дані до виконання лабораторних робіт № 2 та № 3 .....	83
Додаток В Зразок оформлення топографічного плану ділянки місцевості за даними тахеометричної зйомки .....	99

## ВСТУП

Методичні вказівки розроблені для виконання лабораторних робіт змістовного модуля практичного «Вимірювання площ по картам і планам, обробка даних тахеометричної зйомки та складання топографічного плану місцевості» (ЗМ-Лаб1) навчальної дисципліни «**Топографія з основами картографії**» для студентів 3-го року денної форми навчання та 4-го року заочної форми навчання (включно з іноземцями) за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» (освітньо-професійна програма «Землеустрій та кадастр») першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Дані методичні вказівки створені з метою забезпечення студентів потрібною навчально-методичною літературою для самостійної підготовки та виконання лабораторних робіт № 1-3, а також закріплення теоретичних знань отриманих під час лекційних занять.

Для поглибленого вивчення матеріалу наприкінці даних методичних вказівках є список рекомендованої літератури [1-32]. Методичні вказівки складені відповідно до силлабусу даної навчальної дисципліни [33].

У методичних вказівках наведені рекомендації до виконання та оформлення лабораторних робіт № 1-3 (розділи 1-3) і вихідні дані до них (Додатки А-В). Перед виконанням лабораторної роботи слід ознайомитися з теоретичним матеріалом, викладеним у відповідному розділі методичних вказівок, а також дати відповіді на запитання для самоперевірки. Потім виконати завдання практичної частини лабораторної роботи.

Для оцінювання лабораторних робіт № 1-3 їх потрібно оформити та захистити. Відповідно до силлабусу навчальної дисципліни оцінювання лабораторних робіт здійснюється наступним чином:

- перевірка виконання розрахункових частин лабораторних робіт (по 6 балів);
- захист (у вигляді усного опитування) лабораторних робіт (по 4 бали).

Отже, кожна лабораторна робота оцінюється максимально в 10 балів, а опрацювання матеріалу ЗМ-Лаб1 оцінюється максимально в **30 балів**.

## 1 Лабораторна робота № 1.

### Визначення площ за допомогою топографічних карт і планів

#### 1.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 1

При землеустрої, меліорації і відведеннях земельних ділянок під будівництво виникає необхідність у визначенні їх площ на топографічних картах (планах). При цьому слід зазначити, що на картах або планах обчислюється не похила або звивиста і хвиляста площа місцевості, а її проекція на рівневу поверхню.

У залежності від геометричної форми вимірюваної фігури і потрібної точності застосовуються аналітичний, графічний та механічний способи визначення площ. Останні два способи детально розглянуті нижче.

**Графоаналітичний спосіб.** Його застосовують у тих випадках, коли фігура обмежена прямолінійним контуром. Таку ділянку на карті (плані) розбивають на прості фігури: трикутники, прямокутники або трапеції (див. рис. 1.1), і графічно, з урахуванням масштабу карти (плану), вимірюють елементи фігур, а потім за аналітичними формулами геометрії обчислюють їх площі. Загальну площу знаходять як суму площ простих фігур.

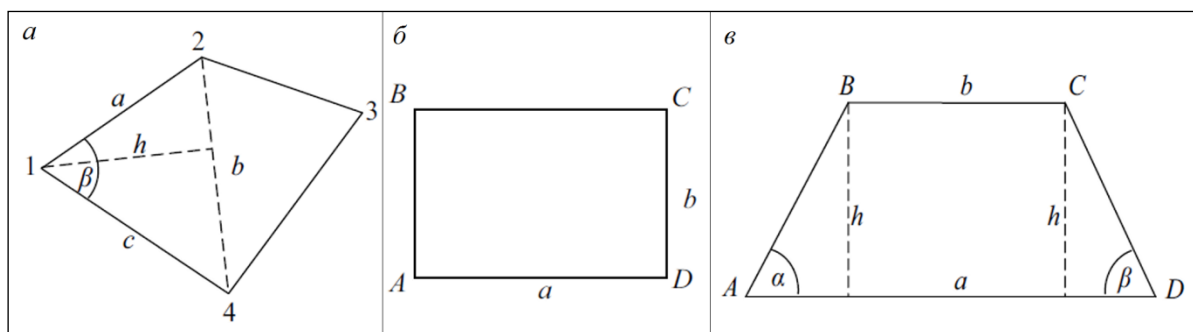


Рисунок 1.1 – Визначення площі за формулами геометрії:

*a* – трикутник; *б* – прямокутник; *в* – трапеція  
(пояснення позначень у тексті)

Якщо задана ділянка розбита на трикутники (див. рис. 1.1, *a*), то площу окремого трикутника *S* обчислюють за однією з формул:

$$\begin{aligned} S &= 0,5 \cdot b \cdot h, \\ S &= 0,5 \cdot a \cdot c \cdot \sin \beta, \\ S &= [p \cdot (p - a) - (p - b) \cdot (p - c)]^{0,5}, \end{aligned} \quad (1.1)$$

де  $a, b, c$  – сторони трикутника;

$h$  – висота трикутника;

$\beta$  – внутрішній кут;

$p$  – півпериметр сторін трикутника.

Для контролю площу трикутника визначають двічі, вимірюючи інші основи та висоти. Наприклад, при першому визначенні площі трикутника 1-2-4 (див. рис. 1.1, *a*) вимірюють сторону  $b$  і висоту  $h$ , а при другому – сторони  $a, c$  і кут  $\beta$ .

Розбіжність між двома отриманими результатами (відносна похибка визначення площі) не повинна перевищувати 1:200. Якщо зазначена вище умова виконується, то за кінцевий результат приймають середнє значення.

Якщо задана земельна ділянка має форму прямокутника  $ABCD$  (див. рис. 1.1, *б*), то його площу обчислюють за формулою:

$$S = a \cdot b, \quad (1.2)$$

де  $a, b$  – відповідно довжина і ширина прямокутника.

Якщо земельна ділянка  $ABCD$  має форму трапеції (див. рис. 1.1, *в*), то її площу можна обчислити в залежності від виміряних на карті параметрів за однією з відомих формул:

$$\begin{aligned} S &= 0,5 \cdot h \cdot (a + b), \\ S &= 0,5 \cdot (a^2 - b^2) / (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta), \\ S &= a \cdot b - 0,5 \cdot h^2 \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta), \end{aligned} \quad (1.3)$$

Середню квадратичну похибку  $m_S$  визначення площі земельної ділянки по карті можна обчислити за формулою:

$$m_S = 0,02 \cdot S^{0,5} \cdot M / 10000, \quad (1.4)$$

де  $M$  – знаменник чисельного масштабу топографічної карти або плану;

$S$  – визначена площа ділянки, га.

Відносна похибка визначення площі земельної ділянки становитиме:

$$m_S : S = 1 : (S / m_S). \quad (3.5)$$

Розглянуті нижче приклади дають підставу стверджувати, що зі збільшенням вимірюваної площі  $S$  зменшується відносна похибка її вимірювання та, як наслідок, вимірювані фігури на карті будь-якого масштабу повинні бути по можливості більших розмірів.

**Приклад 1.** Обчислити середню квадратичну похибку  $m_S$  визначення площі земельної ділянки по топографічній карті масштабу 1:10 000 та перевірити дотримання умови визначення площі, якщо площа ділянки  $S$  дорівнює 9 га.

Згідно з формулою (1.4) середня квадратична похибка  $m_S$  складає:

$$m_S = 0,02 \cdot 9^{0,5} \cdot 10\,000 / 10000 = 0,06 \text{ га.}$$

Відносна похибка визначення площі земельної ділянки становитиме:

$$m_S : S = 1 : (S / m_S) = 1 : (9 / 0,06) = 1 : 150.$$

**Висновок:** умова визначення площі не дотримана, тому що відносна похибка її визначення 1:150 перевищує граничне значення 1:200.

**Приклад 2.** Обчислити середню квадратичну похибку  $m_S$  визначення площі земельної ділянки по топографічній карті масштабу 1:10 000 та перевірити дотримання умови визначення площі, якщо площа ділянки дорівнює  $S = 16$  га.

Згідно з формулою (1.4) середня квадратична похибка  $m_S$  складає:

$$m_S = 0,02 \cdot 16^{0,5} \cdot 10\,000 / 10000 = 0,08 \text{ га.}$$

Відносна похибка визначення площі земельної ділянки становитиме:

$$m_S : S = 1 : (S / m_S) = 1 : (16 / 0,08) = 1 : 200.$$

**Висновок:** умова визначення площі дотримана, тому що відносна похибка її визначення 1:200 не перевищує граничне значення 1:200.

**Графічний спосіб.** При криволінійному контурі ділянки місцевості її площу на карті (плані) швидше можна визначити графічно за допомогою квадратної (сіткової), крапкової або лінійної палетки (рис. 1.2).

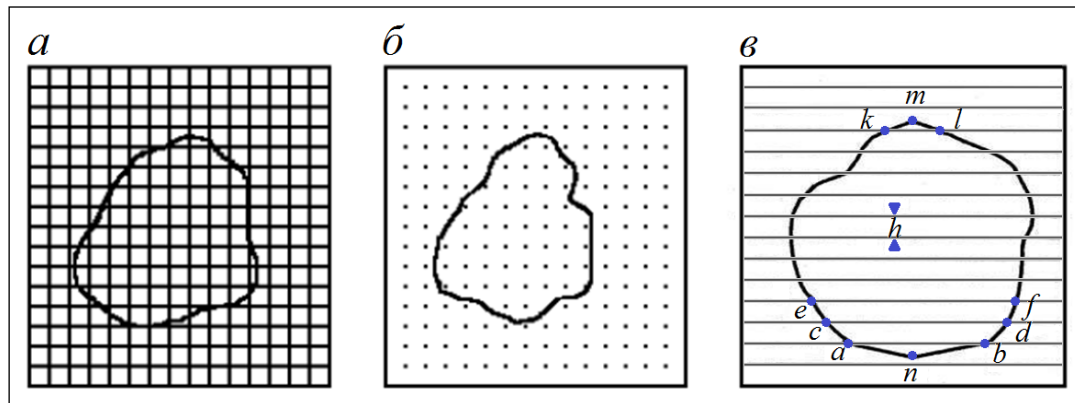


Рисунок 1.2 – Визначення площі за допомогою палетки:

*a* – квадратна (сіткова) палетка, *б* – крапкова палетка, *в* – лінійна палетка (пояснення позначень у тексті)

*Квадратна (сіткова) палетка* (рис. 1.2, *a*) – це сітка дрібних квадратів, як правило, із стороною 2 мм (від 1 до 5 мм), яку наносять на прозорий матеріал (плівку, кальку, пластик).

Визначення площі заданої фігури за допомогою квадратної палетки виконують наступним чином.



1. Сіткову палетку довільно накладають на визначувану площу так, щоб вона покривала весь контур, і підраховують кількість  $n_n$  повних квадратів, які покривають цю площу.

2. Лічать кількість  $n_n$  неповних квадратів по межі площі контуру. Частки квадратів можна шляхом оцінювання на око перевести у повні квадрати і додати до  $n_n$ .

3. Обчислюють загальну площу  $S$  шуканої фігури (в гектарах або квадратних метрах чи квадратних кілометрах) за формулою:

$$S = S_0 \cdot (n_n + 0,5 \cdot n_n), \quad (1.6)$$

де  $S_0$  – площа одного квадрата палетки в масштабі карти.

Для контролю площу даної фігури вимірюють повторно, розвернувши палетку приблизно на  $45^\circ$ . Відносна похибка визначення площі палеткою становить 1:50-1:100. При виконанні цієї умови за кінцеве значення площі приймають середнє арифметичне з двох визначень.

**Приклад 3.** Визначити площу земельної ділянки по карті масштабу 1:10 000, якщо сторона квадрата палетки дорівнює 2,5 мм, кількість повних квадратів  $n_n = 168$ , а кількість неповних квадратів  $n_n = 38$ .

Обчислюємо довжину сторони квадрата палетки на місцевості:

$$d_M = 0,001 \times 2,5 \text{ мм} \times 10\,000 = 25 \text{ м.}$$

Обчислюємо площу одного квадрата палетки на місцевості:

$$S_0 = 25 \text{ м} \times 25 \text{ м} = 625 \text{ м}^2 = 0,0625 \text{ га.}$$

За формулою (1.6) обчислюємо загальну площу земельної ділянки:

$$S = 0,0625 \text{ га} \times (168 + 0,5 \times 38) = 11,7 \text{ га.}$$

Для контролю площу визначають двічі, повернувши палетку на  $45^\circ$  відносно першого положення.

*Крапкова палетка* (рис. 1.2, б) також виготовляється на прозорому матеріалі. Вага кожної крапки дорівнює цінні поділки палетки, тобто площі найменшого квадрата. Перевага крапкової палетки над сіткою в тому, що немає необхідності оцінювати на око часток квадратів, які входять у межі контуру, а достатньо полічити кількість крапок, які знаходяться всередині (у межі контуру) фігури.

Площу ділянки, виміряну крапковою палеткою, обчислюють за формулою:

$$S = n \cdot c, \quad (1.7)$$

де  $n$  – кількість крапок, які знаходяться всередині (у межі контуру) фігури;  
 $c$  – вага крапки палетки,  $\text{м}^2$  ( $\text{км}^2$  або га).

Сутність застосування *лінійної палетки* полягає в наступному.

1. На аркуш кальки, целулоїду або плексигласу наносять через рівні інтервали ( $h = 2\text{-}5$  мм) ряд паралельних ліній (рис. 1.2, *в*).

2. Палетку накладають на вимірювану ділянку так, щоб крайні точки  $m$  і  $n$  контуру розмістилися посередині між будь-якими лініями палетки, розділивши таким чином ділянку на фігури, близькі до трапецій з однаковими висотами  $h$  і середніми лініями  $ab, cd, \dots, kl$ .

3. За допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки визначають довжини ліній  $ab, cd, \dots, kl$ .

4. Площу ділянки обчислюють за формулою:

$$S = h \cdot (ab + cd + \dots + kl). \quad (1.8)$$

Площу ділянки визначають двічі, повернувши палетку на  $45^\circ$  або  $90^\circ$  відносно першого положення.

**Приклад 4.** Визначити площу земельної ділянки по карті масштабу 1:10 000, якщо віддаль між паралельними лініями на палетці дорівнює  $h = 3,5$  мм, а загальна довжина всіх середніх ліній трапецій дорівнює 296 мм.

1. Визначаємо віддаль  $h_M$  між паралельними лініями на місцевості:

$$h_M = 3,5 \text{ мм} \times 10000 / 1000 = 35 \text{ м.}$$

2. Визначаємо загальну довжину  $d_M$  усіх середніх ліній трапецій на місцевості:

$$d_M = 296 \text{ мм} \times 10000 / 1000 = 2960 \text{ м.}$$

3. За формулою (1.8) обчислюємо загальну площу земельної ділянки:

$$S = 35 \text{ м} \times 2960 \text{ м} = 103600 \text{ м}^2 = 10,36 \text{ га.}$$

Слід зазначити, що застосування палеток забезпечує визначення площ з відносною похибкою порядку 1:100-1:150 вимірюваної площі.

**Механічний спосіб.** При цьому способі застосовують спеціальний прилад – *планіметр*.

*Планіметр* – це механічний або електронний прилад, який дає можливість шляхом обводу контуру фігури будь-якої форми визначити її площу. Існують лінійні та полярні планіметри. Більш поширеними є полярні планіметри з однією (рис. 1.3) або двома (рис. 1.4) каретками.

Однокаретковий полярний планіметр складається з полюсного і обвідного важелів та каретки (рис. 1.3). На каретці змонтовано відліковий механізм: лічильний ролик з барабаном, який має шкалу на 100 поділок і циферблат з 10 поділками. Лічильний ролик, перемішуючись по плану (карті) показує кількість поділок, пройдених ним під час обводу контуру фігури. Кількість повних обертів ролика відраховують по циферблату, а його частин – за допомогою верньєра.

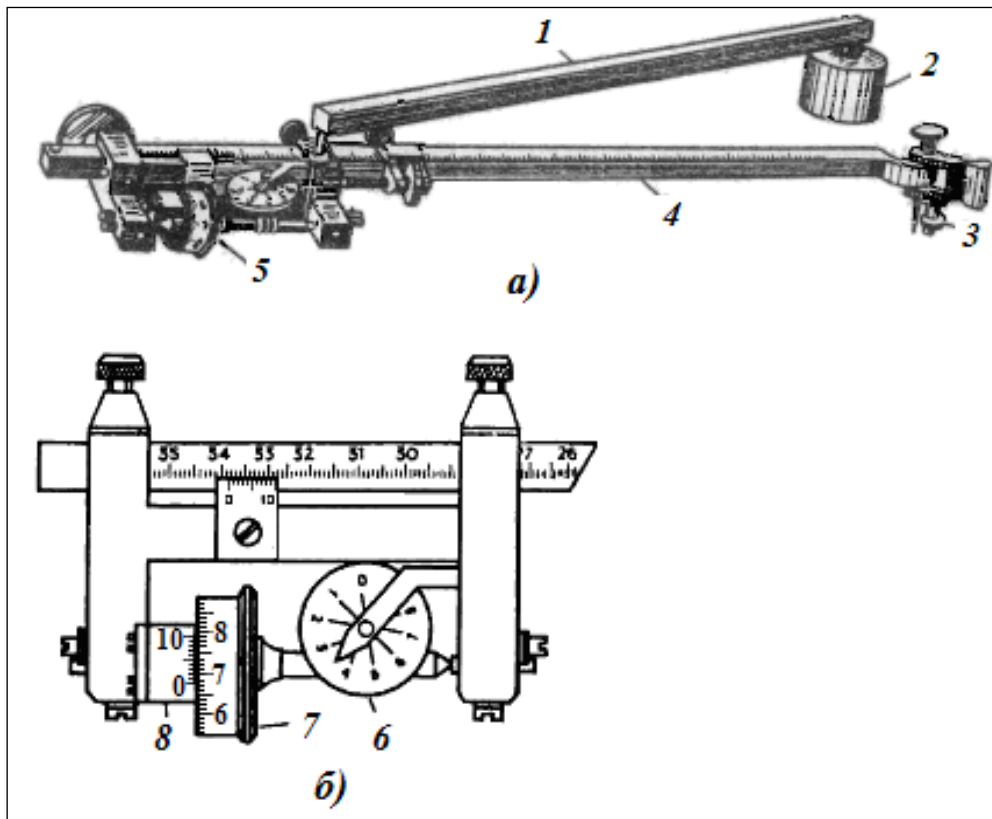


Рисунок 1.3 – Полярний планіметр:  
*a)* – зовнішній вигляд; *б)* – відліковий пристрій (відлік 3682)

Полюсний важіль (1) є металевим бруском квадратного перерізу на одному кінці якого прикріплено тягарець-поліус (2), в центрі нижньої частини якого уставлено голку. За допомогою голки поліус закріплюють на плані (карті). Другий кінець поліусного важеля має шарнір (стрижень із кулеподібною головкою), який скріплений з бруском під прямим кутом.

Шарнір під час роботи планіметра вільно вставляється у конусний отвір каретки. Поліусний важіль звичайно пофарбований у чорний колір.

Обвідний важіль зроблений з білого металу, має вигляд такого ж бруска, як і поліусний важіль. На одному кінці обвідного важеля змонтовано обвідний пристрій у вигляді тупого шпиля або обвідного скельця в металевій оправі з точкою у центрі (3).

Шпиль або точку обвідного скельця переміщують по плану (карті) за допомогою серги. По обвідному важелю (4) пересувається каретка з відліковим механізмом (5). Залежно від її положення на важелі визначають його довжину, користуючись шкалою верньєра важеля. У двокареткових планіметрів марки ПП-2К (планіметр полярний двокаретковий) на обвідному важелі змонтовано дві каретки однакової будови.

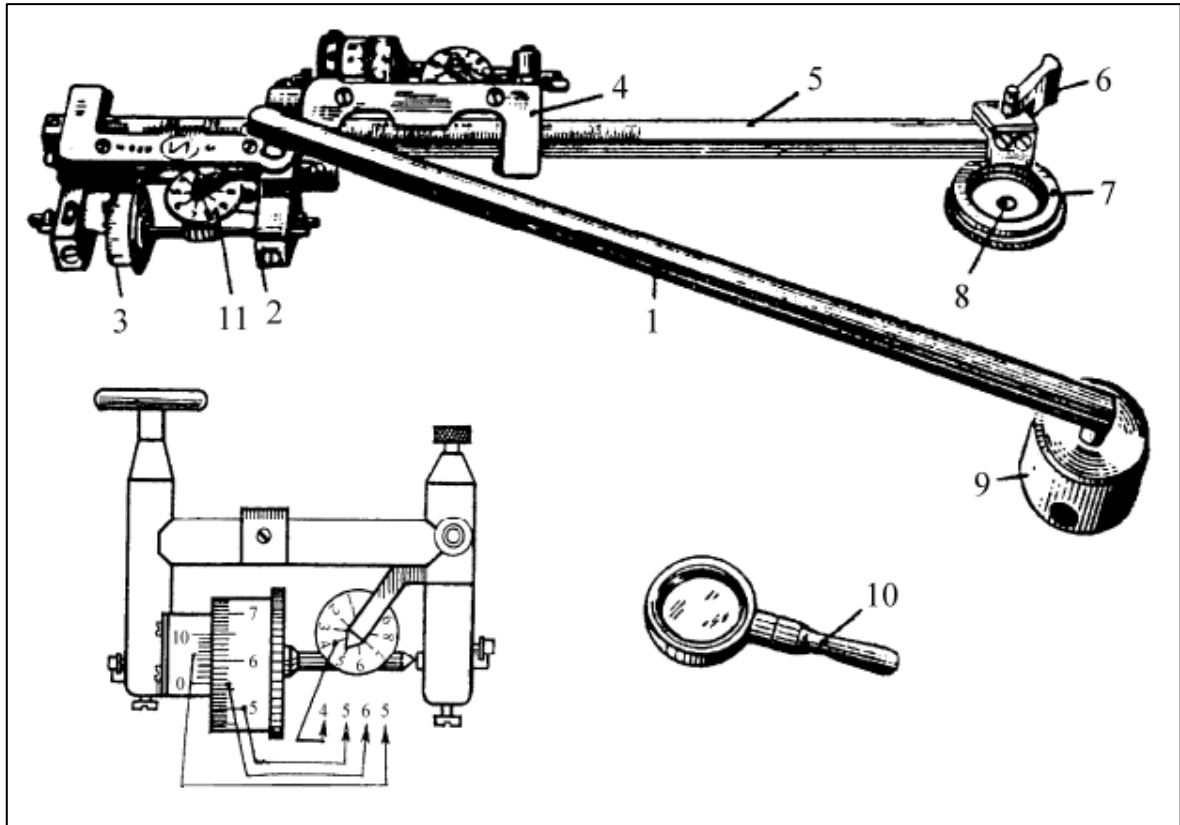


Рисунок 1.4 – Двокаретковий полярний планіметр:

- 1 – полюсний важіль, 2 – каретка з гніздом для полюсного важеля;  
 3 – лічильне колесо; 4 – каретка, 5 – обвідний важіль; 6 – ручка;  
 7 – лупа; 8 – обвідний кружок; 9 – грузило полюса;  
 10 – лупа для відліку поділок колеса, 11 – циферблат

Для користування планіметром треба вміти читати відліки і визначати ціну поділки планіметра – встановлювати, скільком квадратним метрам відповідає одна поділка планіметра при даному масштабі плану.

Відлік на лічильному механізмі складається із 4 цифр.

Першу цифру читають на циферблаті проти нерухомого покажчика (індексу), причому беруть меншу з двох цифр (6).

Другу цифру читають на барабані лічильного ролика – це номер молодшого підписаного штриха, найближчого до нуля верньєра (7).

Третю цифру також читають на барабані ролика – це кількість не підписаних поділок від другої цифри до нуля верньєра лічильного механізму (8).

Четверту цифру читають на верньєрі відлікового механізму – це номер поділки верньєра, рахуючи від нуля, яка точно співпадає з будь-якою поділкою на барабані ролика (8).

Для визначення площі якої-небудь фігури полюс полярного важеля закріплюють за допомогою голки на плані поблизу вимірюваної ділянки. Обвідний пристрій (шпиль або центр обвідного скельця) встановлюють на будь-яку позначену олівцем точку контуру і на відліковому механізмі беруть перший відлік  $n_1$  (до обводу). Потім обвідним пристроєм обводять ділянку по контуру (бажано за годинниковою стрілкою) до повернення у початкову точку і беруть другий відлік  $n_2$  (після обводу). Різниця відліків ( $n_2 - n_1$ ) дасть площу обведеної фігури у поділках планіметра.

Площа фігури ( $S$ ) визначається за формулою:

$$S = c \cdot (n_2 - n_1) = c \cdot \Delta n, \quad (1.9)$$

де  $c$  – ціна поділки планіметра.

Теоретично ціна поділки планіметра ( $c$ ) визначається за формулою:

$$c = R \cdot t, \quad (1.10)$$

де  $R$  – довжина обвідного важеля (відстань від обвідної точки скельця до осі обертання важелів);

$t$  – розмір однієї поділки планіметра.

Зазвичай  $R \approx 160$  мм, а  $t \approx 0,06$  мм. Тобто,  $C = 160 \cdot 0,06 \approx 10 \text{ мм}^2 = 0,1 \text{ см}^2$ .

Оскільки величина  $t$  дуже мала і одержати її точно значення важко, то ціну поділки планіметра визначають способом, викладеним нижче.

Визначення ціни поділки планіметра проводиться перед початком роботи. На папері такої ж якості, як і папір карти (плану, схеми), будують квадрат із стороною 10 см (або використовують кілометрову сітку карти чи плану), обчислюють його площу на місцевості у  $\text{м}^2$  (га або  $\text{км}^2$ ) в масштабі карти (плану, схеми). Далі встановлюють планіметр у робоче положення, шпиль (або центр скельця) ставлять на одну з вершин квадрата, беруть відлік  $n_1$  (початковий), обводять контур квадрата і дійшовши до початкової точки, беруть другий відлік  $n_2$  (кінцевий). Площу квадрата ділять на різницю відліків ( $n_2 - n_1$ ) і знаходять ціну поділки планіметра у квадратних метрах. Для більш точного визначення ціни поділки планіметра обводять квадрат 2-3 рази і знаходять середню різницю початкових і кінцевих відліків.

Ціна поділки планіметра  $c$  залежить від масштабу карти (плану, схеми) і довжини обвідного важеля: *чим більший знаменник чисельного масштабу і чим більша довжина обвідного важеля, тим більшою буде ціна поділки.*

Довжина обвідного важеля  $R$  читається на самому важелі проти позначки верньєра відлікового механізму. Цю довжину можна змінити, пересунувши відліковий механізм ближче або далі від обвідного пристрою.

Перед початком роботи планіметр, як і кожний інший геодезичний прилад, треба перевірити. До планіметра пред'являються такі вимоги:

1. Відстань між барабаном лічильного ролика і дугою верньєра повинна бути мінімальною, не більше товщини листа паперу для записів.

2. Вісь лічильного ролика повинна бути паралельною до вісі обвідного важеля (якщо цієї вимоги не дотримати, середні з обводів при «полюсі право» і «полюсі ліво» відрізняться більше ніж на 3 поділки).

3. Різниця відліків двох сусідніх обводів повинна відрізнятись не більше як на 2 поділки верньєра.

4. Лічильний ролик має легко обертатись і не мати люфту підшипників.

5. Ремонт приладу проводять у майстерні.

6. При користуванні приладом геодезист має керуватись цими практичними рекомендаціями, виконання яких сприяє успішному вимірюванню площі ділянок.

7. Перед початком роботи планіметр перевіряють і з відповідною точністю визначають ціну його поділки.

8. Папір з планом/картою ретельно розправляють і прикріплюють до креслярської дошки, яку кладуть на горизонтальну поверхню стола.

9. Положення полюса вибирають поза контуром з таким розрахунком, щоб при обводі фігури кут між важелями планіметра був не менше  $30^\circ$  і не більше  $150^\circ$ , а лічильний ролик відлікового механізму не сходив з плану на дошку. Для цього треба виконати попередній швидкий обвід контуру ділянки.

10. Обвід починають в тому місці контуру, де ролик ковзає або обертається повільно, коли важелі утворюють між собою кут близький до  $90^\circ$  і напрямок початкового та кінцевого руху шпиля (центра скельця) приблизно співпадає з напрямом обвідного важеля.

11. Обвідний пристрій ведуть по контуру плавним і рівномірним рухом за годинниковою стрілкою, уникаючи різких поштовхів і зупинок.

12. Прямолінійні контури обводять від руки, не застосовуючи лінійки, щоб уникнути односторонньої помилки.

13. Для контролю результату кожний контур обводять не менше двох разів і розходження у різницях відліків не повинні перевищувати 3-4 поділки верньєра (в інших випадках обводи повторюють і бажано при іншому положенні полюса).

14. Розтягнуті контури, а також контури великих фігур попередньо розбивають на частини і обчислюють площу кожної частини.

15. Для вимірювання малих площ ціну поділки зменшують у два-три рази шляхом відповідного зменшення довжини обвідного важеля.

При додержанні цих рекомендацій площі вимірюють планіметром з точністю 1:200-1:400 вимірюваної величини.

Нижче (див. табл. 1.1) наведений зразок обчислення ціни поділки планіметра і визначення площі земельної ділянки по топографічній карті масштабу 1:10 000 двокаретковим полярним планіметром (або полярним планіметром з двома лічильними механізмами).

Таблиця 1.1 – Визначення площі земельної ділянки по топографічній карті масштабу 1:10 000 механічним способом за допомогою полярного планіметра (зав. № 4466) з двома лічильними механізмами

Назва роботи	Відліки:		Різниця: $\Delta n = n_2 - n_1$ та $\Delta n' = n'_2 - n'_1$	Середнє значення різниць, $\Delta n_{сер} = 0,5 \cdot (\Delta n + \Delta n')$	Ціна поділки, $c = S_0 / \Delta n_{сер}$ , м <sup>2</sup> (га)	Площа ділянки, $S = c \cdot \Delta n_{сер}$ , м <sup>2</sup> (га)
	після обводу, $n_2$ та $n'_2$	до обводу, $n_1$ та $n'_1$				
Визначення ціни поділки планіметра, $c$	4247	3245	1002	1000,0	1000,00 м <sup>2</sup> (0,10 га)	1000000 м <sup>2</sup> (100 га)
	7470	6472	0998			
Визначення площі ділянки, $S$	2657	2270	387	387,5	1000,00 м <sup>2</sup> (0,10 га)	387500 м <sup>2</sup> (38,75 га)
	5736	5348	388			

Примітка:  $S_0 = 1000000 \text{ м}^2 = 100 \text{ га}$ .

## 1.2 Практична частина до лабораторної роботи № 1

Завдання 1. Дайте теоретичну характеристику графоаналітичному, графічному та механічному способам визначення площ на топографічних картах і планах.

Завдання 2. Визначте згідно з своїм варіантом (див. **Додаток А**) площу заданої земельної ділянки графічним (за допомогою квадратної (сіткової) та крапкової палеток) і механічним (за допомогою полярного планіметра з двома лічильними механізмами) способами та порівняйте значення площ, отриманих різними способами.

Завдання 3. Оформіть результати виконання лабораторної роботи № 1 та дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння її змісту.

### ***1.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 1***

1. Які способи використовують для визначення площ по картах і планах?
2. Що таке палетка, які палетки використовують для визначення площ на картах і планах і чим вони відрізняються?
3. Що таке планіметр та з якою метою його використовують?
4. Яка основна відмінність між однокаретковими та двокоретковими полярними планіметрами і який з них є зручнішим у використанні?
5. Який з способів визначення площі по картах і планах є найбільш точним?



## 2 Лабораторна робота № 2.

### Обробка журналу тахеометричної зйомки ділянки місцевості

#### 2.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 2

*Тахеометрія* – швидкий спосіб одночасного визначення планового та висотного положення точок місцевості. В основу тахеометричної зйомки покладена ідея визначення просторового положення точки місцевості одним наведенням зорової труби приладу на рейку, встановлену в цій точці місцевості.

Тахеометрична зйомка є топографічною, тобто контурно-висотною зйомкою, в результаті якої отримують план місцевості з ситуацією та рельєфом.

Тахеометрична зйомка виконується самостійно для створення планів невеликих ділянок місцевості у великих масштабах 1:500-1:5 000 (або у поєднанні з іншими видами геодезичних робіт), коли виконання стереотопографічної або мензульної зйомок економічно недоцільно або технічно складно. Її застосування особливо вигідно для зйомки вузьких смуг місцевості при дослідженнях трас і автомобільних залізниць, ліній електропередач, трубопроводів та інших протяжних об'єктів.

Слово «тахеометрія» в перекладі з грецької мови означає «швидкий вимір». Швидкість вимірів при тахеометричній зйомці досягається тим, що положення точки місцевості, що знімається, в плані та по висоті визначається при одному наведенні труби приладу на рейку, встановлену в цій точці.

Тахеометрична зйомка виконується за допомогою теодолітів або спеціальних приладів – тахеометрів (кругових, номограмних, електронних).

Суть тахеометричної зйомки полягає в тому, що зі станції, для якої відомі координати, визначають просторові полярні координати ( $\beta$ ,  $\nu$ ,  $D$ ) точок місцевості для подальшого нанесення цих точок на план. При цьому горизонтальний кут  $\beta$  між початковим напрямом і напрямом на точку, що знімається (рис. 2.1), вимірюється за допомогою горизонтального круга, вертикальний кут  $\nu$  – за допомогою вертикального круга теодоліта, а відстань до точки  $D$  – віддалеміром.

Таким чином, планове положення точок місцевості, що знімаються, визначається полярним способом (координати  $\beta$ ,  $d$ ), а перевищення точок – методом тригонометричного нівелювання, яке здійснюється за допомогою похилого променя візування (рис. 2.2).

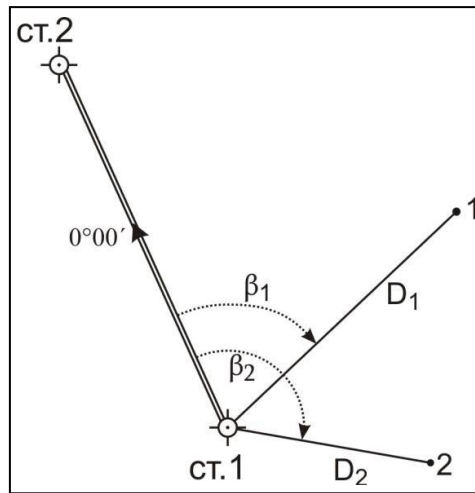


Рисунок 2.1 – Схема визначення полярних координат точок місцевості під час тахеометричної зйомки (пояснення позначень у тексті)

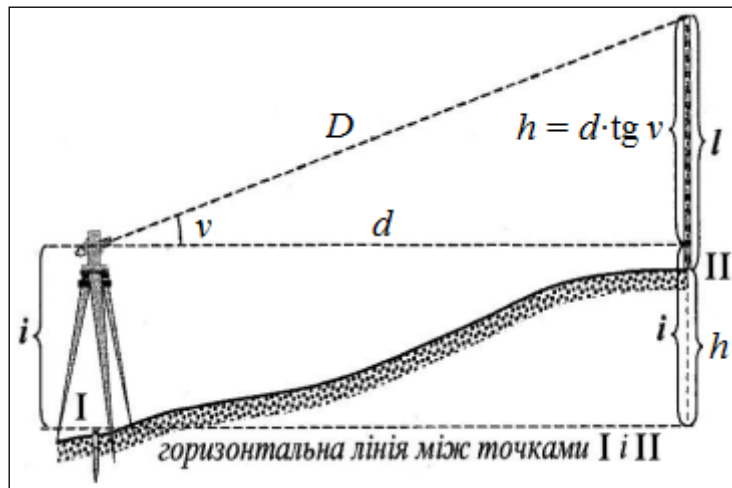


Рисунок 2.2 – Схема виконання тригонометричного нівелювання під час тахеометричної зйомки (пояснення позначень у тексті)

Принцип тригонометричного нівелювання полягає в наступному. Нехай вимагається визначити перевищення  $h$  точки II над точкою I (рис. 2.2). Над точкою I встановлюється в робочому положенні теодоліт, а в точці II прямовисно – рейка. Вимірюють висоту приладу  $i$  та зоровою трубою теодоліта візують на верх рейки (віхи), що має довжину  $l$ . За допомогою вертикального круга вимірюють вертикальний кут  $v$ , а віддалеміром – похилу відстань  $D$  або її горизонтальну проекцію  $d$ .

Значення  $d$  та  $h$  обчислюються за допомогою мікрокалькуляторів. При використанні спеціальних тахеометрів горизонтальні прокладення і перевищення знаходять автоматично шляхом взяття відліків по рейці.

Переваги тахеометричної зйомки в порівнянні з іншими видами топографічних зйомок полягають в тому, що вона може виконуватися за несприятливих погодних умов. Крім того, камеральні роботи можуть виконуватися іншим виконавцем після виробництва польових вимірів, що дозволяє скоротити терміни складання плану місцевості, що знімається.

Основним недоліком тахеометричної зйомки є те, що складання плану місцевості виконується в камеральних умовах на основі тільки результатів польових вимірів і абрисів, при цьому не можна своєчасно виявити допущені промахи шляхом звірення плану з місцевістю.

Точка, над якою встановлений прилад (тахеометр або теодоліт), називається *станцією*, а точка, положення якої визначається під час такої зйомки, має назву *рейкова (нікетна) точка*.

Перевищення  $h$  та горизонтальне прокладання  $d$  визначають за вимірною відстанню  $D$  та вимірним вертикальним кутом  $v$ .

Всі польові вимірювання заносять у журнали відповідної форми. Одночасно з цим ведуть *абрис*, на який наносять контури місцевості, а також наближене розташування на місцевості всіх рейкових точок.

За результатами зйомки виконують обробку журналу і складають план місцевості із зображенням на ньому ситуації та рельєфу.

Нижче наведені пояснення щодо прокладання тахеометричного ходу (або зйомочного обґрунтування) та послідовність робіт на станціях під час прокладання ходу.

Тахеометричний хід прокладає бригада з 3-4 осіб, в яку входять:

- виконавець робіт (який виконує вимірювання тахеометром);
- два речника;
- може входити помічник виконавця робіт, який записує результати спостережень в журнал тахеометричного ходу і виконує обчислення на станції.

На рис. 2.3 показаний фрагмент схеми тахеометричного ходу, який прокладається від пункту полігонометрії 5. Пункти 4, 5 і 6 є закріпленими на місцевості пунктами ДГМ і мережі згущення з відомими координатами та висотами.

Далі пояснено послідовність виконання робіт на окремій станції 5 тахеометричного ходу.

Над пунктом 5 (рис. 2.3) встановлюють тахеометр (або теодоліт) так, щоб його вісь була прямовисною і проходила через центр геодезичного пункту.

Тахеометри центрують нитковим виском, оптичним центриром і за допомогою зорової труби (як і теодоліт).

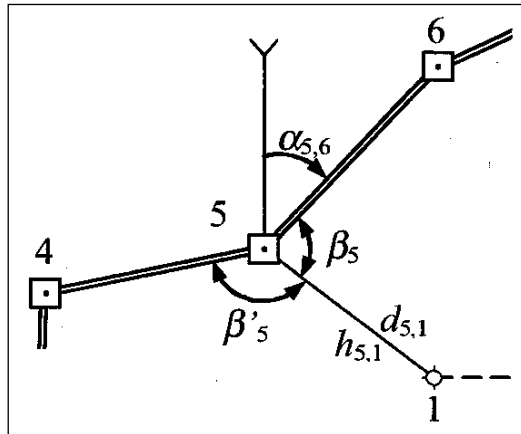


Рисунок 2.3 – Схема вимірювання на станції 5 тахеометричного ходу  
(пояснення позначень у тексті)

Потім тахеометр орієнтують, тобто:

- обертанням діоптрійного кільця окуляра зорової труби досягають чіткого зображення сітки ниток, а діоптрійним кільцем відлікового пристрою – чіткого зображення штрихів лімба і шкали (відлікового індексу);
- повертаючи алідаду (при КЛ), знаходять таке її положення, коли відлік горизонтального круга дорівнюватиме  $0^{\circ}00,0'$ ;
- закріплюють алідаду;
- відкріплюють закріпний гвинт лімба (горизонтального круга) і наводять зорову трубу (спочатку приблизно) за допомогою оптичного візира на візирну ціль, встановлену на сусідньому пункті;
- закріплюють лімб;
- обертанням фокусувального гвинта зорової труби досягають чіткого зображення візирної цілі і за допомогою навідного гвинта лімба та зорової труби вертикальний штрих сітки ниток наводять точно на візирну ціль.

У результаті виконаної роботи в пункті 5 тахеометр зцентрований над цим пунктом, знівельований і відлік горизонтального круга дорівнює  $0^{\circ}00,0'$  (зорова труба наведена на сусідній пункт), тобто прилад приведений в робоче положення.

На пунктах 6 та 1 встановлюють візирні цілі (віхи, вимірні шпильки або марки) з точністю 3 мм (згідно з вимогами нормативних документів). Віхи і вимірні шпильки ставлять вістрям на центр знака та утримують їх прямовисно. Візирні марки закріплюють на штативі та центрують так само, як і тахеометр.

Слід зазначити, що чим коротші сторони кута, тим ретельніше треба центрувати візирні цілі над центрами пунктів.

Горизонтальні кути в тахеометричних ходах вимірюють одним повним прийомом. Віддалі на станції вимірюють нитковим віддалеміром, горизонтальні прокладення – номограмними чи електронними тахеометрами. Кути нахилу ліній вимірюють оптичними тахеометрами, перевищення – номограмними чи електронними тахеометрами.

Вимірюючи горизонтальний кут  $\beta$ , відліки записують в колонку 3 журналу тахеометричної зйомки (табл. 2.1). Обчислюють горизонтальний кут за двох положень вертикального круга. Якщо розходження між ними не перевищує подвійної точності відлікового пристрою горизонтального круга приладу, то обчислюють середнє значення кута, виміряного повним прийомом. У наведеному прикладі (табл. 2.1) горизонтальний кут лівий по ходу і він дорівнює  $\beta = 89^{\circ}39,8'$ . Далі при двох положеннях вертикального круга для лінії 5-1 вимірюють горизонтальне прокладення  $d$  і кут нахилу  $v$ . Послідовність виконання цих вимірювань пояснено нижче.

Таблиця 2.1 – Приклад сторінки журналу тахеометричної зйомки з даними визначення кутів, відстаней і перевищень у прокладеному ході

Дата: 27.07.2021 р. Теодоліт: 2Т30П, зав. № 44307. Погода: ясно. Вітер: слабкий.  
Спостерігач: І. В. Гриценко. Зображення: чітке. Записав і обчислив: Т. А. Білий.

Номера станцій та пікетів	Відліки			Кут нахилу, $v, \text{ }^{\circ}'$ , $v = MO - КП$ або $v = KL - MO$	Горизонтальне прокладення, $d = K \cdot n \cdot \cos^2 v, \text{ м}$	Перевищення $h = d \cdot \operatorname{tg} v + i - l, \text{ м}$	Висота, $H = H_{cm} + h, \text{ м}$	Примітка
	з рейки, $n, \text{ см}$	з горизонтального круга, $\text{ }^{\circ}'$	з вертикального круга, $\text{ }^{\circ}'$					
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Назва станції: 5. Коefіцієнт віддалеміра: $K = 100$ . Висота приладу: $i = 1,26 \text{ м}$ . Орієнтовано на станцію: 6. Місце нуля: $MO = +0^{\circ}00,5'$ . Висота станції: $H_{cm} = 245,17 \text{ м}$ .								
КЛ								
1	127,4	$89^{\circ}39,5'$	$-1^{\circ}27,0'$	$+1^{\circ}27,5'$	127,32	+3,24	248,41	
6		$0^{\circ}00,0'$						
Величина горизонтального кута, $\beta$		$89^{\circ}39,5'$						
КП								
1	127,5	$269^{\circ}40,0'$	$+1^{\circ}28,0'$	$-1^{\circ}27,5'$	127,42	+3,24	248,41	
6		$180^{\circ}00,0'$						
Величина горизонтального кута, $\beta$		$89^{\circ}40,0'$						
Середнє значення горизонтального кута, $\beta_{ср}$		$89^{\circ}39,8'$						

1. Рулеткою або рейкою вимірюють висоту приладу ( $i = 1,26$  м) від осі обертання зорової труби до торця кілка з точністю до 1 см і позначають її значення на рейках (або віхах).

2. Встановлюють рейки (віхи) на сусідніх пунктах ходу так, щоб осі рейок (віх) були вертикальними і проходили через центри пункту. У наведеному прикладі віддаль від пункту 5 до пункт 6 і кут нахилу лінії 5-6 не вимірюють, оскільки їхні координати та висоти відомі.

3. При КЛ візують трубу на рейку, встановлену на пункті 1 так, щоб середній горизонтальний штрих сітки ниток розміщувався біля позначки висоти приладу. Навідним гвинтом зорової труби точно наводять на висоту приладу. Закріплюють горизонтальний круг приладу і відлічують відлік по вертикальному кругу ( $-1^{\circ}27,0'$ ), який записують у колонку 4 журналу. Якщо не видно позначки висоти приладу на рейці, то середній горизонтальний штрих сітки ниток наводять на висоту 2,0 м або 2,5 м (в цьому випадку висоту наведення записують у журнал в колонці «Примітка»).

4. Для вимірювання віддалі зручно спрямувати нижню віддалемірну нитку на ближню дециметрову поділку рейки. Знімають відлік і записують його у колонку 2 журналу.

З виконаних дій (пункти 3 та 4) складається один півприйом.

Після цього трубу переводять через зеніт і вимірювання повторюють для вертикального круга КП у викладеній в пунктах 3 та 4 послідовності.

Обов'язково у журнал тахеометричної зйомки треба внести дату, інформацію про погоду, вітер, зображення, спостерігача та його помічника.

У журналі зйомки для пунктів тахеометричного ходу обчислюють:

– значення місця нуля ( $M_0$ ) вертикального круга за даними відліків з вертикального круга на попередньому та наступному пунктах ходу (якщо розходження між ними не перевищує подвоєної точності відліку вертикального круга, то обчислюють значення кутів нахилу  $\nu$ );

– середнє значення з віддалей, отриманих при КЛ та КП (у першому і другому півприйомах), якщо розходження між ними не більше граничного значення ( $\Delta = D_{сер} / 200$ ).

Якщо є можливість, то ще в полі обчислюють середні довжини сторін ходу  $D_{сер}$ , їхні горизонтальні прокладення (проекції)  $d$  та перевищення  $h$  між пунктами тахеометричного ходу.

Прокладання тахеометричного ходу номограмними тахеометрами аналогічне до прокладання тахеометричного ходу круговими тахеометрами. Відмінність полягає лише в тому, що номограмними тахеометрами на станції тахеометричного ходу вимірюють відразу горизонтальні проекції віддалей та перевищення між віссю обертання труби і висотою наведення головної номограмної кривої.

Після виконання вимірювань на станції по створенню знімального обґрунтування приступають до зйомки ситуації і рельєфу місцевості.

Тахеометрична зйомка місцевості може виконуватися технічними теодолітами або спеціальними тахеометрами. Рекомендується за можливості використовувати для зйомки електронні чи номограмні тахеометри, що дозволяють безпосередньо вимірювати горизонтальні прокладення ліній і перевищення між точками. Це звільняє виконавця від виміру вертикальних кутів і обчислень, що істотно підвищує продуктивність праці.

Зйомка ситуації і рельєфу місцевості може виконуватися одночасно з прокладанням тахеометричних ходів або після того, як ходи прокладені. У першому випадку на кожній станції спочатку роблять усі виміри, пов'язані з прокладанням ходів знімального обґрунтування, а потім виконують зйомку ситуації і рельєфу.

Зйомка місцевих предметів, контурів і рельєфу місцевості робиться, як правило, полярним способом. У виняткових випадках (при зйомці недоступних місцевих предметів) застосовується спосіб кутових засічок.

Перевищення між точками місцевості визначають тригонометричним нівелюванням.

У рівнинній місцевості перевищення між точками можна визначати горизонтальним променем, користуючись теодолітом як нівеліром, тобто встановивши візирну вісь труби теодоліта в горизонтальне положення.

Горизонтальні і вертикальні кути вимірюють при одному положенні зорової труби приладу, полярні відстані – нитяним далекоміром.

Навколо кожної станції намічають рейкові (пикетні) точки (рис. 2.4), необхідна кількість яких залежить від характеру рельєфу, складності ситуації і масштабу зйомки.

Рейкові точки вибирають на характерних точках рельєфу – на вершинах і підосвах пагорбів, на дні і бровках улоговин і ярів, по лініях вододілів і водозливів, на перегінах скатів і сідловині, а також в характерних точках контурів і у місцевих предметів.

Чим більше масштаб зйомки, менше прийнята висота перерізу рельєфу і складніше характер місцевості, що знімається, тим більшим має бути число рейкових точок.

Граничні відстані між рейковими точками і від приладу до рейки залежать від масштабу зйомки і висоти перерізу рельєфу. Вони не повинні перевищувати величин, встановлених у діючих нормативних документах.

На рис. 2.4 показаний приклад вибору на місцевості положення висотних і контурних рейкових точок.

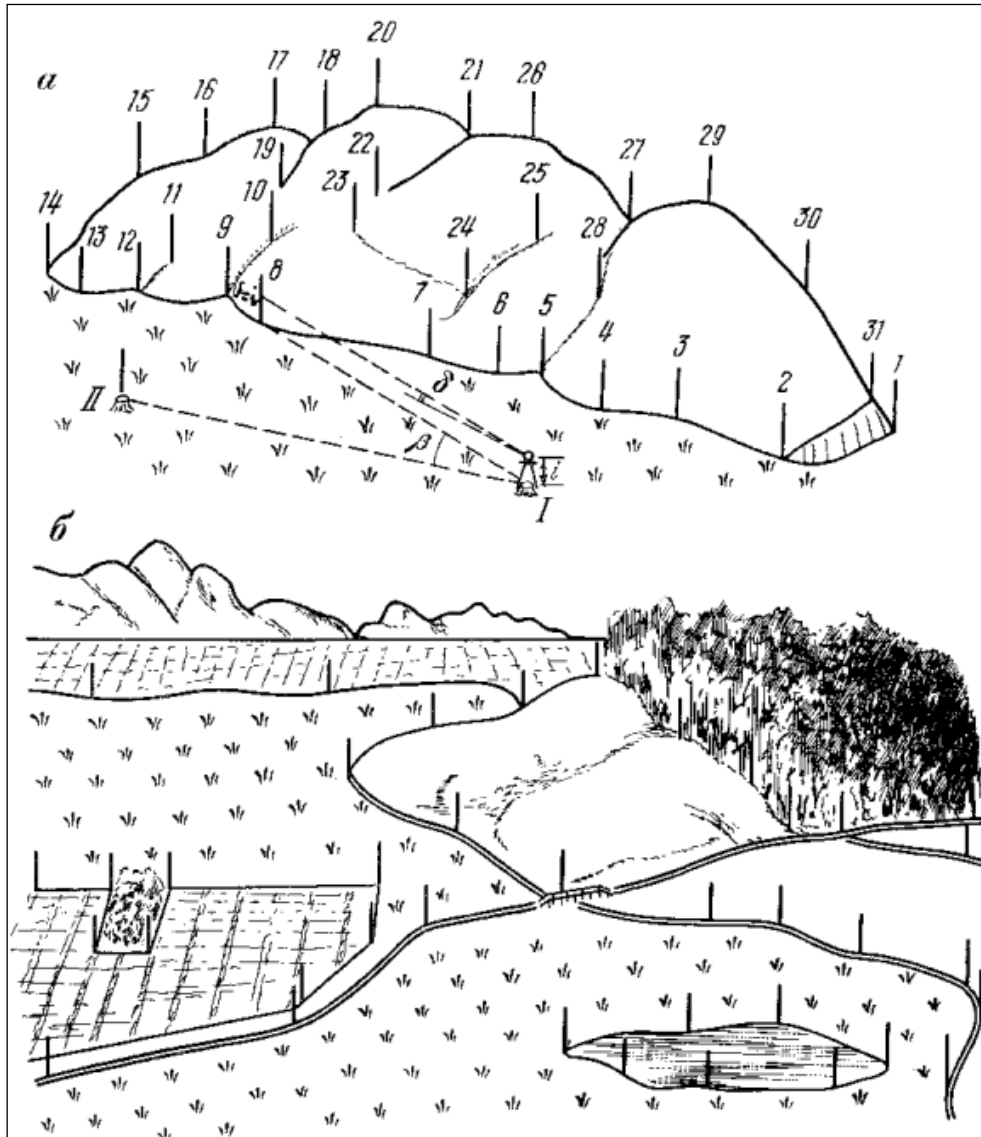


Рисунок 2.4 – Приклади положення рейкових (пікетних) точок під час тахеометричної зйомки: *a* – висотні; *б* – контурні

Для зображення рельєфу встановлюють рейку на усіх точках перегинів місцевості по характерних лініях рельєфу з таким розрахунком, щоб скат між сусідніми рейковими точками можна було вважати рівномірним, допускаючи коливання в межах не більше половини висоти перерізу рельєфу горизонталями. Наприклад, для того, щоб зобразити рельєф пагорба (рис. 2.4, *a*), реєчник повинен послідовно встановити рейку в наступних точках: 1-9, 12, 13, 14 – для визначення підошви пагорба, 15, 16, 17, 30, 31 – перегинів скатів, 20, 26, 29 – вершини пагорба, 21, 27 – сідловини, 10, 11, 19, 22, 28 – напрямів ліній тальвегів, лощин і т. п.

В межах ділянки місцевості, що знімається, мають бути зняті усі об'єкти ситуації, що виражаються в заданому масштабі плану.



При обранні контурних точок (рис. 2.4, б) слід мати на увазі, що вигини контурів, що знімаються, які є меншими за 0,5 мм в масштабі плану, випрямляються, а ділянки сільськогосподарських угідь і контури ділянок рослинного покриву площею до 10 мм<sup>2</sup> на плані не показуються.

Тахеометричну зйомку виконує бригада, яка складається з 3-4 осіб. Роботи на окремій станції зйомки ведуться у наступній послідовності:

1 – центрують тахеометр над центром пункту знімальної основи, горизонтують (нівелюють) та орієнтують при КЛ на задній пункт ходу;

2 – вимірюють рулеткою (або рейкою) висоту приладу *i*, записують отримане значення в журнал зйомки і відкладають на рейках;

3 – записують у журнал зйомки дату, дані про погоду, вітер, якість зображення, прізвище спостерігача та його помічника;

4 – одночасно з набором пікетів на кожній станції ведуть абрис зйомки (рис. 2.5), від якості його залежить достовірність відображення на плані або карті контурів та рельєфу місцевості.

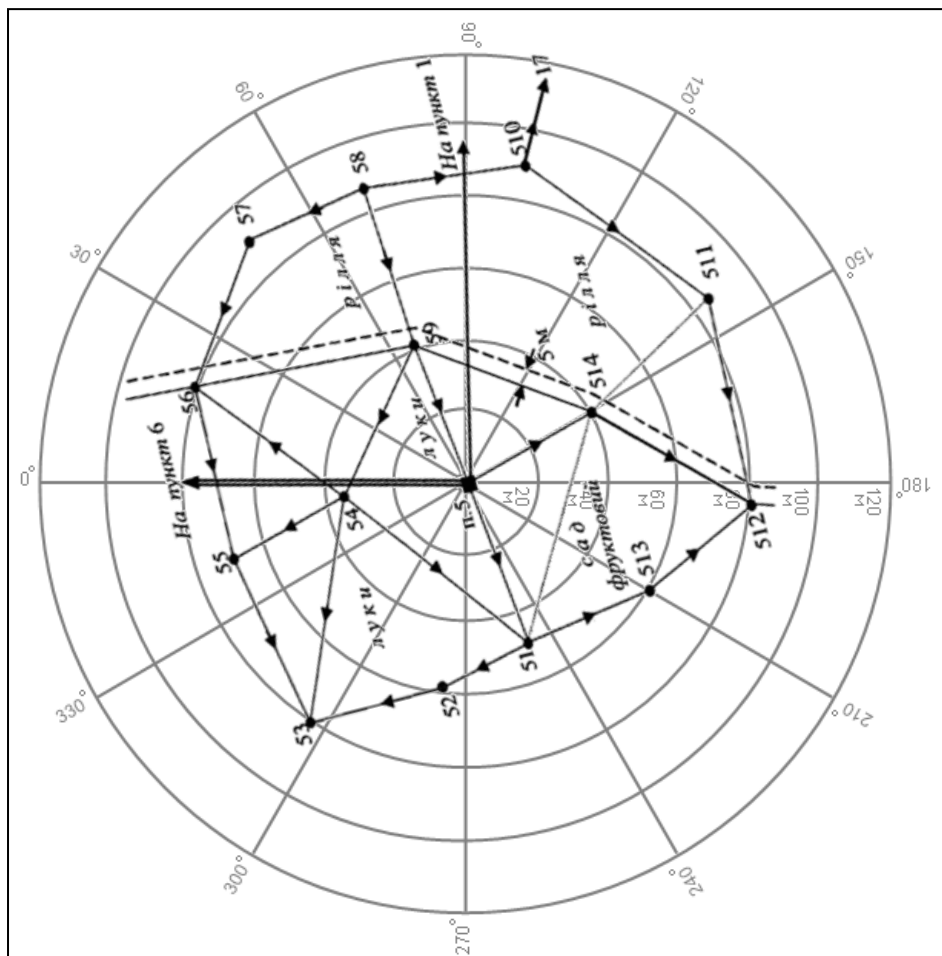


Рисунок 2.5 – Приклад абриса тахеометричної зйомки на станції 5 (пояснення позначень у тексті)

На абрисі (рис. 2.5) показують опорні геодезичні пункти, пікети, об'єкти, характерні точки та лінії рельєфу місцевості, напрями схилів, а деколи схематично горизонталі стрілками позначають напрямки між пікетними точками, між якими необхідно інтерполювати горизонталі. Напрямок стрілок вказує на пониження рельєфу. Зазначимо, що пікети, розміщені на мостах, роздоріжжях, рогах будівель тощо, є одночасно контурними і висотними. На абрисі біля пунктів планово-висотної основи і пікетів вказують їхні номери. У нумерації пікетів спочатку вказують номер станції, а поруч номер пікету для неї. Наприклад, 51, де 5 – номер станції, а 1 – номер пікету (рис. 2.5).

На абрисі не викреслюють масштабних умовних знаків, а лише записують їх назви, наприклад: рілля, луки, сад фруктовий тощо (рис. 2.5).

На абрисі вказують назви населених пунктів, річок, водойм, ширину річок, доріг, глибину канав й інші відомості, потрібні для складання плану.

Пікетні точки повинні рівномірно покривати поверхню знімання, а їх щільність має відповідати діючим нормативним вимогам. Їхня кількість залежить від складності ділянки знімання, мікрорельєфу тощо. На рис. 2.5 наведено приклад абрису ділянки з нескладною ситуацією і рельєфом, де показана польова дорога, яка є межею між луками та ріллею.

Тахеометричну зйомку можна виконувати як під час прокладання тахеометричного ходу, так і окремо, тобто тоді, коли хід вже прокладено.

Якщо зйомку ситуації і рельєфу виконують разом з прокладанням тахеометричного ходу, то використовують значення  $M0$ , яке обчислене під час вимірювання вертикальних кутів на сусідні точки ходу.

Якщо зйомку ситуації і рельєфу виконують після прокладання тахеометричного ходу, то треба визначити місце нуля ( $M0$ ) на станції. Для цього центр сітки ниток наводять на добре видиму точку при КП і при КЛ знімають відліки з вертикального круга. Відліки записують у журнал тахеометричної зйомки. Далі обчислюють місце нуля ( $M0$ ) і записують його значення в журнал тахеометричної зйомки (див. табл. 2.2).

Потім при КЛ перевіряють орієнтування приладу на пункт 6 (відлік з горизонтального круга має дорівнювати  $0^{\circ}00,0'$ ) і записують у журналі «Орієнтовано на станцію 6» (див. табл. 2.2).

Після цього виконують зйомку пікетних точок:

- встановлюють прямовисно рейку на вибраний пікет;
- записують у графу **I** журналу та на абрисі номер пікету (у графі **9** «Примітка» (див. табл. 2.2) можна зазначити, де встановлено рейку);
- спрямовують сітку ниток на цю рейку так, щоб вертикальна нитка потрапляла на середину поділок рейки, а середня горизонтальна нитка була близько до відліку висоти приладу;

Таблиця 2.2 – Приклад сторінки журналу тахеометричної зйомки з визначеним місцем нуля ( $M0$ ) та відліками на рейковій (пікетній) точці

Дата: 27.07.2021 р. Теодоліт: 2Т30П, зав. № 44307. Погода: ясно. Вітер: слабкий.  
Спостерігач: Т. А. Білий. Зображення: чітке. Записав і обчислив: І. В. Гриценко.

Номера станцій та пікетів	Відліки			Кут нахилу, $v, \text{ }^\circ'$ , $v = M0 - KЛ$ або $v = KЛ - M0$	Горизонтальне прокладення, $d = K \cdot n \cdot \cos^2 v, \text{ м}$	Перевищення $h = d \cdot \text{tg } v + i - l, \text{ м}$	Висота, $H = H_{cm} + h, \text{ м}$	Примітка
	з рейки, $n, \text{ см}$	з горизонтального круга, $\text{ }^\circ'$	з вертикального круга, $\text{ }^\circ'$					
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Назва станції: 5. Коефіцієнт віддалеміра: $K = 100$ . Висота приладу: $i = 1,26 \text{ м}$ . Орієнтовано на станцію: 6. Місце нуля: $M0 = +0^\circ00,5'$ . Висота станції: $H_{cm} = 245,17 \text{ м}$ .								
КП								
6			$-1^\circ43,0'$					
Величина горизонтального кута, $\beta$								
КЛ								
6		$0^\circ00,0'$	$+1^\circ44,0'$					$l = i$
Величина горизонтального кута, $\beta$								
Середнє значення горизонтального кута, $\beta_{сер}$								
КЛ								
51	47,2	$252^\circ40'$	$-2^\circ44'$					
52	54,3	$275^\circ53'$	$-3^\circ51'$					$l = 2,0 \text{ м}$
53	86,5	$307^\circ22'$	$-4^\circ38'$					рельєф
6		$0^\circ01'$						

– спрямовують віддалемірний штрих сітки ниток на початок та вимірюють віддаль і записують її значення у графу **2** журналу;

– спрямовують середню горизонтальну нитку на відкладену на рейці висоту приладу, відлічують горизонтальний і вертикальний круг, а відліки записують у колонки (графи) **3** та **4** журналу відповідно.

Нижче наведене детальне пояснення послідовності роботи на станції при виконанні тахеометричної зйомки ситуації і рельєфу місцевості:

1) встановлюють прилад над точкою геодезичного обґрунтування і приводять його в робоче положення;

2) орієнтують лімб горизонтального круга на один із суміжних пунктів геодезичного обґрунтування:

– відкріплюють закріпний гвинт аліади горизонтального круга та встановлюють на горизонтальному крузі відлік  $0^\circ00,0'$ ;

– закріплюють закріпний гвинт алідади горизонтального круга і відкріплюють закріпний гвинт лімба;

– наводять зорову трубу на точку орієнтування та закріплюють закріпний гвинт лімба (для точного наведення на точку використовується мікрометричним гвинтом лімба);

3) з точністю до 1 см вимірюють висоту приладу  $i$  (від верху закріпленої точки на місцевості, над якою встановлений теодоліт, до візирної осі труби теодоліта);

4) наводять зорову трубу на рейку, встановлену в рейковій точці (пікеті) та знімають відліки (при одному положенні круга – КЛ або КП):

– висота наведення на рейку  $l$  (за середнім штрихом сітки ниток);

– за горизонтальним кругом;

– за вертикальним кругом;

– за верхнім і нижнім віддалемірними штрихами сітки ниток (в журнал записується лише обчислена віддалемірна віддаль  $D$  в сантиметрах);

5) виконують дії, зазначені в пункті 4), на всіх характерних точках місцевості, після чого переходять на наступну станцію, де повторюють роботи, наведені в пунктах 1), 2), 3) та 4).

Якщо неможливо навести горизонтальний штрих сітки ниток на висоту приладу, відкладену на рейці (коли вона закрита рослинністю, забудовами, огорожами тощо), середній горизонтальний штрих сітки ниток наводять на іншу (вищу) ділянку рейки, як правило, на відліки 2 м чи 2,5 м. У такому разі у журналі тахеометричної зйомки навпроти даного пікету у колонці 9 «Примітка» записують висоту наведення, наприклад,  $l = 2,0$  м (див. табл. 2.2).

Якщо середній горизонтальний штрих сітки ниток наводять на верх рейки або коли неможливо відлічити рейку за одним з віддалемірних штрихів, то рейку відлічують за середнім горизонтальним штрихом і одним з віддалемірних штрихів. У такому разі віддаль від приладу до пікету обчислюють, використовуючи коефіцієнт віддалеміра  $K = 200$ .

Тахеометричну зйомку номограмними і електронними тахеометрами виконують в такій самій послідовності, як і круговими тахеометрами. Відмінність полягає лише у тому, що ці тахеометри дають змогу відразу отримати горизонтальні прокладення (проекції) ліній та перевищення і значно спрощують процес вимірювання і обробки польових результатів.

Зауважимо, що абрис тахеометричної зйомки ведеться завжди, навіть у випадку, коли знімання виконують електронним тахеометром.

Камеральні роботи при тахеометричній зйомці включають:

- 1 – перевірку польових журналів з даними вимірювань;
- 2 – обчислення планових координат ( $X, Y$ ) і висот ( $H$ ) точок ходу;
- 3 – обчислення позначок (висот) рейкових точок на всіх станціях;
- 4 – складання топографічного плану місцевості.

Перевірка записів і обчислень в польових журналах робиться в дві руки (спостерігачем і його помічником). При цьому заново обчислюють горизонтальні та вертикальні кути, горизонтальні прокладення, прямі, зворотні і середні перевищення точок ходу. Виявлені похибки усуваються шляхом відповідних виправлень.

Нижче пояснено опрацювання сторінки журналу тахеометричної зйомки місцевості (табл. 2.3), що виконувалася з пункту 1, координати та висота якого відомі.

1. На станції 1 обчислюють значення місця нуля ( $M0$ ) за відліками з вертикального круга, навівши зорову трубу при КП та при КЛ на рейки, встановлені на станціях 6 та 5, за формулою:

$$M0 = (KL_6 + KL_5 + KP_6 + KP_5) / 4. \quad (2.1)$$

З урахуванням того, що висота приладу дорівнює висоті наведення, для станції 1 (див. табл. 2.3) місце нуля  $M0$  дорівнює:

$$M0 = (3^\circ 19,5' + 2^\circ 36,0' - 3^\circ 17,5' - 2^\circ 34,0') / 4 = +0^\circ 01,0'.$$

2. Обчислюють кути нахилу ліній (напрямків) на точку 6 та 5 тахеометричного ходу за відліками при КЛ та при КП за формулами:

$$v_i = KL_i - M0 \quad (2.2)$$

та

$$v_i = M0 - KP_i. \quad (2.3)$$

Для контролю визначення  $v_i$  виконують за формулою:

$$v_i = (KL_i - KP_i) / 2. \quad (2.4)$$

де  $i$  – номер точки, на яку виконували спостереження.

Їх числові значення записують у колонку 5 журналу (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Приклад частково опрацьованої сторінки журналу тахеометричної зйомки

Дата: 22.06.2022 р. Теодоліт: 2Т30П, зав. № 44307. Погода: ясно. Вітер: слабкий.  
Спостерігач: І. В. Гриценко. Зображення: чітке. Записав і обчислив: Т. А. Білий.

Номера станцій та пікетів	Відліки			Кут нахилу, $\nu, \text{ }^\circ \prime$ , $\nu = MO - КП$ або $\nu = КЛ - MO$	Горизонтальне прокладення, $d = K \cdot n \cdot \cos^2 \nu, \text{ м}$	Перевищення $h = d \cdot \text{tg } \nu + i - l, \text{ м}$	Висота, $H = H_{cm} + h, \text{ м}$	Примітка
	з рейки, $n, \text{ см}$	з горизонтального круга, $\text{ }^\circ \prime$	з вертикального круга, $\text{ }^\circ \prime$					
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Назва станції: 1. Коефіцієнт віддалеміра: $K = 100$ . Висота приладу: $i = 1,34 \text{ м}$ . Орієнтовано на станцію: 6. Місце нуля: $MO = +0^\circ 01,0'$ . Висота станції: $H_{cm} = 222,34 \text{ м}$ .								
КП								
5			$-2^\circ 34,0'$					
6			$-3^\circ 17,5'$					
Величина горизонтального кута, $\beta$								
КЛ								
5			$+2^\circ 36,0'$					
6		$0^\circ 00,0'$	$+3^\circ 19,5'$					$l = i$
Величина горизонтального кута, $\beta$								
Середнє значення горизонтального кута, $\beta_{сеп}$								
КЛ								
11	172,0	$47^\circ 32'$	$-0^\circ 32'$	$-0^\circ 33'$	172,0	-1,65	220,69	
12	106,7	$71^\circ 42'$	$-0^\circ 52'$	$-0^\circ 53'$	106,0	-1,63	220,71	$l = 2,0 \text{ м}$
13	101,2	$112^\circ 32'$	$-2^\circ 51'$	$-2^\circ 52'$	101,0	-5,06	217,28	
14	122,0	$133^\circ 06'$	$-4^\circ 46'$	$-4^\circ 47'$				
15	113,1	$163^\circ 28'$	$-3^\circ 20'$	$-3^\circ 21'$				
16	70,2	$146^\circ 08'$	$-1^\circ 31'$	$-1^\circ 32'$				
17	44,6	$71^\circ 40'$	$-0^\circ 48'$	$-0^\circ 49'$				
18	91,2	$34^\circ 15'$	$-2^\circ 21'$	$-2^\circ 22'$				
19	80,7	$350^\circ 03'$	$+3^\circ 16'$	$+3^\circ 15'$				
111	76,5	$193^\circ 50'$	$+2^\circ 16'$	$+2^\circ 15'$				
6		$0^\circ 01'$						

3. Визначають горизонтальні прокладення  $d_i$  від точки спостережень до пікетних точок за формулою:

$$d_i = K \cdot n \cdot \cos^2 \nu_i. \quad (2.5)$$

де  $K$  – коефіцієнт ниткового віддалеміра ( $K = 100$ );

$n$  – віддаль частки шкали рейки, що розміщена між віддалемірними штрихами сітки ниток.

У формулі (2.5) приведення до горизонту ліній, виміряних нитковим віддалеміром, один косинус  $\cos v_i$  компенсує вертикальний кут нахилу лінії, а інший  $\cos v_i$  – неперпендикулярність візирної осі приладу до рейки, тому маємо  $\cos^2 v_i$ .

Значення виміряних горизонтальних прокладень  $d_i$  записують у колонку **6** журналу (див. табл. 2.3).

4. Обчислюють перевищення  $h_i$  між станцією і пікетними точками за однією з наступних формул:

$$h_i = 0,5 \cdot D_i \cdot \sin 2 v_i + i - l_i \quad (2.6)$$

або

$$h_i = d_i \cdot \operatorname{tg} v_i + i - l_i. \quad (2.7)$$

Значення обчислених перевищень  $h_i$  записують у колонку **7** журналу (див. табл. 2.3).

5. Обчислюють висоти (позначки)  $H_i$  пікетних точок за формулою:

$$H_i = H_{cm} + h_i, \quad (2.8)$$

де  $H_{cm}$  – висота станції.

Обчислені висоти  $H_i$  записують у колонку **8** журналу (див. табл. 2.3).

У зв'язку з тим, що обчислення в журналі виконуються без контролю необхідна обов'язкова перевірка обчислень другим виконавцем!

На цьому обробка журналу тахеометричної зйомки ситуації і рельєфу ділянки місцевості завершуються.

## ***2.2 Практична частина до лабораторної роботи № 2***

Завдання 1. Вивчіть пояснення до виконання робіт з обробки журналу тахеометричної зйомки ділянки місцевості.

Завдання 2. З використанням даних для свого варіанту та прикладів розрахунків (див. **Додаток Б**) виконайте обробку журналу тахеометричної зйомки ділянки місцевості, креслення схеми й обчислення координат і висот станцій тахеометричного ходу.

Завдання 3. Оформіть результати виконання лабораторної роботи № 2 та дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння її змісту.

### **2.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 2**

1. Що таке тахеометрична зйомка та у якій послідовності її виконують?
2. Які способи можуть бути використані для тахеометричної зйомки ситуації та рельєфу місцевості?
3. Яким чином визначають планове та висотне положення точок під час тахеометричної зйомки?
4. За якими формулами обчислюють перевищення і горизонтальне прокладання під час тахеометричної зйомки?
5. Які прилади застосовуються для тахеометричної зйомки?



### 3 Лабораторна робота № 3. Складання топографічного плану ділянки місцевості за даними тахеометричної зйомки

#### 3.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 3

Після завершення обчислень на всіх станціях тахеометричного ходу переходять до складання топографічного плану ділянки, де зображають ситуацію та рельєф місцевості. Нижче поетапно наведені пояснення до виконання робіт зі складання топографічного плану ділянки місцевості за даними тахеометричної зйомки.

1. Розбивка (креслення) координатної сітки. Для побудова плану у заданому масштабі треба передусім нанести за координатами пункти знімальної основи, з яких (або відносно ліній між якими) виконувалося знімання території. Для цього на аркуші креслярського паперу (наприклад, на аркуші паперу формату А3) за допомогою лінійки Ф. В. Дробишева (або масштабної лінійки і циркуля-вимірника) розбивають координатну сітку. Лінії сітки по осях координат оцифровують залежно від масштабу зйомки. По прямокутних координатах наносять на план пункти геодезичних мереж, точки тахеометричних ходів і перевіряють нанесення точок зйомочного обґрунтування по відстанях між ними.

Спочатку будують дві взаємно перпендикулярні лінії, тобто прямий кут. Для побудови прямих кутів може бути використаний так званий «єгипетський» прямокутний трикутник, катети якого становлять 3 та 4 умовні одиниці міри довжини, а гіпотенуза – 5 одиниць (рис. 3.1). Сторони такого трикутника описується рівністю:  $3^2 + 4^2 = 5^2$ .

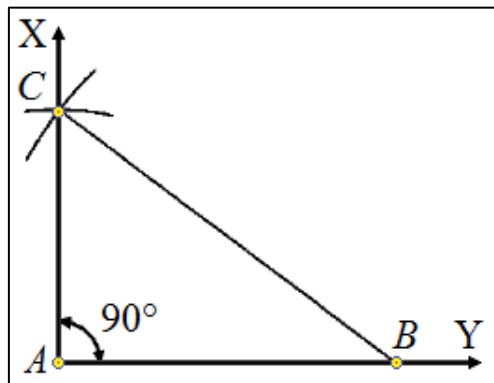


Рисунок 3.1 – Схема побудови прямого кута  
(пояснення наведені у тексті)

Отже, якщо на горизонтальній поверхні між двома точками  $A$  і  $B$  (рис. 3.1) відкласти відрізок завдовжки 4 умовні одиниці, а після цього з його кінців прокреслити дві дуги з радіусами 3 (з точки  $A$ ) та 5 (з точки  $B$ ) умовних одиниць, то вони перетнуться в деякій точці  $C$ . Далі, якщо з'єднати точки  $A$ ,  $B$  і  $C$  прямими лініями, то в точці  $A$  утвориться точний прямий кут, а лінії  $AB$  та  $AC$  будуть осями координат  $X$  та  $Y$  прямокутної системи координат.

Щоб забезпечити належну точність і зручність у подальшій роботі на плані спочатку викреслюють сітку квадратів (з сторонами  $10 \times 10$  см), яку і називають координатною сіткою.

Щоб визначити розміри аркуша паперу для побудови плану треба з відомості координат точок тахеометричного ходу вибрати максимальне та мінімальне значення абсциси і ординати, наприклад, маємо:  $x_{\min} = 262,06$  м,  $x_{\max} = 732,60$  м,  $y_{\min} = 305,66$  м,  $y_{\max} = 809,31$  м. Отже, вздовж осі абсцис ділянка простягається з півдня на північ на:  $732,60 - 262,06 = 470,54$  м, а вздовж осі абсцис з заходу на схід – на:  $809,31 - 305,66 = 503,65$  м.

Нехай треба побудувати план у масштабі 1:2000. В цьому масштабі лінія на плані, довжина якої дорівнює 1 см, відповідатиме довжині лінії на місцевості 20 м. Оскільки наша ділянка простягається з півдня на північ на 470,54 м, а з заходу на схід на 503,65 м, то на плані по осі  $X$  вона займе:  $470,54 / 20 = 23,53$  см, а по осі  $Y$ :  $503,65 / 20 = 25,18$  см, відповідно. Для побудови плану такої ділянки місцевості потрібен аркуш паперу, довжина якого буде більше 23,53 см, а ширина – більше 25,18 см.

В обчисленнях не враховується розмір написів зверху та знизу плану. Для оформлення плану зверху та знизу, з правої та лівої сторін потрібно приблизно по 5 см. З урахуванням цього розміри аркуша плану мають бути такими: ширина не менше 36 см і довжина не менше ніж 29 см. Отже, для побудови плану такої ділянки потрібен аркуш білого паперу формату А3 з розмірами  $29,7 \times 42,0$  см.

Для побудови координатної сітки широко застосовується спеціальна лінійка Ф. В. Дробишева. Існують велика і мала лінійки. Великою лінійкою можна побудувати сітку квадратів розміром  $80 \times 60$  см, а малою – розміром  $50 \times 50$  см. Ці лінійки розроблено на принципі «єгипетського» трикутника з сторонами 3, 4 та 5 умовних одиниць міри довжини або 6, 8 та 10 умовних одиниць. Оскільки розміри планшетів прямокутного розграфлення аркушів планів масштабу 1:5000 –  $40 \times 40$  см, а масштабів 1:2000, 1:1000, 1:500 –  $50 \times 50$  см, то для створення топографічних планів достатньо малої лінійки Ф. В. Дробишева (рис. 3.2).

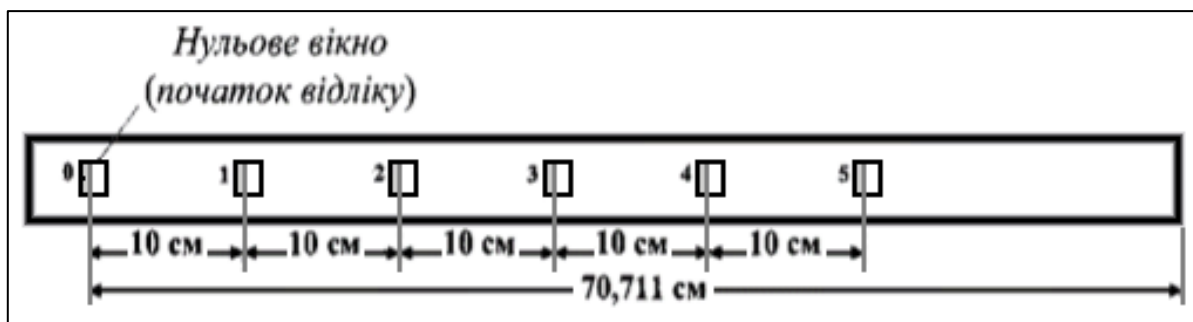


Рисунок 3.2 – Мала лінійка Ф. В. Дробишева

Мала лінійка Ф. В. Дробишева має шість вікон прямокутної форми, позначених 0, 1, 2, 3, 4, 5 (рис. 3.2). Правий кінець лінійки віддалений від початкової точки (початку відліку або нульового вікна) на 70,711 см. Ця величина є гіпотенузою великого квадрата з стороною 50 см. Ліві кінці в кожному вікні, верхній край і правий кінець лінійки скошені. Посередині скошеної частини лівого кінця нульового вікна лінійки вигравіювано штрих. Перетин скошеного краю нульового вікна з цим штрихом і є початком відліку лінійки. Скошений край нульового вікна лінійки є прямою лінією, а скошені краї вікон 1, 2, 3, 4, 5 та правого кінця лінійки є дугами радіусами 10 см, 20 см, 30 см, 40 см, 50 см та 70,744 см відповідно з центром кіл у початку відліків. Такою лінійкою можна побудувати і сітку квадратів з розмірами 30×40 см.

Нижче наведений опис послідовності побудови координатної сітки квадратів з розмірами 50×50 см (рис. 3.3).

Лінійку кладуть паралельно до нижнього краю аркуша креслярського паперу (рис. 3.3, а), і на відстані приблизно 5 см від нього прокреслюють вздовж скошеного верхнього краю лінійки добре загостреним олівцем (середньої твердості) лінію. Потім лінійку накладають на цю лінію так, щоб лінію було видно посередині віконця лінійки (рис. 3.3, б), а скошений край нульового вікна був на відстані приблизно 5 см від лівого краю паперу та прокреслюють олівцем вздовж скошених країв віконця лінійки шість штрихів. Так отримують на прокресленій лінії дві крайні точки майбутньої координатної сітки (ліву і праву), відстань між якими 50 см. Позначають їх наступним чином: ліву – 1, а праву – 2 (рис. 3.3, б).

Повертають лінійку на 90° (для цього можна використати трикутник) і встановлюють точку початку відліку (штрих у нульовому вікні) на перетині лівого штриха з прокресленою лінією (рис. 3.3, в). Прокреслюють вздовж скошених країв вікон лінійки шість штрихів.

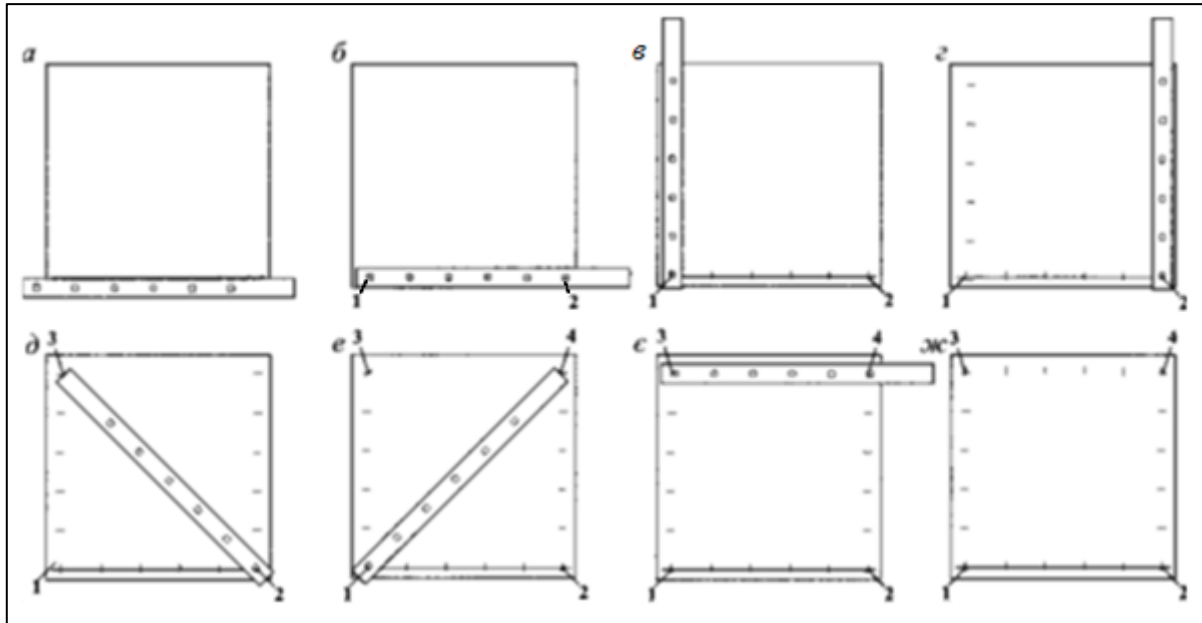


Рисунок 3.3 – Послідовність побудови координатної сітки за допомогою малої лінійки Ф. В. Дробишева (пояснення позначень у тексті)

Далі встановлюють початок відліку лінійки перпендикулярно до прокресленої на аркуші паперу лінії так, щоб точка початку відліку на лінійці збігалась з перетином правого крайнього штриха з прокресленою на папері лінією (рис. 3.3, г). Прокреслюють вздовж скошених країв вікон лінійки шість штрихів.

Щоб отримати ще дві верхні крайні точки нашої координатної сітки, лінійку укладають по діагоналі так, щоб початок відліку лінійки опинився у точці перетину правого крайнього штриха з прокресленою на аркуші лінії (точка 2), а скошений край кінця лінійки був на верхньому лівому прокресленому на папері штриху (рис. 3.3, д). Потім прокреслюють по скошеному краю кінця лінійки лінію (точка 3). У результаті отримують три вершини квадрата координатної сітки розміром 50 см.

Для побудови четвертої точки сітки лінійку укладають по діагоналі так, щоб точка початку відліку лінійки опинилася у точці 1 (рис. 3.3, е), а скошений край кінця лінійки розташувався на верхньому правому штриху. Потім прокреслюють по скошеному краю кінця лінійки лінію (точка 4).

Контролюють правильність побудови точок 3 та 4, тобто віддаль між цими точками повинна дорівнювати 50 см. Для цього лінійку кладуть так, щоб точка початку відліку була у точці 3 (рис. 3.3, ж), а горизонтальний штрих на середині скошеного краю останнього вікна лінійки був у точці 4.

По скошених краях вікон лінійки прокреслюють штрихи (рис. 3.3, *є*). Якщо прокреслений штрих по скошеному краю останнього вікна лінійки проходить через точку 4 або утворює з попередніми лініями побудови трикутник, найдовша сторона якого не перевищує 0,2 мм, то побудову координатної сітки виконано правильно і за положення точки 4 приймають центр утвореного трикутника. Якщо ж умова не виконується, то побудову координатної сітки повторюють.

Штрихи побудови сітки (рис. 3.3, *ж*) з'єднують прямими лініями.

Викресливши квадрати координатної сітки (рис. 3.4), перевіряють якість (правильність) їх побудови по довжинах сторін і діагоналей кожного з квадратів.

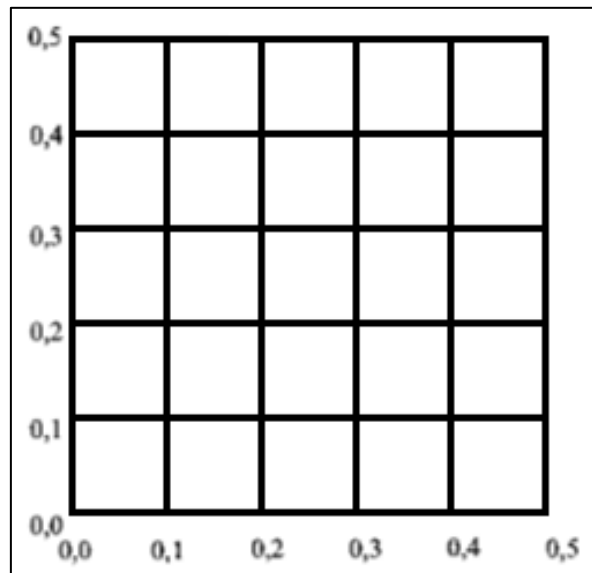


Рисунок 3.4 – Координатна сітка для побудови топографічного плану масштабу 1:1 000

Якість побудови координатної сітки перевіряють наступним чином:

1) циркулем-вимірником вимірюють сторони квадратів, їхні довжини повинні дорівнювати 10 см;

2) циркулем-вимірником вимірюють діагональ будь-якого квадрата координатної сітки, довжина якої має дорівнювати 14,12 см, а далі, прикладаючи циркуль-вимірник до діагоналей інших квадратів сітки, перевіряють, чи всі вони мають однакову довжину.

Розходження довжин діагоналей або сторін квадратів координатної сітки не повинні перевищувати 0,2 мм.

Якщо умова не виконується, знову будують координатну сітку.

Важливо під час побудови олівець, яким викреслюється координатна сітка, тримати весь час перпендикулярно до паперу, а вістря цього олівця краще загострювати «лопаткою».

Сітку квадратів оцифровують, тобто показують, яким віддалям від початку координат відповідають горизонтальні та вертикальні лінії сітки. При довільній системі координат координатна сітка має оцифровку, яка відповідає зменшеній (згідно з масштабом плану чи карти) прямокутній системі координат.

Лінії координатної сітки треба оцифровувати згідно з координатами пунктів, які будуть нанести на топографічний план або карту певного масштабу та номенклатури. Наприклад, складаючи план масштабу 1:1 000, координатну сітку підписують через 100 м (рис. 3.4), крайні лінії сітки підписують числом, яке кратне 0,5 км (тобто 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 км і т. д.).

Слід зазначити, що розроблені й інші методи побудови координатної сітки. Найпростіший та найпоширеніший – з використанням шаблонів на тонких металевих пластинах з бронзи або алюмінію (рис. 3.5), на яких пробито круглі отвори так, що між центрами отворів є сторони квадратів координатної сітки.

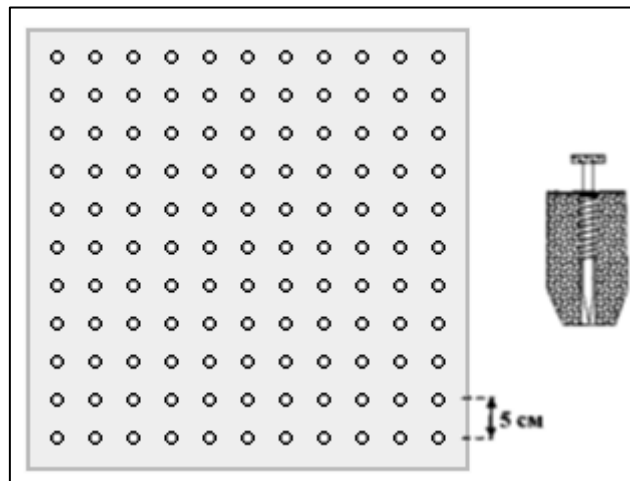


Рисунок 3.5 – Шаблон (ліворуч) і пристрій (праворуч) для побудови сітки квадратів розміром 5×5 см та 10×10 см

До шаблону додається спеціальний пристрій, вістря висувної голки якого примусово збігається з центром пробитого на планшеті отвору. Наклавши на папір планшет, за допомогою цього пристрою наколюють центри отворів планшета на папір. Залишається тільки з'єднати отвори на папері прямими лініями.

Ще досконалішим приладом для побудови координатної сітки є координатограф (рис. 3.6), в якому є дві взаємно перпендикулярні лінійки з поділками 0,2 мм, одна з яких може рухатися вздовж осі  $X$ . На цій рухомій лінійці з такими ж поділками вздовж осі  $Y$  розташована голка, яка, переміщуючись, може наколювати на папері точки у вершинах квадратів.

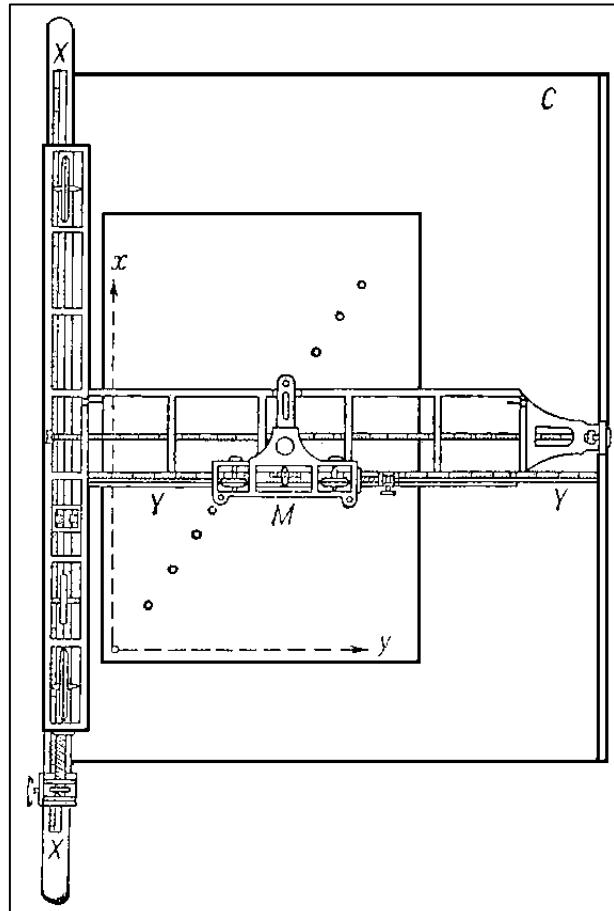


Рисунок 3.6 – Схема координатографа  
(пояснення позначень у тексті)

Координатографами можна не тільки будувати сітки квадратів, але й наносити на план точки з відомими координатами. Координатографи можуть автоматично будувати координатні сітки і наносити за значеннями координат точки на план за допомогою спеціальних програм на ПК.

Координатограф (рис. 3.6) складається з станини (С), на якій наглухо прикріплена лінійка з розподілами (XX), яка відповідає осі абсцис ( $x$ ). Уздовж осі абсцис пересувається каретка, що несе на собі лінійку (YY), яка відповідає осі ординат ( $y$ ). По осі ординат рухається мала каретка (М), на якій укріплена голка для наколювання точок.

Автоматичний електронний координатограф крім зазначеного вище додатково має лічильно-вирішальний пристрій і пульт управління. Така система забезпечує можливість за результатами обчислень прямокутних координат на лічильно-вирішальному пристрої наносити вузлові точки і автоматично викреслювати або гравірувати лінії координатної сітки.

**2. Нанесення на план точок тахеометричного ходу.** Перевіривши правильність побудови координатної сітки, за допомогою прямокутних координат наносять на план вершини тахеометричного ходу та інші точки, координати яких обчислені. Для нанесення точки спочатку необхідно за її координатами  $x$  та  $y$  встановити квадрат, у якому має міститися ця точка, а потім від південно-західного кута квадрата з координатами  $x_0$  та  $y_0$  вздовж його сторін відкласти різниці координат точки і кута квадрата  $\Delta x$  та  $\Delta y$ :

$$\Delta x = x - x_0 \quad \text{та} \quad \Delta y = y - y_0. \quad (3.1)$$

Наприклад, якщо для точки  $A$  (рис. 3.7)  $x = +538,37$  м,  $y = +637,42$  м, а довжина сторони квадрата за заданого масштабу плану дорівнює 200 м, то на сторонах цього квадрата від південно-західного кута (з координатами  $x_0 = 400$  м,  $y_0 = 600$  м) потрібно буде відкласти наступні різниці координат точки і кута квадрата: вверх –  $\Delta x = +538,37 - 400 = 138,37$  м, у правий бік –  $\Delta y = 637,42 - 600 = 37,42$  м. З'єднавши паралельними до сторін квадрату лініями нанесені на план точки, отримаємо на їх перетині шукану точку  $A$ .

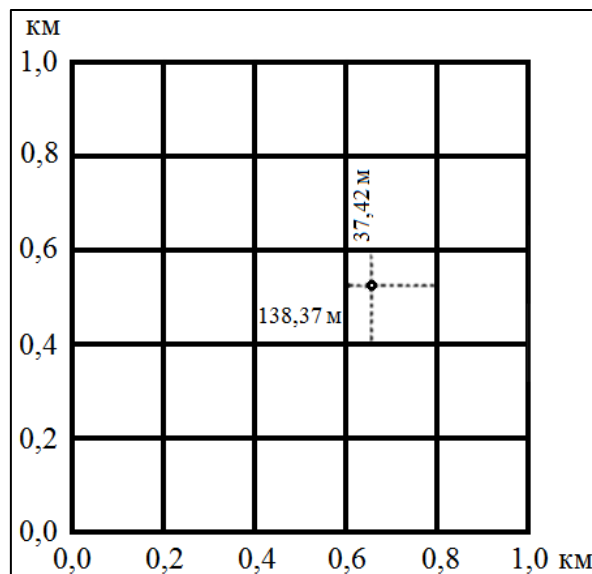


Рисунок 3.7 – Нанесення точки за прямокутними координатами на топографічний план масштабу 1:2 000 (пояснення позначень у тексті)



Нанести точку за її координатами на план можна іншим способом:

- спочатку відкласти на західній (лівій) і східній (правій) сторонах квадрата різницю ординат, тобто відрізок 138,37 м (див. рис. 3.7);
- з'єднати ці дві точки, прокресливши між ними лінію;
- на цій лінії, відклавши від лівої сторони квадрата у правий бік відстань 37,42 м, одержимо положення точки *A* м (див. рис. 3.7).

Аналогічно виконують побудову всіх інших точок тахеометричного ходу, для яких обчислені прямокутні координати.

Кожну точку наколюють голкою діаметром 0,1 мм і позначають умовним знаком «точки планових знімальних мереж (тривалого закріплення)» (рис. 3.8), тобто розрахованих на тривале зберігання. Ліворуч підписують номер точки (наприклад, 7) або назву точки (якщо вона найменована), а праворуч – висоту (позначку) центра точки та поверхні землі до десятих або сотих часток метра (в залежності від вимог технічного проєкту). Якщо різниця позначок центру пункту та поверхні землі менше ніж 0,1 м, то на плані підписують тільки позначку центра.

$\begin{array}{c} 2,5 \text{ мм} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 7 \odot 386,0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 1,5 \text{ мм} \end{array}$	$\begin{array}{c} 2,5 \text{ мм} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 18 \odot \frac{385,51}{385,60} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 1,5 \text{ мм} \end{array}$
<b>1:5 000, 1:2 000</b>	<b>1:1 000, 1:500</b>

Рисунок 3.8 – Умовне позначення та розміри точок планових знімальних мереж (тривалого закріплення) на планах різних масштабів (пояснення позначень у тексті)

Правильність нанесення всіх точок перевіряють наступним чином:

- 1 – вимірюють за допомогою циркуля-вимірника та поперечного масштабу віддаль між тільки що нанесеною і попередньою точками;
- 2 – порівнюють цю довжину з довжиною горизонтальної проєкції, що відповідає цій лінії, виміряній на місцевості.

Розходження довжин не повинно перевищувати 0,2 мм у масштабі плану. Наприклад, для плану масштабу 1:2 000 це розходження не повинно перевищувати 4 м.

**3. Нанесення на план рейкових точок.** Нанесення на план рейкових точок роблять полярним способом за допомогою геодезичного транспортира з масштабною лінійкою (рис. 3.9) або тахеографа (рис. 3.10).

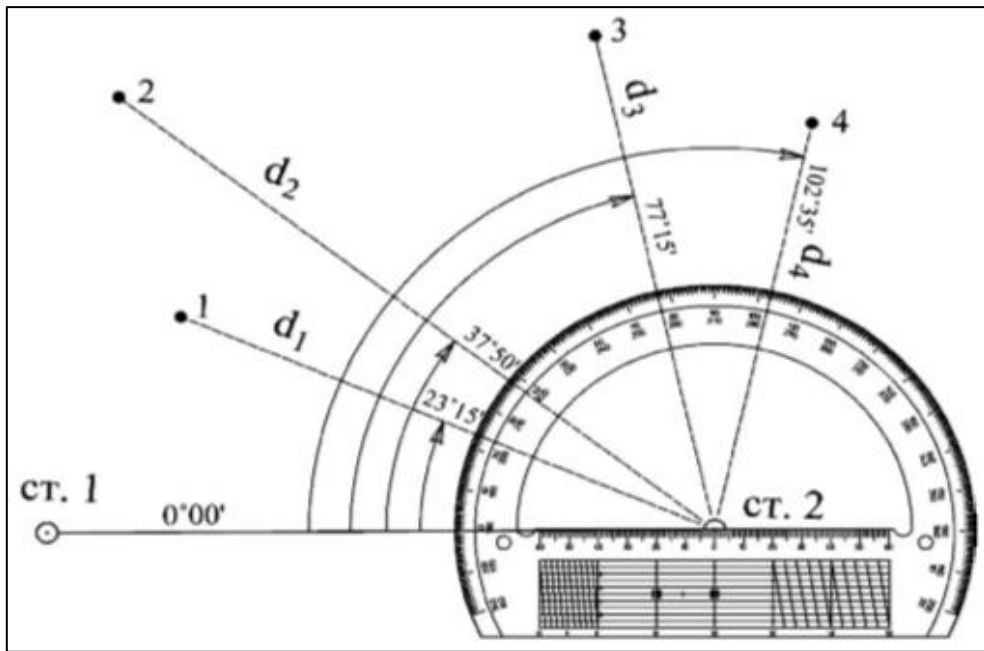


Рисунок 3.9 – Схема нанесення на топографічний план рейкових точок тахеометричної зйомки полярним способом за допомогою геодезичного транспортира та масштабної лінійки (пояснення позначень у тексті)

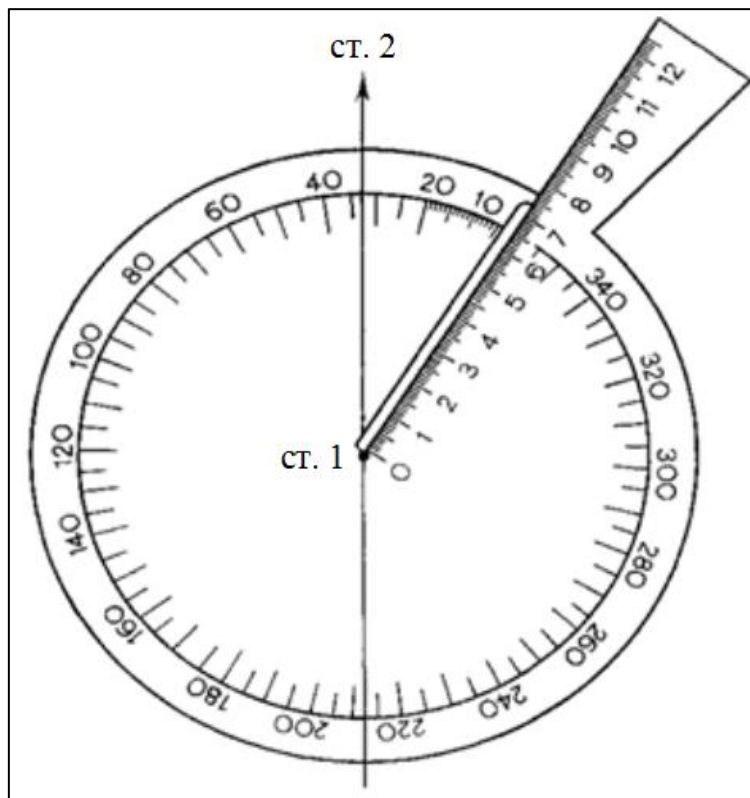


Рисунок 3.10 – Тахеограф

Центр геодезичного транспортира (нульовий штрих на його лінійці) сполучають зі станцією знімання, наприклад, зі ст. 2 (рис. 3.9). Нульову поділку транспортира ( $0^\circ$ ) орієнтують на вихідний напрямок, наприклад, на ст. 1. Відраховують за годинниковою стрілкою виміряний при зніманні горизонтальний кут між вихідною лінією і напрямком на рейкову точку тахеометричного знімання, наприклад,  $23^\circ 15'$  на точку 1. Вздовж даного напрямку (від ст. 2 на т. 1) в масштабі плану відкладають горизонтальне прокладення  $d_1$ , користуючись вимірником і лінійкою поперечного масштабу на транспортирі. Таким чином отримують положення на плані шуканої рейкової точки 1, а потім інших рейкових точок тахеометричного знімання. Праворуч від всіх рейкових точок у вигляді звичайного дробу підписують їхні номери і висоти (позначки) до 0,01 м, взяті з журналу тахеометричного знімання.

Тахеограф (рис. 3.10) є круговим транспортиром з своєю лінійкою з прозорого матеріалу (целулоїду), по колу якого нанесені поділки через  $30'$ , причому оцифрування ділень виконане проти ходу годинникової стрілки. Уздовж нульового радіусу розташована міліметрова шкала лінійки з початковим штрихом в центрі круга, в якому закріплена голка.

Для нанесення рейкової точки центр круга тахеографа поєднують з точкою станції на плані. Потім поворотом диска поєднують початковий напрям на плані з відліком, рівним полярному куту на знімальну точку. Далі по лінійці відкладають в масштабі плану відповідну полярну відстань (горизонтальне прокладення) і наколюють точку. Далі, як і при роботі з геодезичним транспортиром, праворуч від нанесених на план рейкових точок підписують їхні номери і висоти (позначки).

**4. Нанесення на план ситуації та викреслювання контурів і предметів місцевості.** Після нанесення на план усіх точок ділянки, що мають відомі координати, з використанням прийнятих умовних знаків у відповідності до абрисів тахеометричного знімання на план наносять ситуацію, позначають контури і предмети місцевості, знімання яких виконувалось під час прокладання теодолітних ходів.

Способи нанесення точок ситуації на план застосовують залежно від способів виконання зйомки. Під час нанесення ситуації горизонтальні кути будують за допомогою транспортира, а довжини ліній – за допомогою циркуля-вимірника та поперечного масштабу. Ситуація викреслюється на папері (плані або карті) олівцем в умовних знаках заданого масштабу, а потім наводиться тушшю. Далі, зробивши необхідні надписи відповідними шрифтами та розмірами, отримують план ділянки місцевості.

При нанесенні ситуації, знятої *способом перпендикулярів*, від лінії знімальної основи за допомогою прямокутних трикутників відкладають відстані  $x$  та  $y$  до кожної точки у масштабі плану.

При нанесенні ситуації, знятої *способом куткових засічок* на плані транспортиром будують вимірні кути від лінії знімальної основи і на перетині отриманих напрямків знаходять положення шуканої точки.

При нанесенні ситуації, знятої *способом лінійних засічок* циркулем роблять засічку довжинами вимірних ліній у масштабі плану і на перетині отримують шукану точку.

При нанесенні ситуації, знятої *способом створів* у масштабі плану відкладають за створом лінії вимірні відрізки.

**5. Викреслювання на плані горизонталей.** З використанням позначок рейкових точок, користуючись методом графічної інтерполяції, проводять горизонталі.

*Інтерполяція* – процес побудови горизонталей на плані або карті, що полягає в знаходженні на плані або карті за напрямком між двома точками місцевості з відомими висотами проєкцій точок на площині із січенням між ними, яке дорівнює висоті перерізу рельєфу (рис. 3.11).

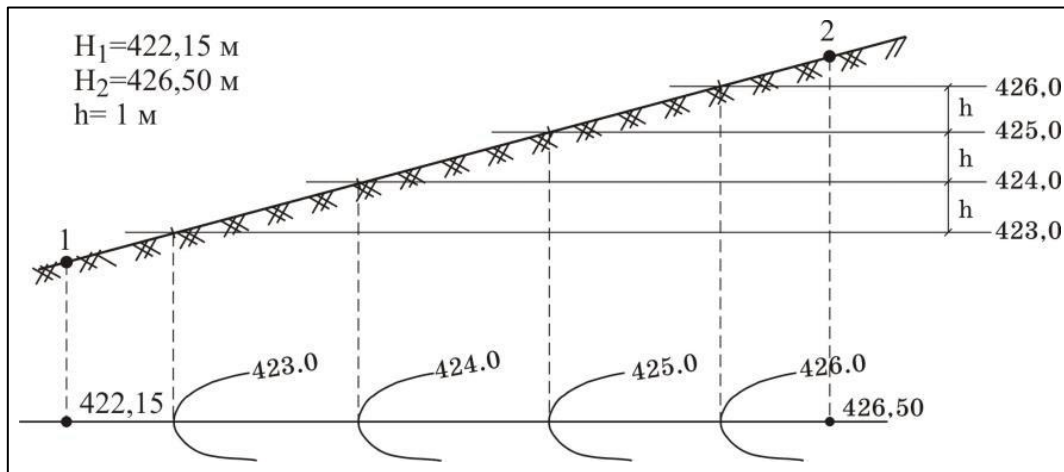


Рисунок 3.11 – Схема визначення на площині точок, що задають розташування горизонталей

Інтерполяцію виконують тільки по тих напрямках, які позначені на абрисі зйомки стрілками.

Існують різні способи інтерполяції. Одним з найпоширеніших є *графічний спосіб*, який здебільшого виконується за допомогою лінійної палетки (рис. 3.12).

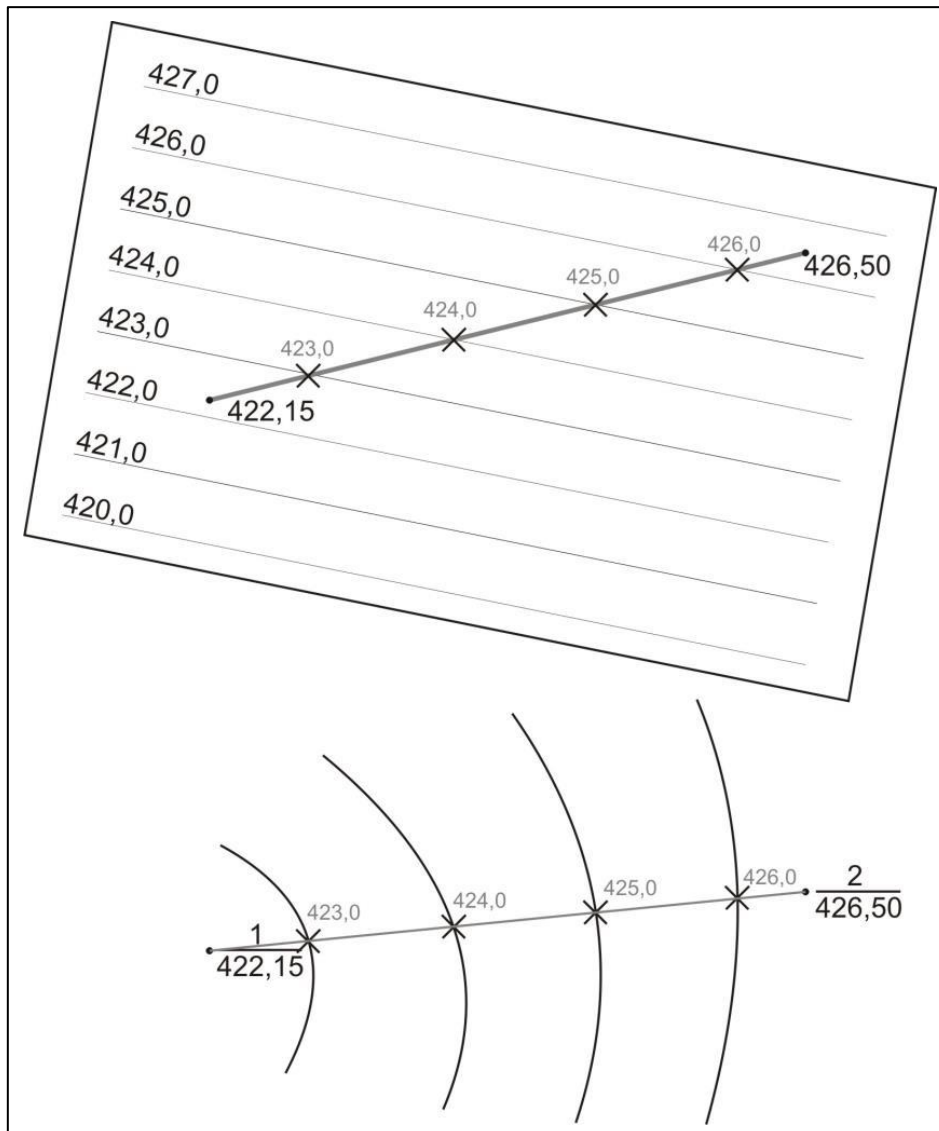


Рисунок 3.12 – Схема графічної інтерполяції горизонталей на плані (карті) за допомогою лінійної палетки

*Лінійна палетка* – це аркуш прозорого паперу, на якому проведені паралельні лінії з інтервалом 5-10 мм між ними. На кожній лінії палетки підписують значення висоти (позначки) горизонталі обов'язково кратне висоті перерізу рельєфу, наприклад, 420,0, 421,0, ..., 427,0 (див. рис. 3.12).

Палетку накладають на лінію, за якою виконується інтерполяція, і задають їй такий поворот, щоб точки з відомими висотами (позначками) розташовувались між паралельними лініями, відповідно до значень своїх висот (на рис. 3.12 – точка 1 з висотою 422,15 м та точка 2 з висотою 426,50 м). Переколюють на план точки перетину ліній палетки з лінією інтерполювання та підписують олівцем їх висоти. Аналогічні операції виконують за іншими лініями.

Точки з однаковими висотами з'єднують плавними кривими, отримуючи таким чином горизонталі. Основні горизонталі на плані (карті) повинні мати товщину 0,12-0,15 мм, а потовщені – 0,25-0,30 мм. Потовщені горизонталі з висотами кратними 5 або 10 підписують (позначають їх висоту), при цьому верх чисел треба направляти у бік підвищення висоти місцевості. На характерних вигинах горизонталей викреслюють *бергштрихи* – короткі штрихи, за допомогою яких показують напрямки схилів (рис. 3.13).

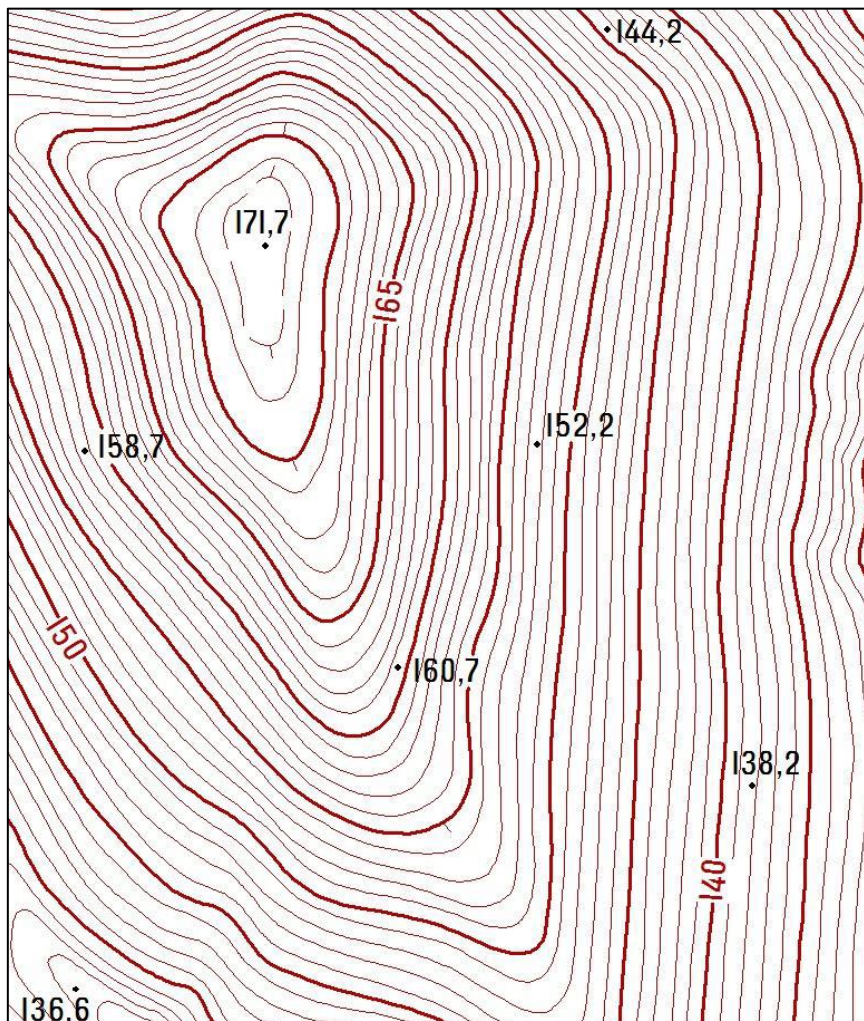


Рисунок 3.13 – Фрагмент плану з відображенням горизонталей

**6. Редагування плану ділянки місцевості.** Виконання редагування плану полягає у видаленні зайвих підписів точок у місцях їх скупчення і там, де вони заважають показу ситуації (див. приклади на рис. 3.14-3.16). Ситуацію, рельєф і позарамкове оформлення топографічного плану (рис. 3.17) викреслюють (наводять) тушшю, згідно з вимогами до умовних знаків.







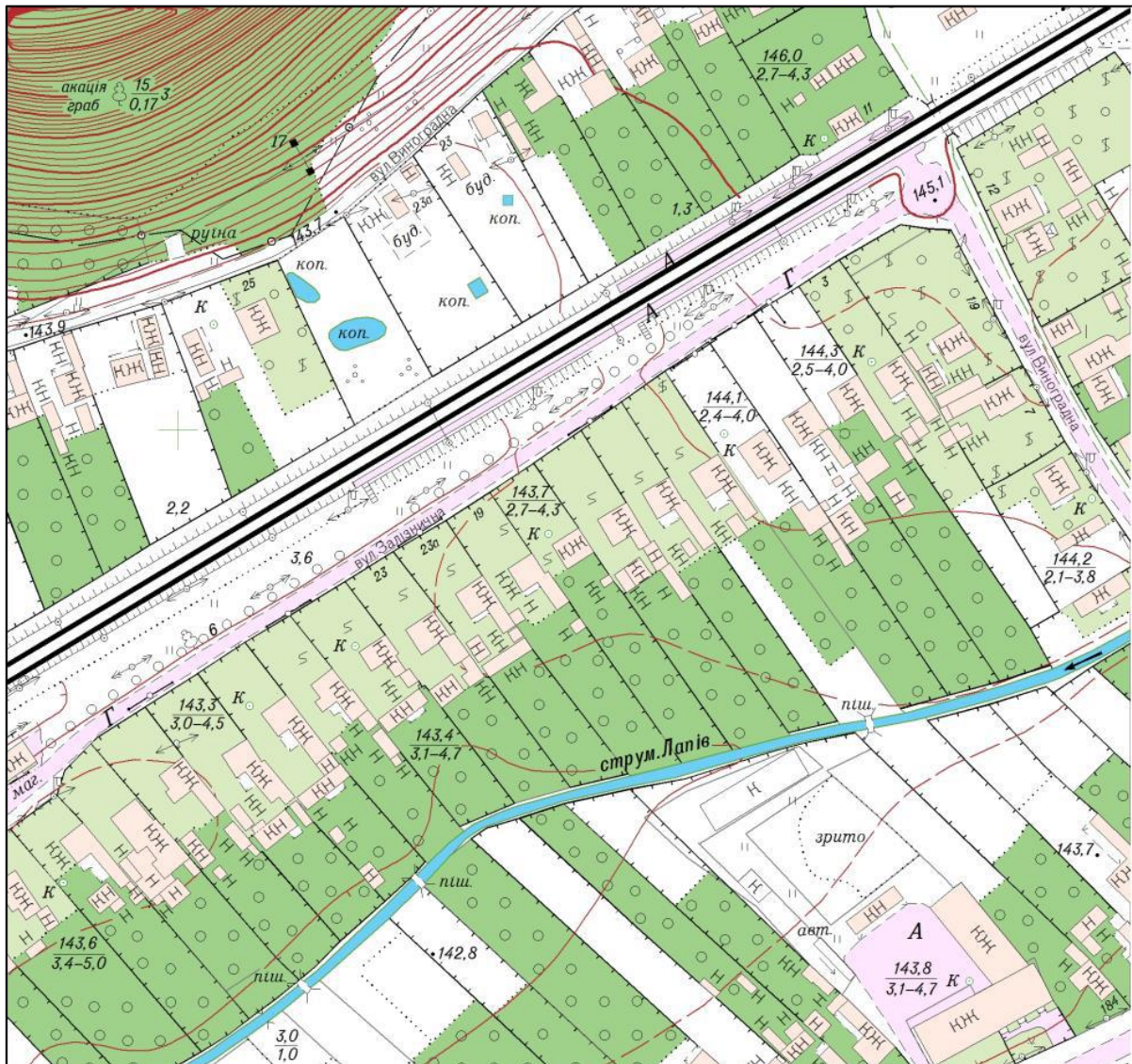


Рисунок 3.16 – Фрагмент топографічного плану масштабу 1:2000

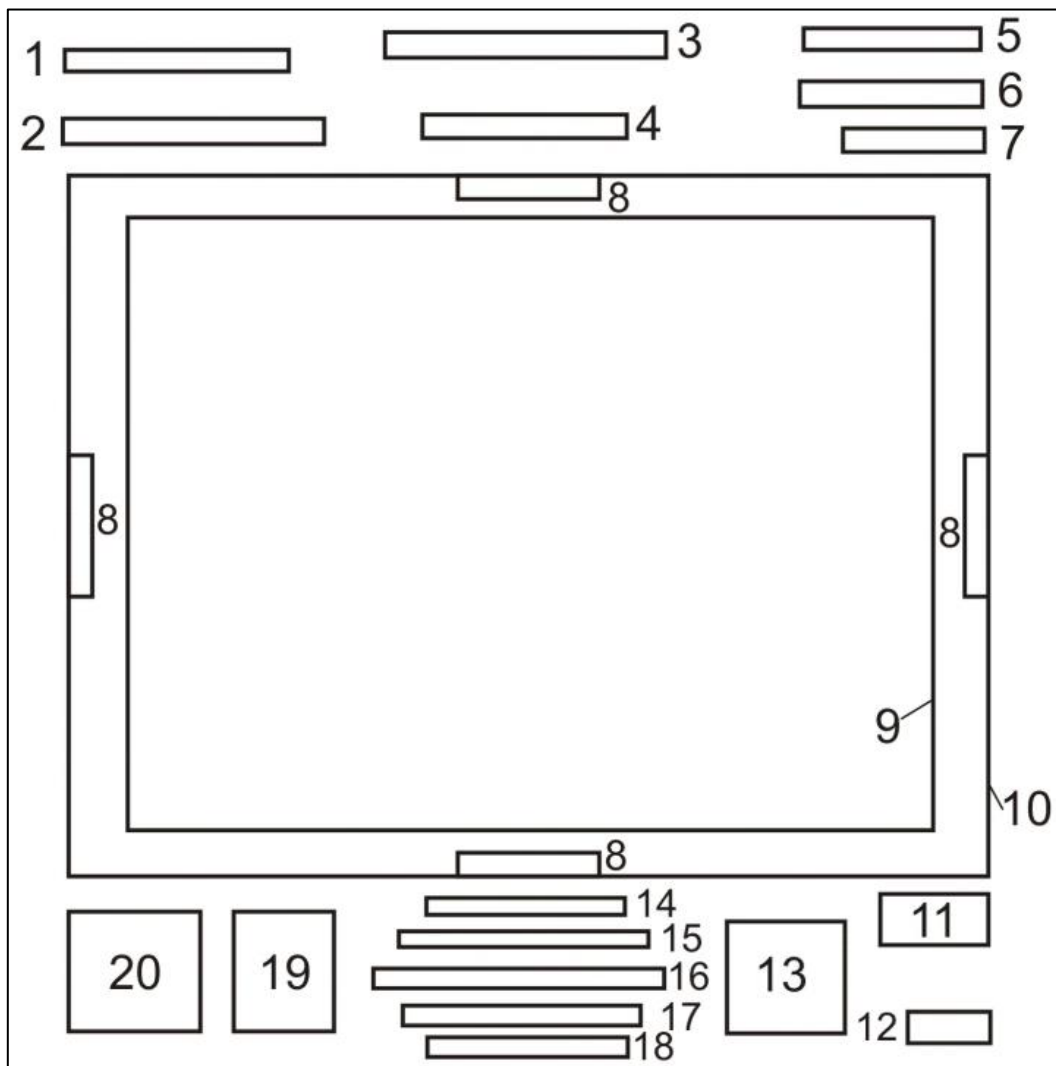


Рисунок 3.17 – Загальна схема позарамкового оформлення аркуша топографічного плану (топографічної карти):

- 1 – система координат; 2 – назва республіки та області, територія яких зображена на аркуші; 3 – назва відомства, що підготувало і видало план; 4 – назва найбільш значного населеного пункту на зображеній території; 5 – гриф плану; 6 – номенклатура аркуша плану; 7 – рік видання плану; 8 – номенклатура сусідніх аркушів плану; 9 – внутрішня рамка; 10 – зовнішня рамка; 11 – рік і вид знімання, за даними якого складений план; 12 – виконавці; 13 – графік закладень; 14 – числовий масштаб; 15 – іменований масштаб; 16 – лінійний масштаб; 17 – висота перерізу рельєфу; 18 – система висот; 19 – схема взаємного розташування осьового, істинного та магнітного меридіанів; 20 – дані про схилення магнітної стрілки та зближення меридіанів в будь-якій точці на цьому аркуші

### ***3.2 Практична частина до лабораторної роботи № 3***

Завдання 1. Вивчіть пояснення до виконання робіт зі складання топографічного плану ділянки місцевості за даними тахеометричної зйомки.

Завдання 2. За результатами обробки даних тахеометричної зйомки ділянки місцевості згідно з своїм варіантом (див. вихідні дані (Додаток Б) та результати виконання лабораторної роботи № 2) виконайте побудову та редагування топографічного плану в масштабі 1:2 000 (див. Додаток В).

Завдання 3. Оформіть результати виконання лабораторної роботи № 3 та дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння її змісту.

#### ***3.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 3***

1. Як можна виконати розбивку (креслення) координатної сітки для створення топографічного плану та яким чином перевіряють (контролюють) якість побудови цієї координатної сітки?

2. За допомогою чого наносяться точки тахеометричної зйомки на план і які дані використовуються для цього?

3. За якими даними та як виконується нанесення на план ситуації та викреслювання контурів і предметів місцевості?

4. Який метод є одним з найпоширеніших для визначають положення горизонталей на плані та в чому він полягає?

5. З якою метою здійснюється редагування плану ділянки місцевості та що включає позарамкове оформлення топографічного плану?

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### Основна література

1. Ратушняк Г. С. Топографія з основами картографії : Навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2003. 208 с.
2. Артамонов Б. Б., Штангрет В. П. Топографія з основами картографії : Навч. посіб. Львів : Новий Світ-2000, 2008. 248 с.
3. Стукальський В. П., Шаргар О. М. Геодезія : Навч. посіб. Одеса : ВМВ, 2013. 560 с.
4. Калинич І. В., Ничвид М. Р., Калинич І. І. Топографія : Лабораторний практикум. Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2020. 176 с.
5. Кравців С. С. Войтків П. С., Кобелька М. В. Картографія : Навч. посіб. (2-е вид., виправлене і доповнене). Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2020. 191 с.

### Додаткова література

6. Хаєцький Г. С., Стефанков Л. І. Картографія з основами топографії. Частина І. Топографія : Навч. посіб. Вінниця : ВДПУ, 2014. 132 с.
7. Хаєцький Г. С., Стефанков Л. І. Картографія з основами топографії. Частина ІІ. Картографія : Навч. посіб. Вінниця : ВДПУ, 2014. 147 с.
8. Лахоцька Е. Я. Картографія : Конспект лекцій. Ужгород : УжНУ, 2015. 77 с.
9. Лахоцька Е. Я., Калинич І. В. Лабораторний практикум до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Картографія» : Навч. посіб. Ужгород : УжНУ, 2015. 84с.
10. Лахоцька Е. Я., Калинич І. В. Картографія : Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Ужгород : УжНУ, 2021. 47с.
11. Запара Л. Г. Конспект лекцій з курсу «Картографія з основами топографії». Харків : ХНАМГ, 2011. 54 с.
12. Косенко Т. В. Геотроніка та маркшейдерська справа: Частина І. Геотроніка: Лабораторний практикум : Навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 70 с.
13. Шевченко Р. Ю. Картографія: Електронний підручник. Київ : ЦНМВ «Кий», 2015. 230 с.

**14.** Лахоцька Е. Я. Основи картографії : Навч. посіб. Ужгород : УжНУ, 2017. 79 с.

**15.** Островський А. Л., Мороз О. І., Тарнавський В. Л. Геодезія. Ч. 2: Підручник. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2007. 508 с.

**16.** Дарчук К. В., Мельник А. А. Топографія з основами геодезії : Навч. посіб. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. 148 с.

**17.** Лозинський В. В. Топографічна карта : Навч.-метод. посіб. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. 56 с.

**18.** Кривошеєв А. М., Приходько А. І., Петренко В. М., Сергієнко Р. В. Військова топографія: Навч. посіб. Суми: Видавництво СумДУ, 2010. 281 с.

**19.** Ковальчук В. В. Топографія з основами картографії. Методичні вказівки до практичних занять. Луцьк: ЛНТУ, 2011. 116 с.

**20.** Костюк В. С. Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів з освітньої компоненти «Картографія з основами топографії». Житомир : Житомирський державний ун-т ім. Івана Франка, 2021. 25 с.

**21.** Тельнов В. Г. Геодезія : навч. пос. Дніпро : НТУ, 2019. 317 с.

**22.** Топографо-геодезична та картографічна діяльність: Законодавчі та нормативні акти. В 2-х частинах. Ч.1. Вінниця: Антекс, 2000. 408 с.

**23.** Топографо-геодезична та картографічна діяльність: Законодавчі та нормативні акти. В 2-х частинах. Ч.2. Вінниця: Антекс, 2002. 656 с.

**24.** Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) (затверджено наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 9 квітня 1998 р. № 56). Електронний ресурс. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98#Text>.

**25.** Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (затверджено наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 24 січня 1994 р. № 3). Електронний ресурс. URL: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3101>.

**26.** Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000 (затверджено наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 31 грудня 1999 р. № 156). Електронний ресурс. URL: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3201>.

**27.** Порядок загальнодержавного топографічного і тематичного картографування (затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 4 вересня 2013 р. № 661). Електронний ресурс. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-%D0%BF>.

**28.** Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Київ : Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001. 221 с. Введені в дію з 01.01.2002 р. Електронний ресурс. URL: [https://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart\\_norms/umovni\\_znaky\\_500-5000.pdf](https://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart_norms/umovni_znaky_500-5000.pdf).

**29.** Колодеєв Є. І., Гриб О. М. Лабораторний практикум з геодезії: Навч. посіб. / Одеса : Екологія, 2007. 68 с. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/347/>.

**30.** Гриб О. М. Геодезія та картографія : Конспект лекцій. Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2017. 102 с. Електронний ресурс. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/310/>.

**31.** Гриб О. М., Балан Г. К., Гращенкова Т. В. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Топографо-геодезичні дослідження водних екосистем». Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2020. 124 с. Електронний ресурс. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/7135/>.

**32.** Гриб О. М. Топографо-геодезичні дослідження водних екосистем. Навчальна практика: Навч. посіб. Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2021, 76 с. Електронний ресурс. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/9050/>.

**33.** Гриб О. М., Гращенкова Т. В. Силлабус навчальної дисципліни «Топографія з основами картографії» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» (освітньо-професійна програма «Землеустрій та кадастр»). Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2023.

**Додаток А**  
**Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 1**

*А.1 Вихідні дані до визначення площ по карті механічним способом за допомогою полярного планіметра*

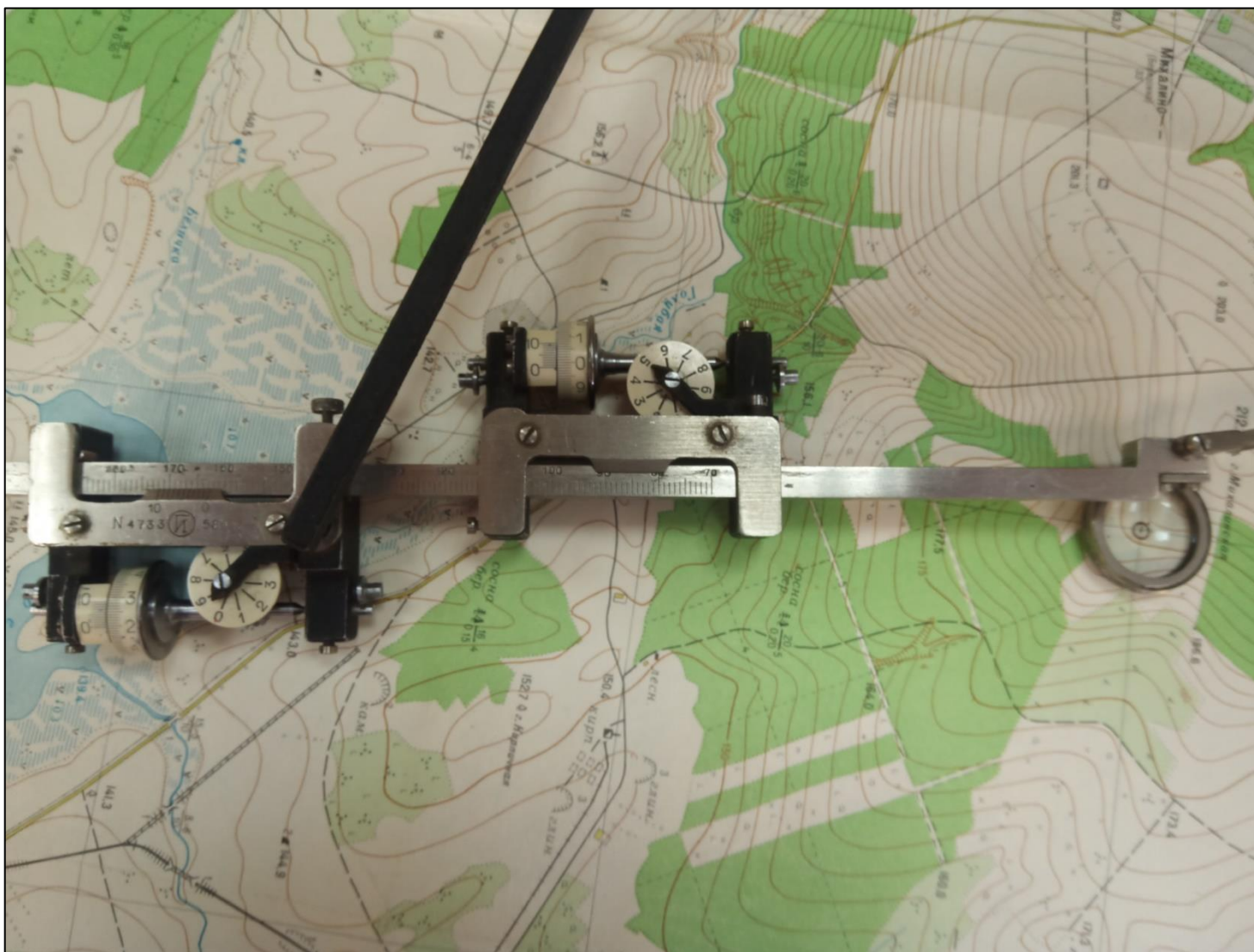


Квадрат кілометрової сітки на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення ціни поділки полярного планіметра ( $R = 162,5$  мм) з двома лічильними механізмами (однакове для всіх варіантів)



Відліки до обводу ( $n_1 = 8190$  та  $n'_1 = 3975$ )



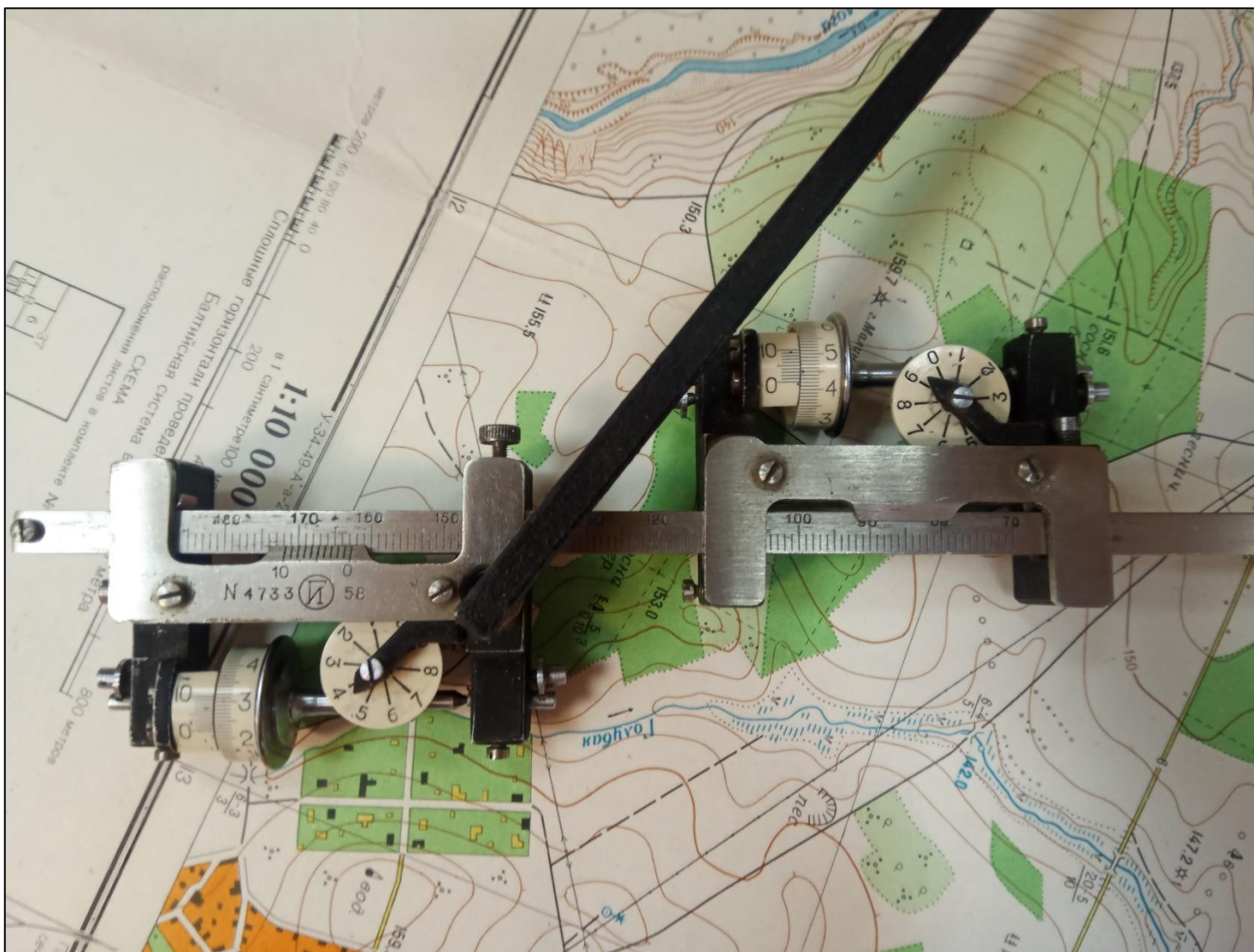


Відліки після обводу ( $n_2 = 9195$  та  $n'_2 = 4981$ )

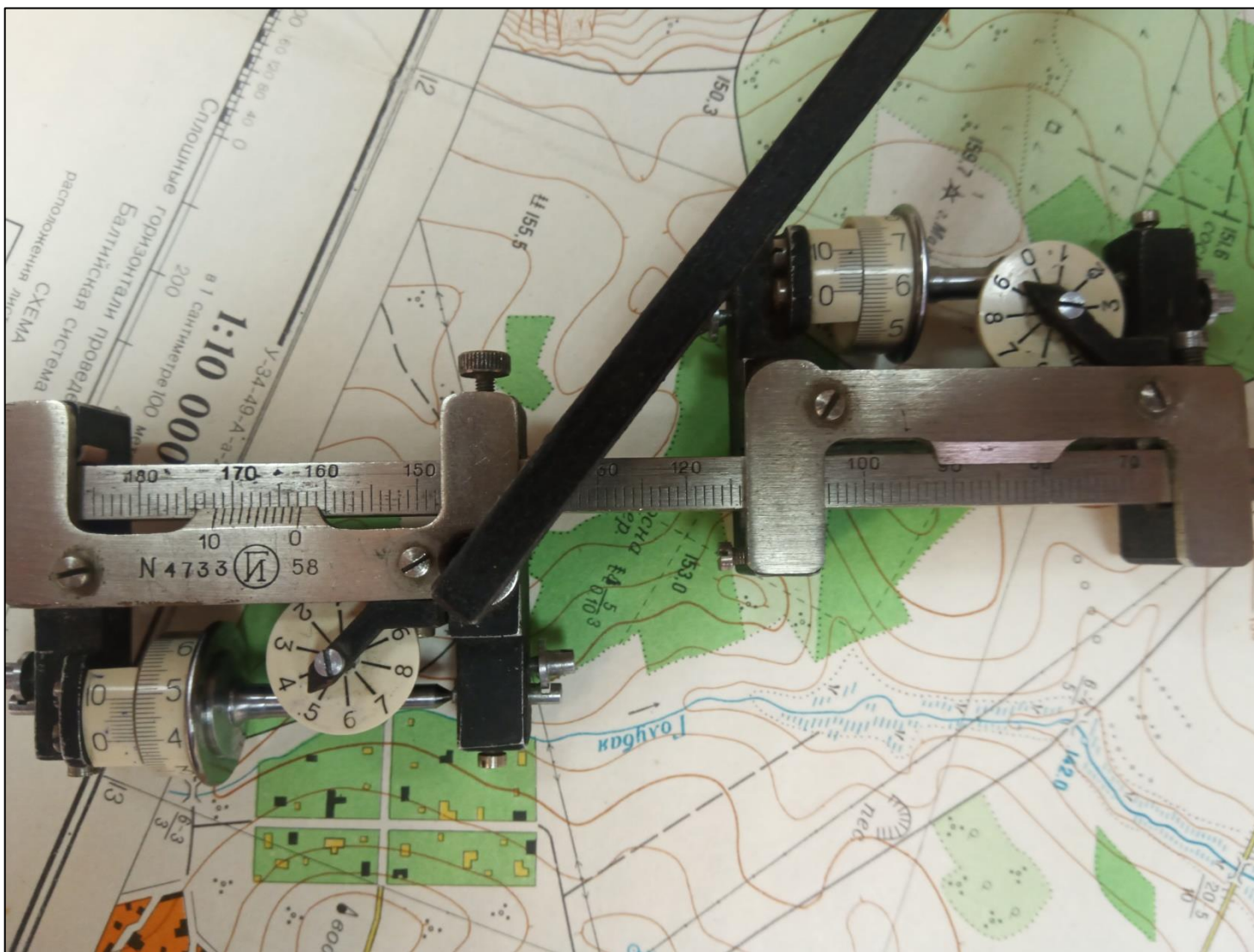
## Варіант 1



Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі полярним планіметром



Відліки до обводу ( $n_1 = 4223$  та  $n'_1 = 9422$ )

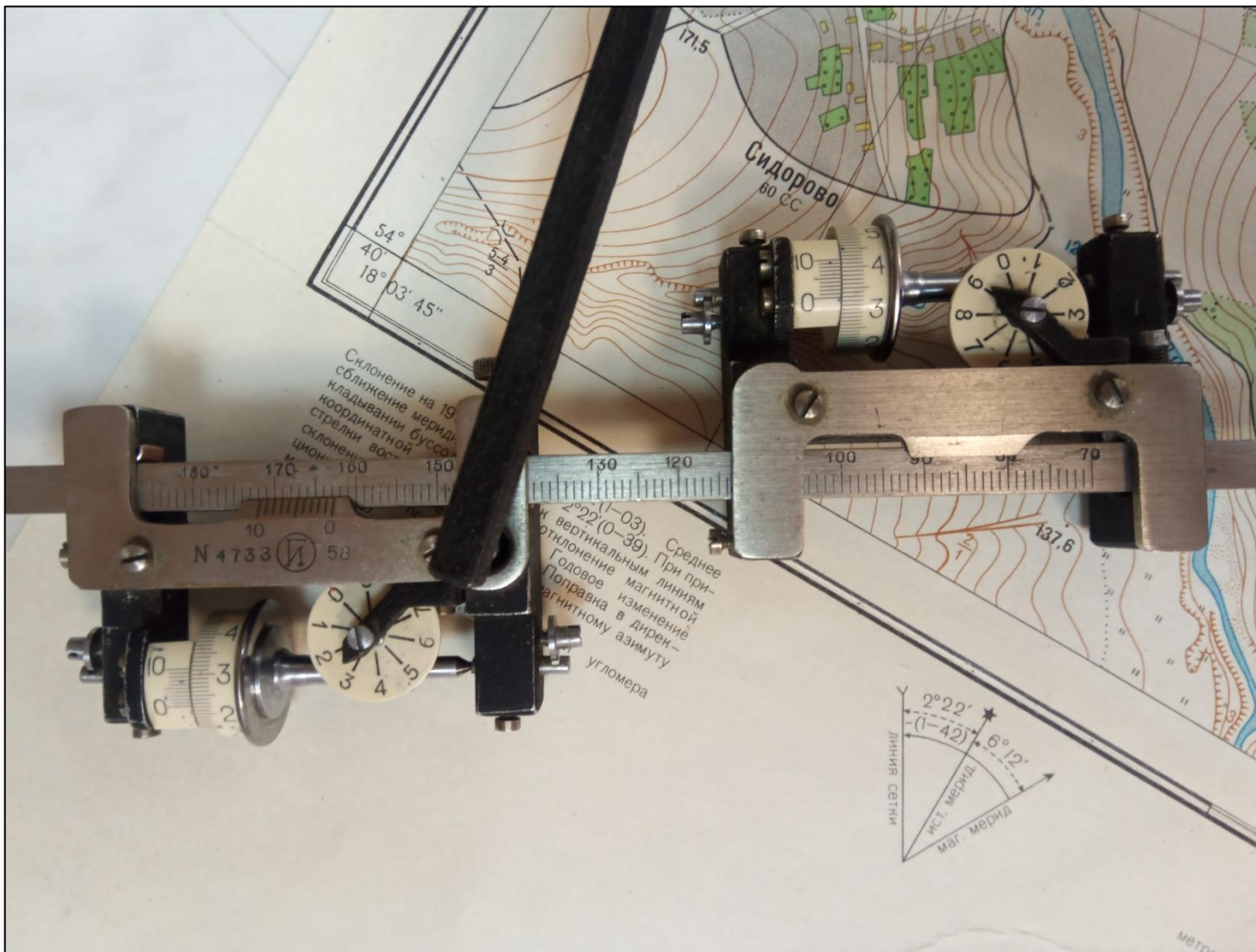


Відліки після обводу ( $n_2 = 4400$  та  $n'_2 = 9599$ )

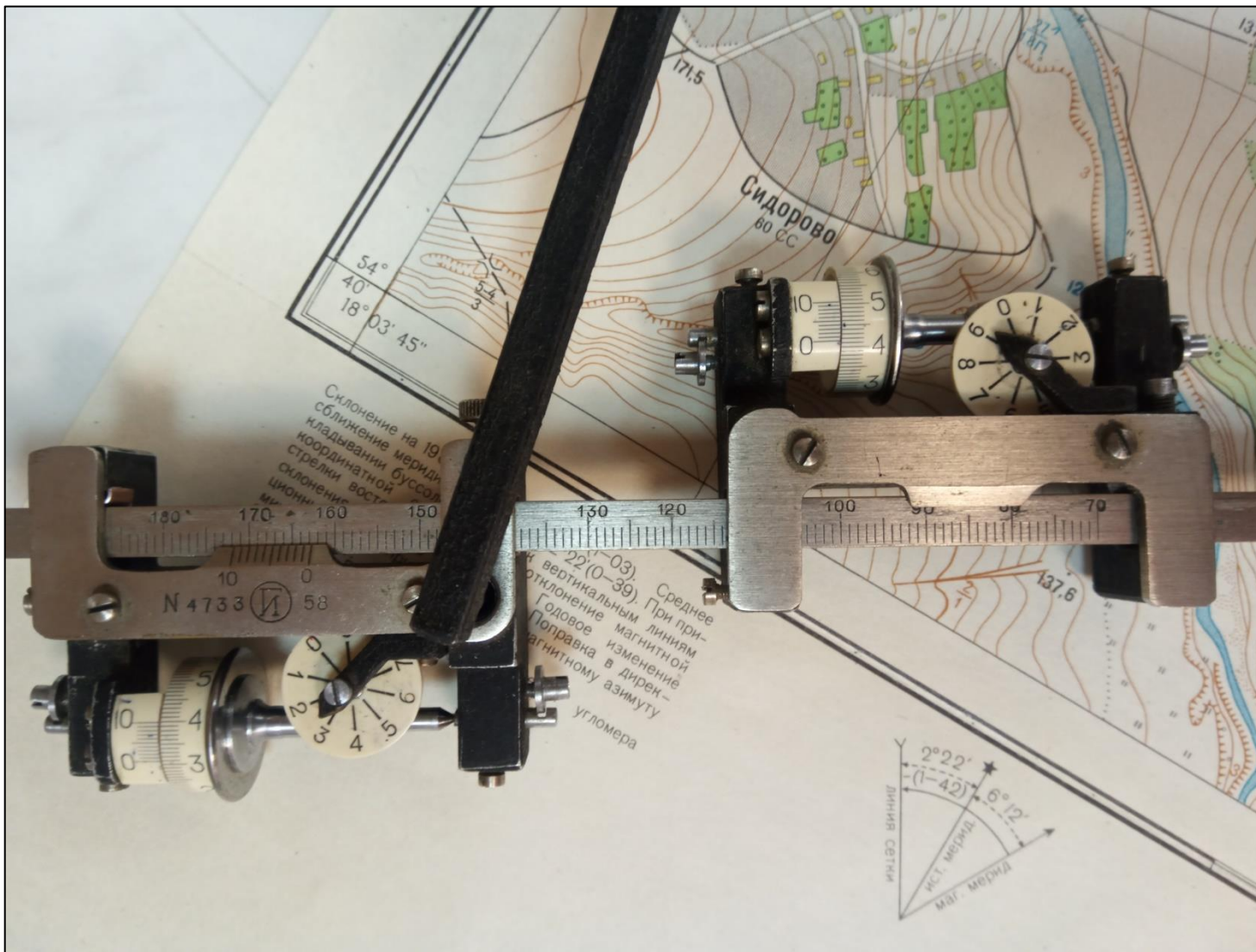
Варіант 2



Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі полярним планіметром

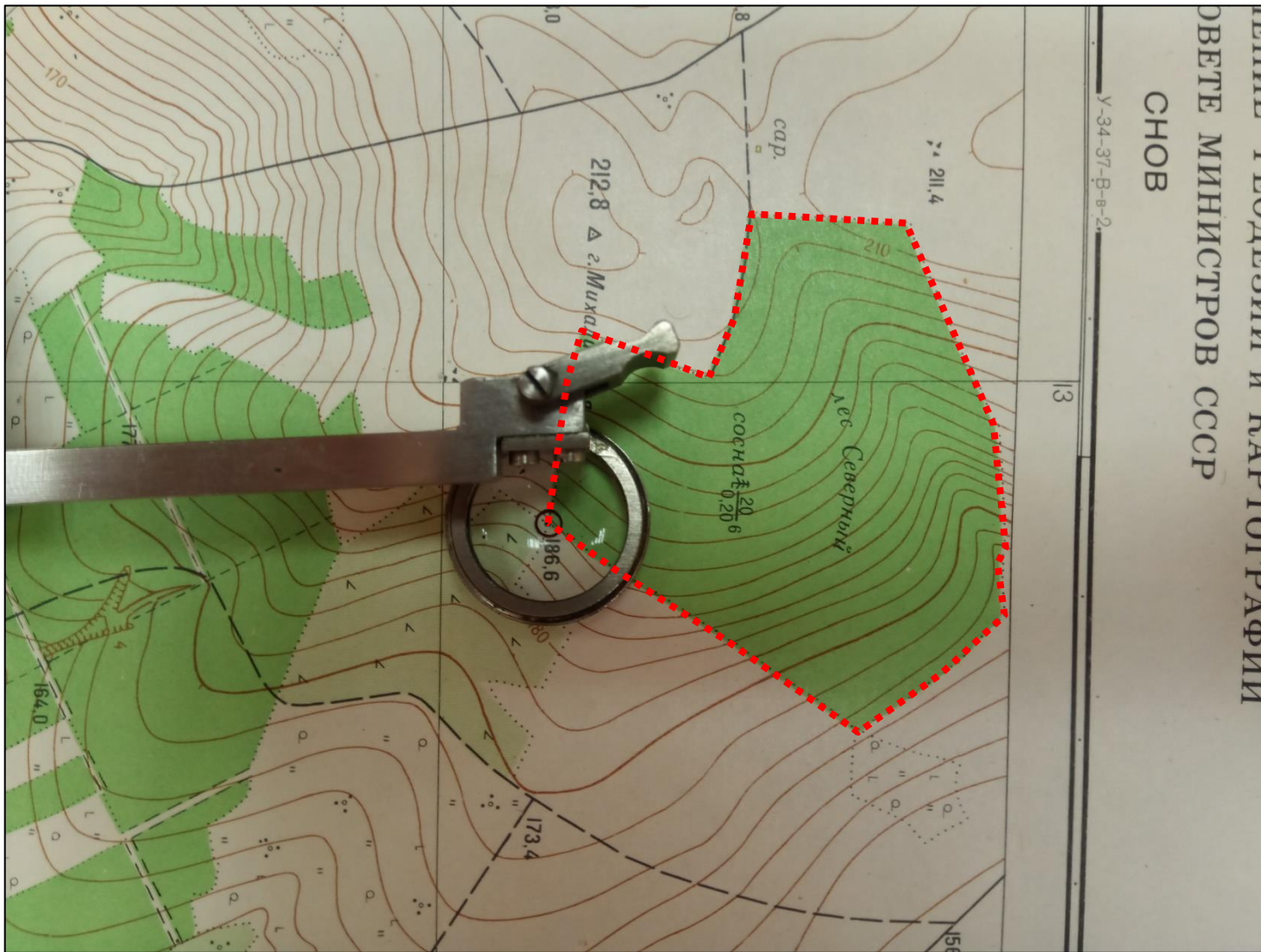


Відліки до обводу ( $n_1 = 2223$  та  $n'_1 = 9329$ )



Відліки після обводу ( $n_2 = 2309$  та  $n'_2 = 9414$ )

Варіант 3



Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі полярним планіметром



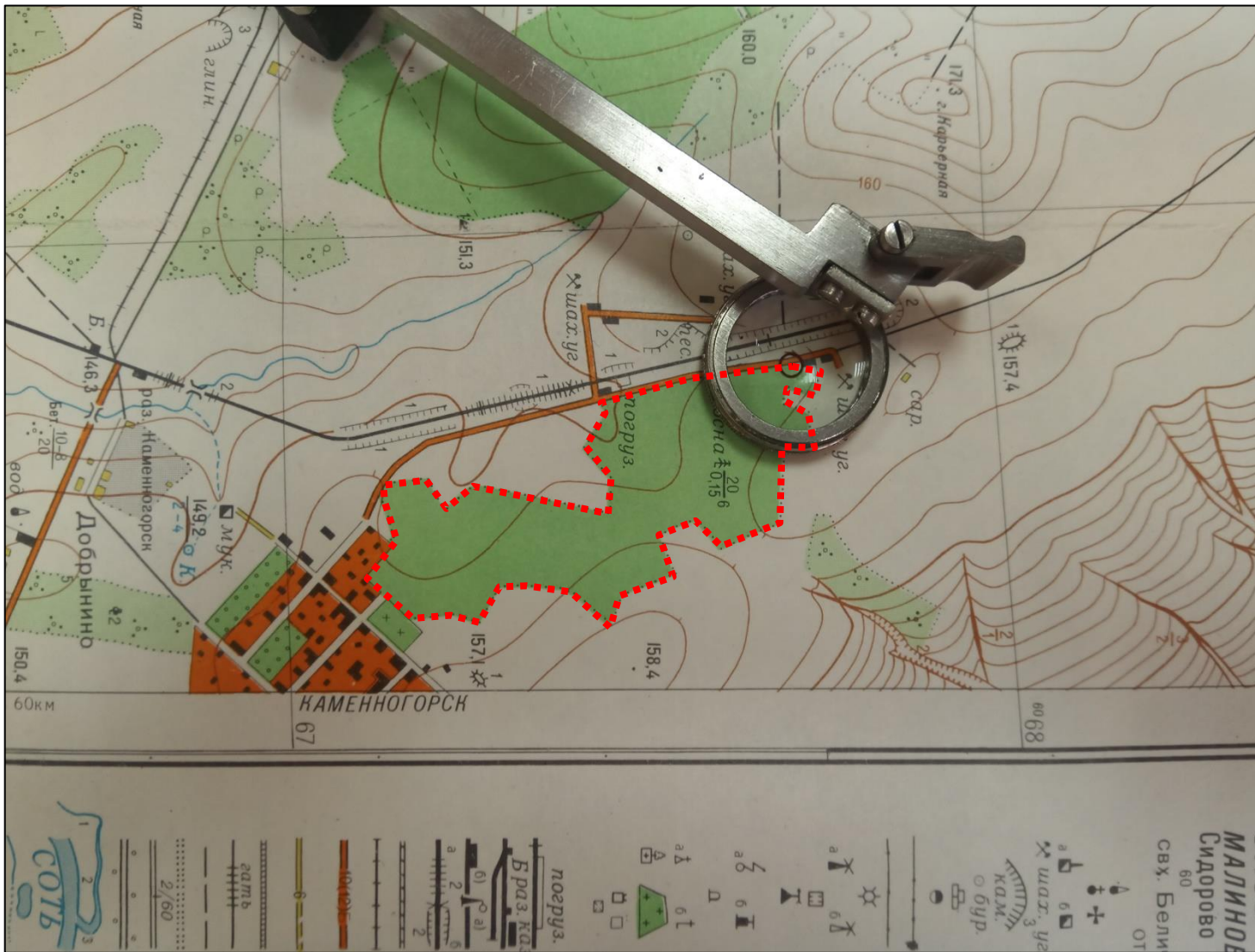


Відліки до обводу ( $n_1 = 9220$  та  $n'_1 = 5132$ )



Відліки після обводу ( $n_2 = 9472$  та  $n'_2 = 5385$ )

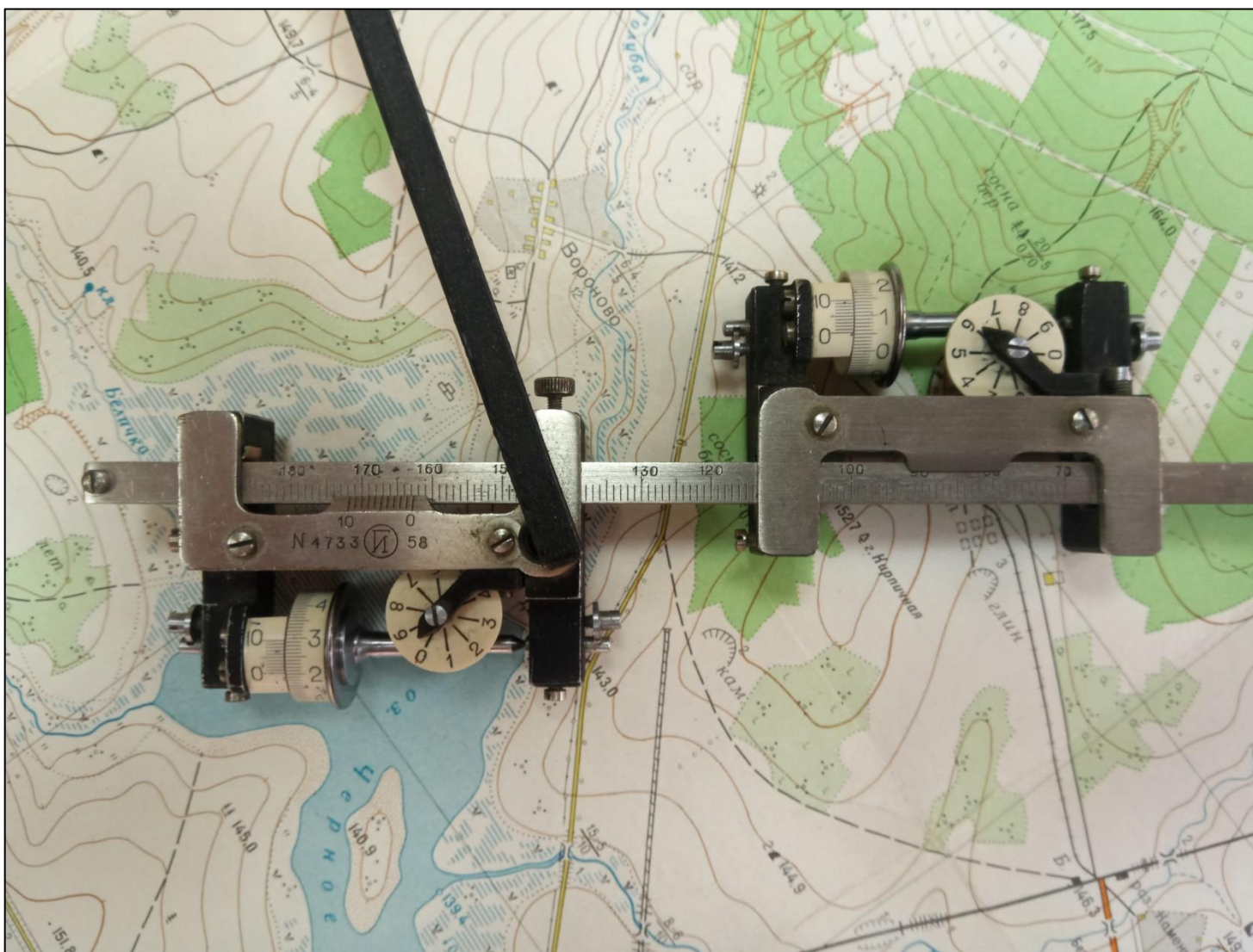
Варіант 4



Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі полярним планіметром



Відліки до обводу ( $n_1 = 9087$  та  $n'_1 = 5939$ )



Відліки після обводу ( $n_2 = 9204$  та  $n'_2 = 6055$ )

Варіант 5



Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі полярним планіметром



Відліки до обводу ( $n_1 = 9355$  та  $n'_1 = 5987$ )

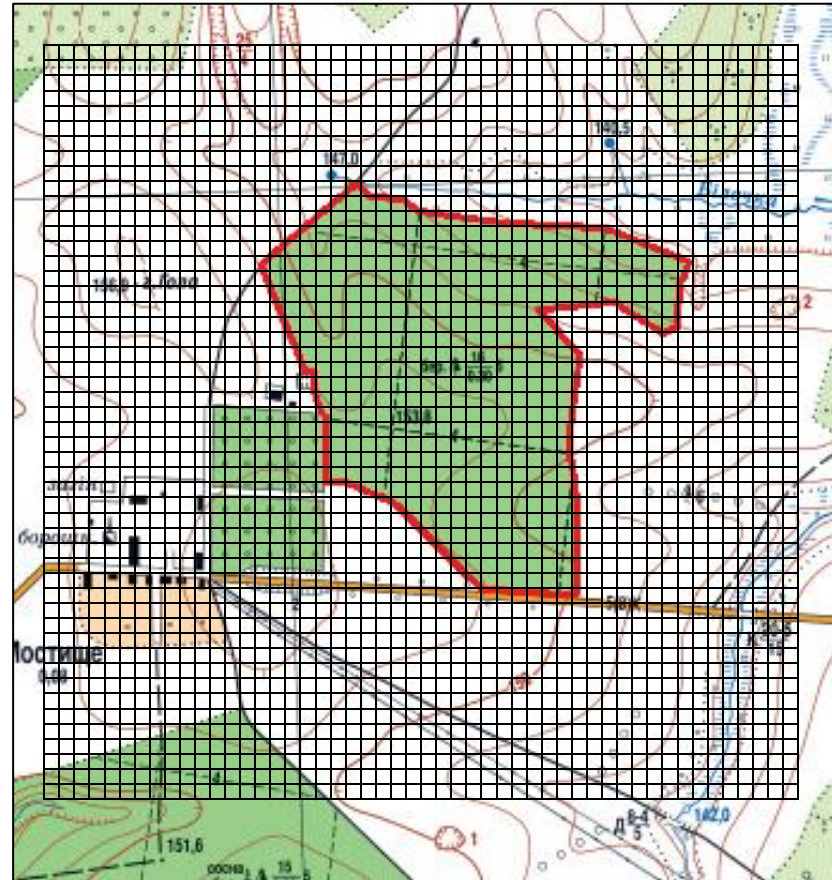


Відліки після обводу ( $n_2 = 9428$  та  $n'_2 = 6061$ )



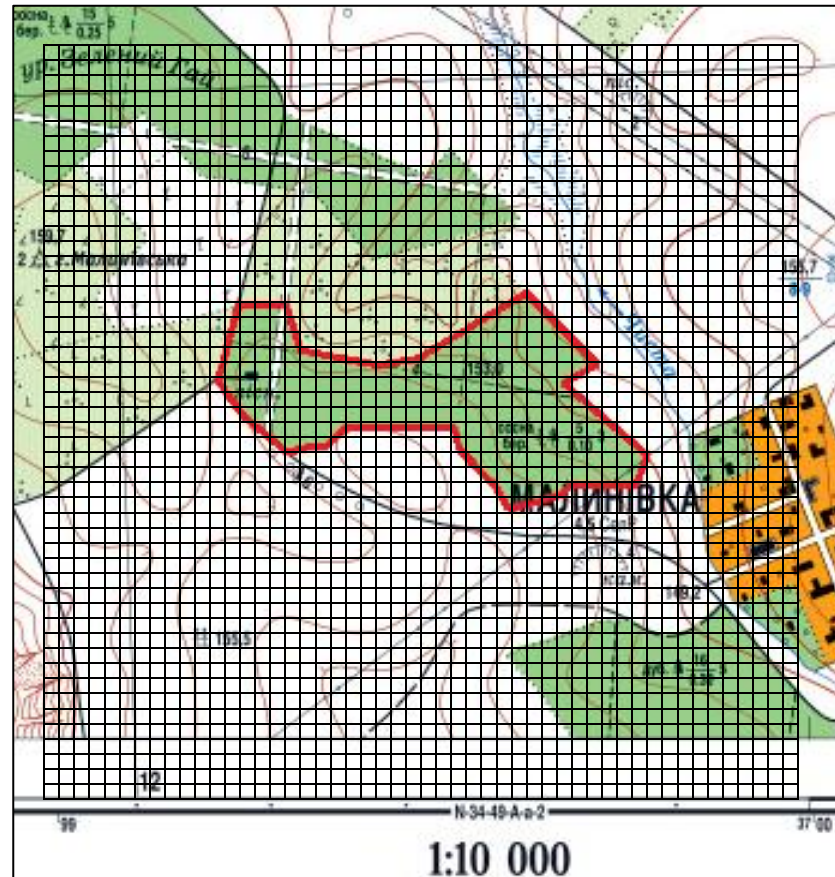
*А.2 Вихідні дані до визначення площ по карті графічним способом квадратною (сітковою) палеткою*

Варіант 1



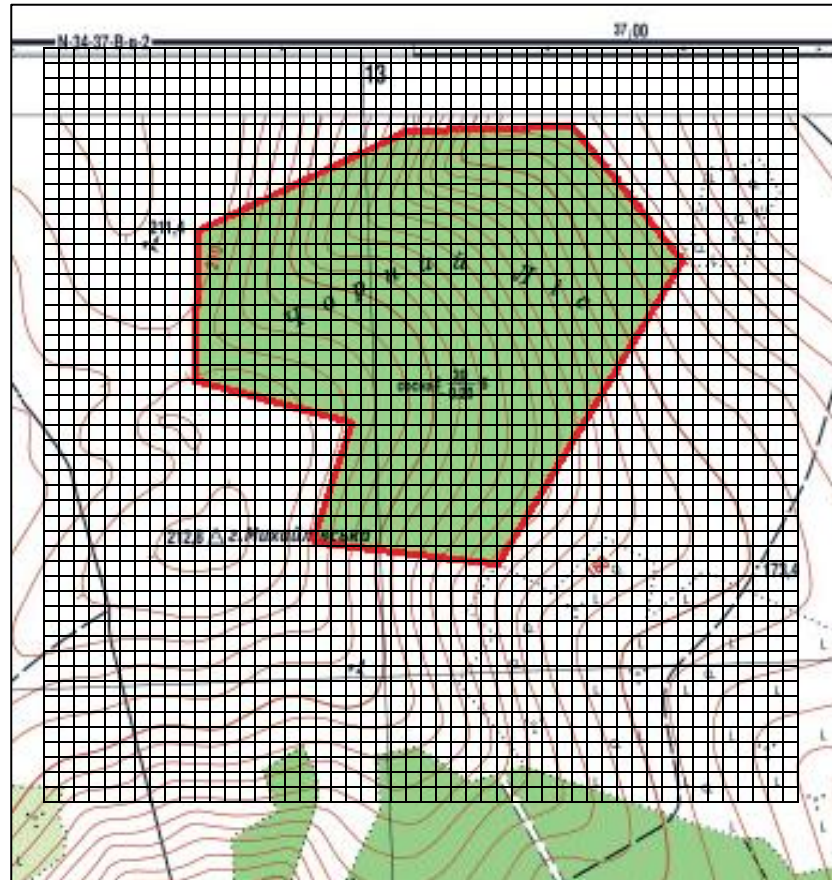
Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі квадратною (сітковою) палеткою (сторона квадрата палетки дорівнює 2 мм)

## Варіант 2



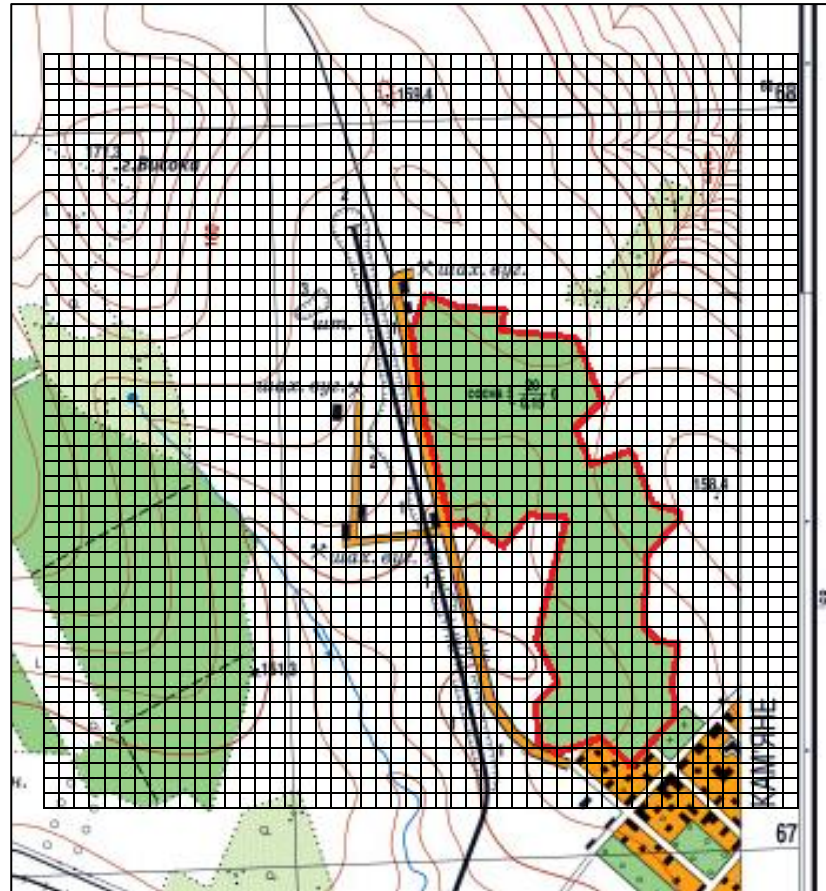
Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі квадратною (сітковою) палеткою (сторона квадрата палетки дорівнює 2 мм)

### Варіант 3



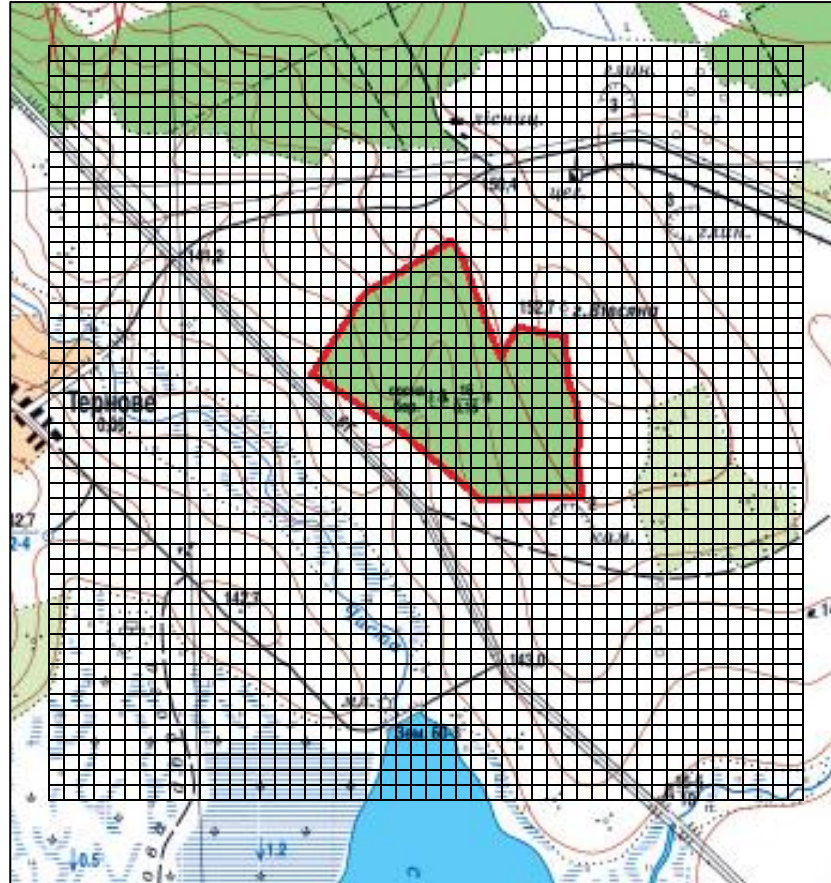
Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі квадратною (сітковою) палеткою (сторона квадрата палетки дорівнює 2 мм)

### Варіант 4



Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі квадратною (сітковою) палеткою (сторона квадрата палетки дорівнює 2 мм)

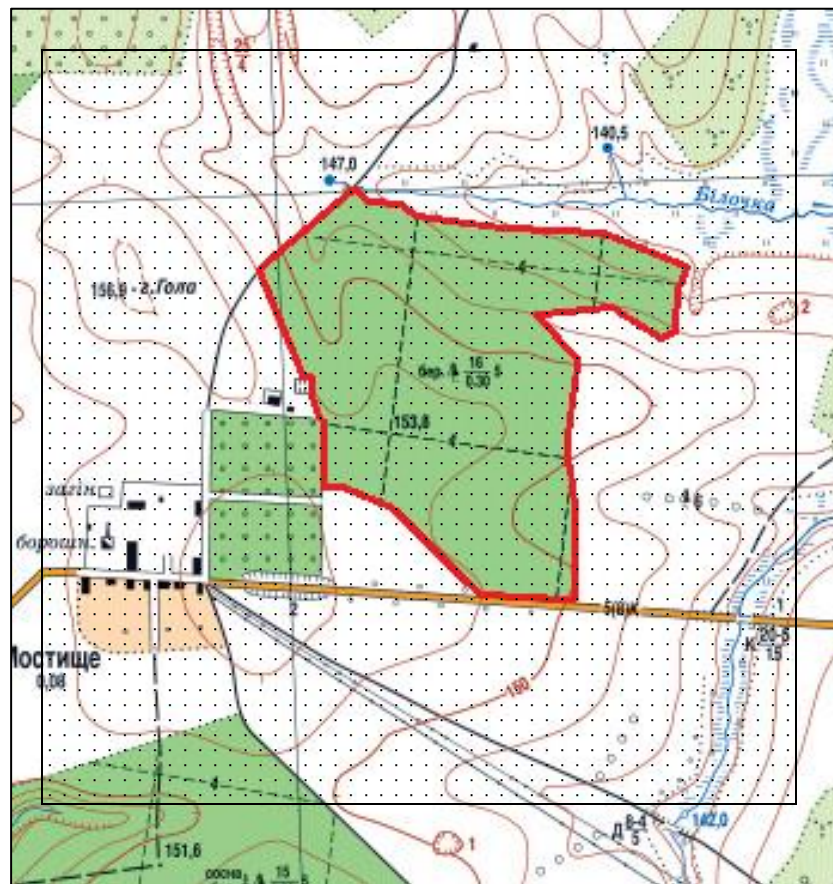
### Варіант 5



Земельна ділянка на карті масштабу 1:10 000 для визначення площі квадратною (сітковою) палеткою (сторона квадрата палетки дорівнює 2 мм)

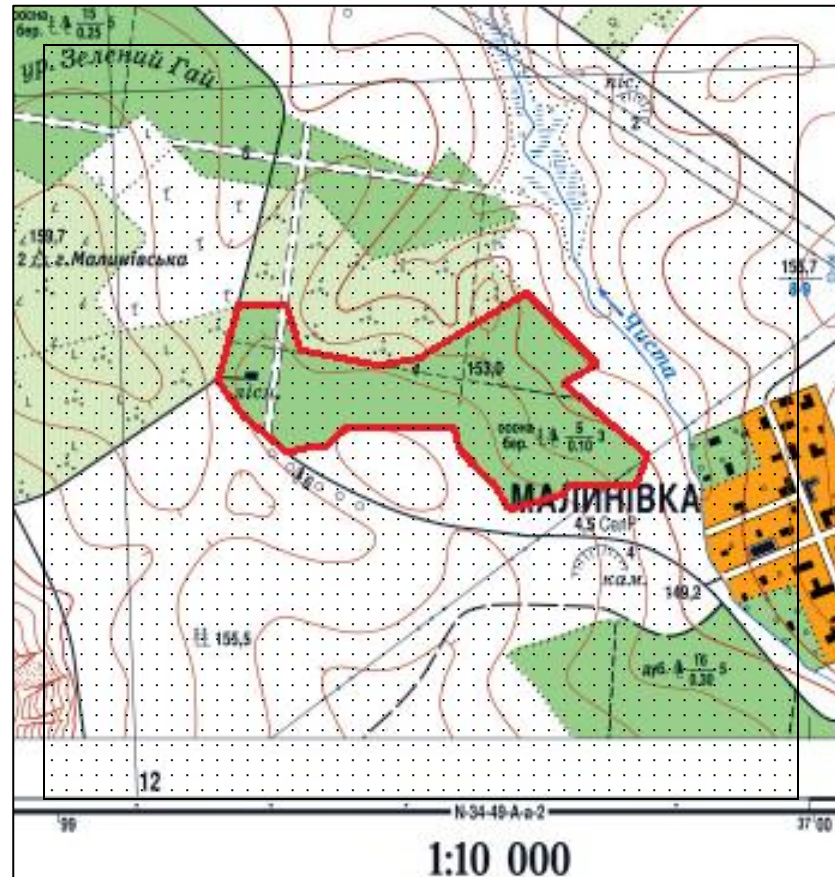
### *А.3 Вихідні дані до визначення площ по карті графічним способом крапковою палеткою*

#### Варіант 1



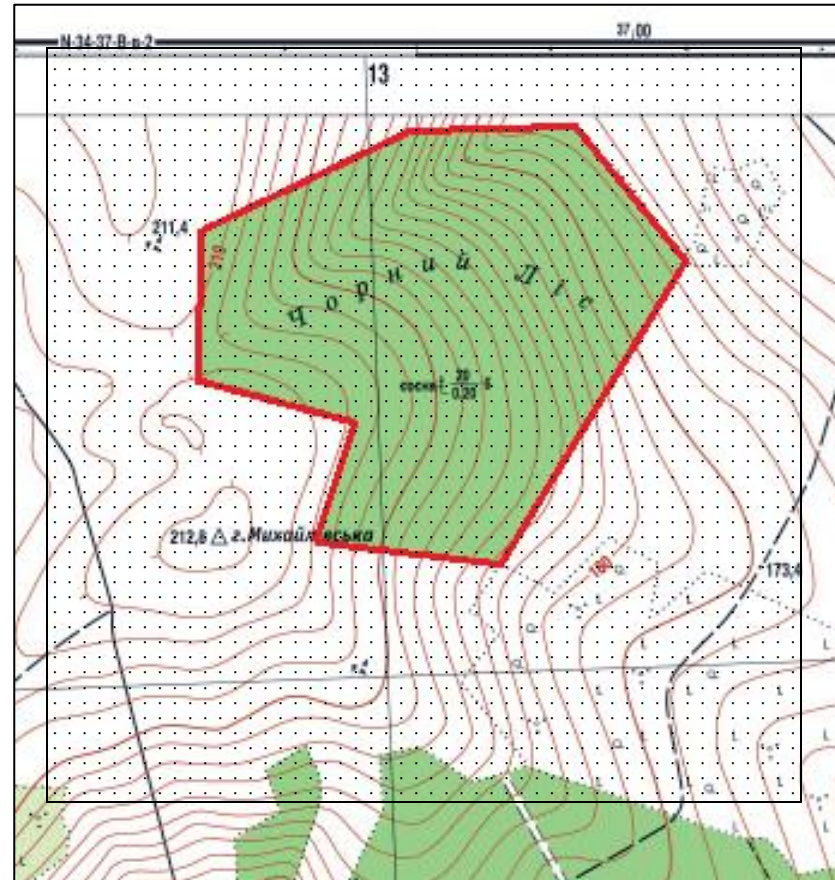
Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі крапковою палеткою (вага крапки палетки с дорівнює 4 мм<sup>2</sup> або 400 м<sup>2</sup> в масштабі карти)

## Варіант 2



Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі крапковою палеткою (вага крапки палетки с дорівнює 4 мм<sup>2</sup> або 400 м<sup>2</sup> в масштабі карти)

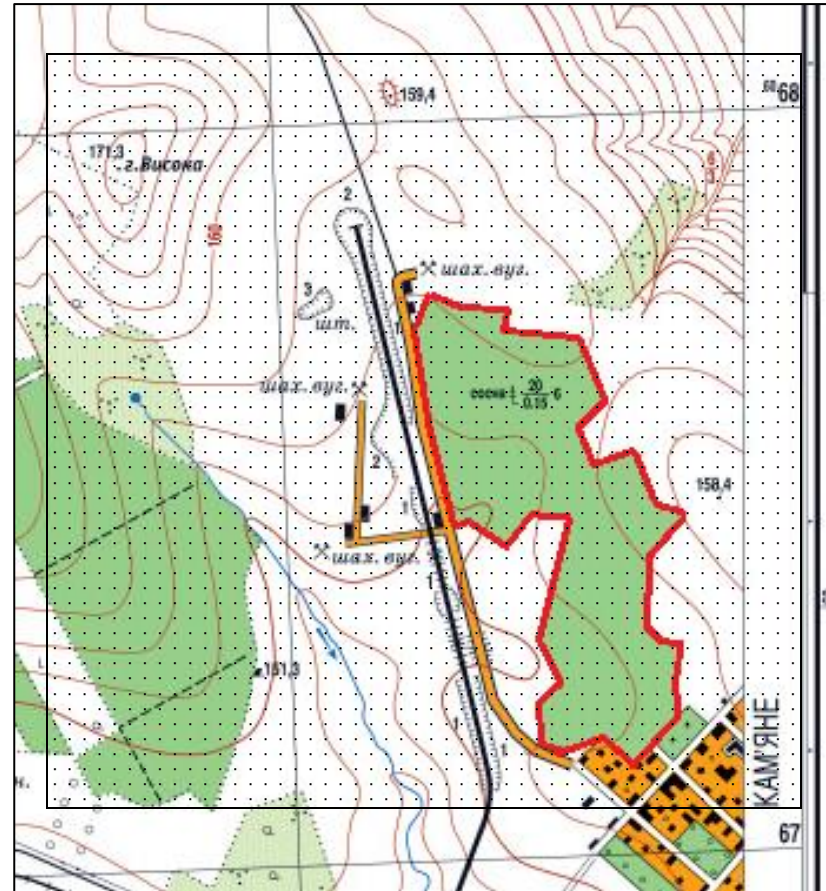
### Варіант 3



Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі крапковою палеткою (вага крапки палетки  $s$  дорівнює  $4 \text{ мм}^2$  або  $400 \text{ м}^2$  в масштабі карти)

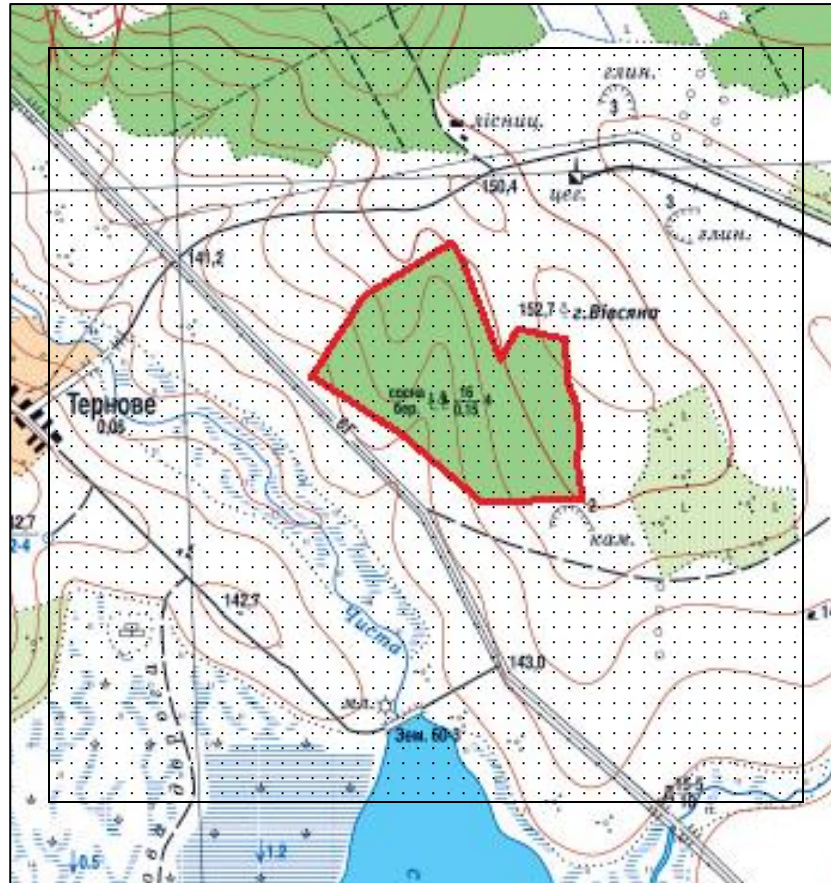


### Варіант 4



Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі крапковою палеткою (вага крапки палетки с дорівнює 4 мм<sup>2</sup> або 400 м<sup>2</sup> в масштабі карти)

## Варіант 5



Земельна ділянка на топографічній карті масштабу 1:10 000 для визначення площі крапковою палеткою (вага крапки палетки с дорівнює 4 мм<sup>2</sup> або 400 м<sup>2</sup> в масштабі карти)

**Додаток Б**  
**Вихідні дані до виконання лабораторних робіт № 2 та № 3**

Міністерство освіти і науки України  
Одеський державний екологічний університет

**ЖУРНАЛ**  
**тахеометричної зйомки**  
**ділянки місцевості**

Розпочато: 26.04.20 р.

Закінчено: 27.04.20 р.

Теодоліт: 2Т30Ц, зав. № 11654.

Мірна стрічка (рулетка): ЛЗ-20, зав. № 0012.

**Обробку виконав:**

студ. групи \_\_\_\_\_  
(група)

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по-батькові)

Одеса – 20\_\_

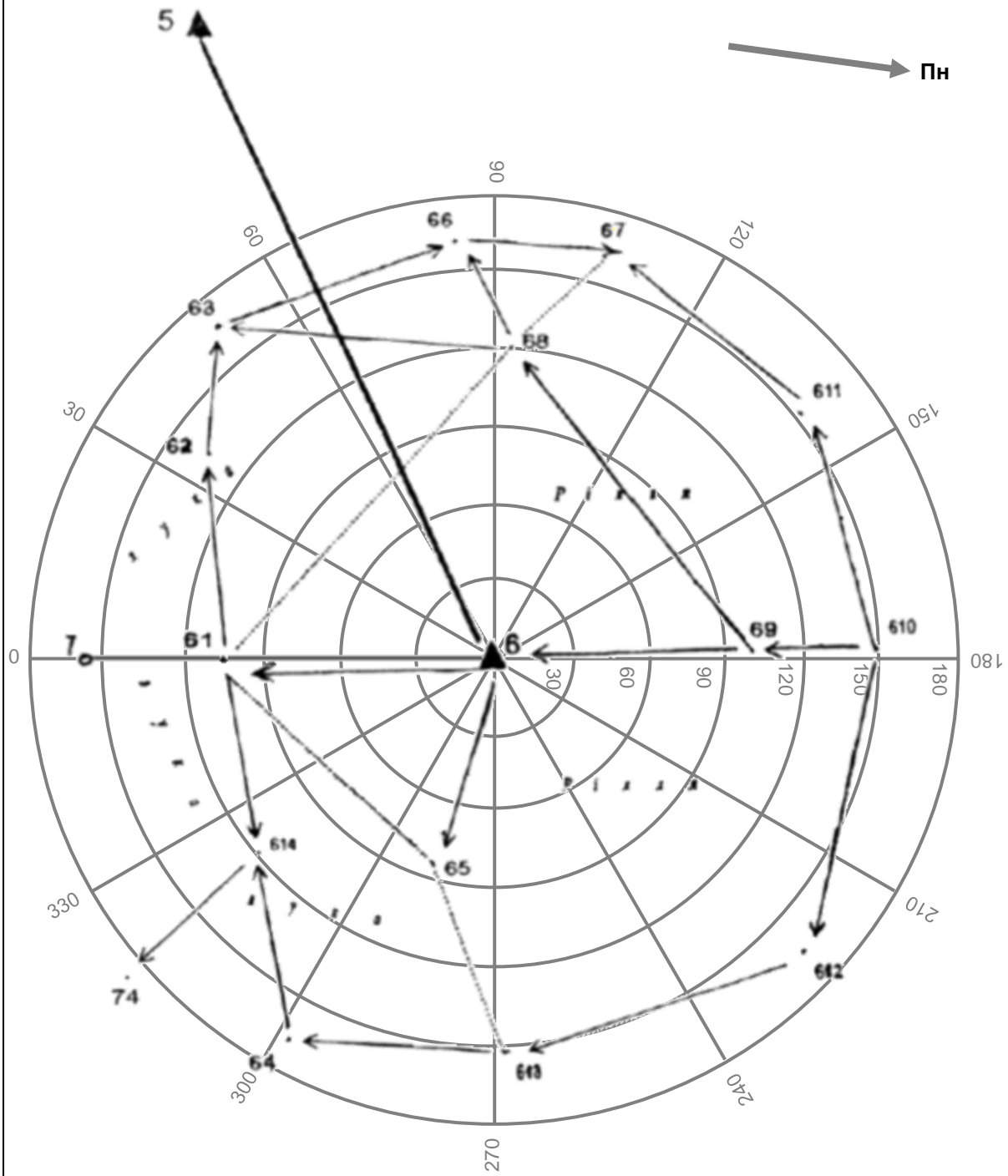
Примітка: **однаковий для всіх варіантів.**

Дата: 26.04.20 р. Теодоліт: 2Т30П, зав. № 11654. Погода: ясно. Вітер: слабкий.  
 Спостерігач: Т. В. Гращенкова. Зображення: чітке. Записав і обчислив: \_\_\_\_\_.

(П. І. Б. студ.)

Номера станцій та пікетів	Відліки			Кут нахилу, $v, \text{ }^\circ \text{ '}$ , $v = MO - КП$ або $v = KL - MO$	Горизонтальне прокладення, $d = K \cdot n \cdot \cos^2 v, \text{ м}$	Перевищення $h = d \cdot \operatorname{tg} v + i - l, \text{ м}$	Висота, $H = H_{cm} + h, \text{ м}$	Примітка
	з рейки, $n, \text{ см}$	з горизонтального круга, $^\circ \text{ '}$	з вертикального круга, $^\circ \text{ '}$					
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Назва станції: 6. Коефіцієнт віддалеміра: $K = 100$ . Висота приладу: $i = 1,43 \text{ м}$ . Орієнтовано на станцію: 7. Місце нуля: $MO = +0^\circ 02'$ . Висота станції: $H_{cm} = 90,04 \text{ м}$ .								
КП								
5	–	254°16'	–	–	–	–	–	
7	158	188°13'	+0°53'	-0°51'	158,0	-2,34	87,70	
Величина горизонтального кута, $\beta$		66°03'						
КЛ								
5	–	66°04'	–	–	–	–	–	
7	158	0°00'	-0°49'	-0°51'	158,0	-2,34	87,70	$l = i$
Величина горизонтального кута, $\beta$		66°04'						
Середнє значення горизонтального кута, $\beta_{сеп}$		66°03,5'						
КЛ								
61	103	0°00'	-1°28'	-1°30'	102,9	-2,69	87,35	
62	124	35°20'	-1°45'	-1°47'	123,9	-3,86	86,18	
63	171	52°40'	-2°14'					
64	176	304°30'	-1°53'					
65	77	287°30'	-1°17'					
66	148	87°40'	-2°12'					
67	158	113°20'	-1°00'					$l = 3,0 \text{ м}$
68	87	94°05'	-1°12'					
69	91	180°30'	+1°54'					
610	144	180°35'	+2°16'					
611	142	144°40'	+0°15'					
612	152	227°05'	+0°06'					
613	154	269°00'	-1°38'					
614	119	327°30'	-1°53'					
7		0°01'						

АБРИС  
на станції 6



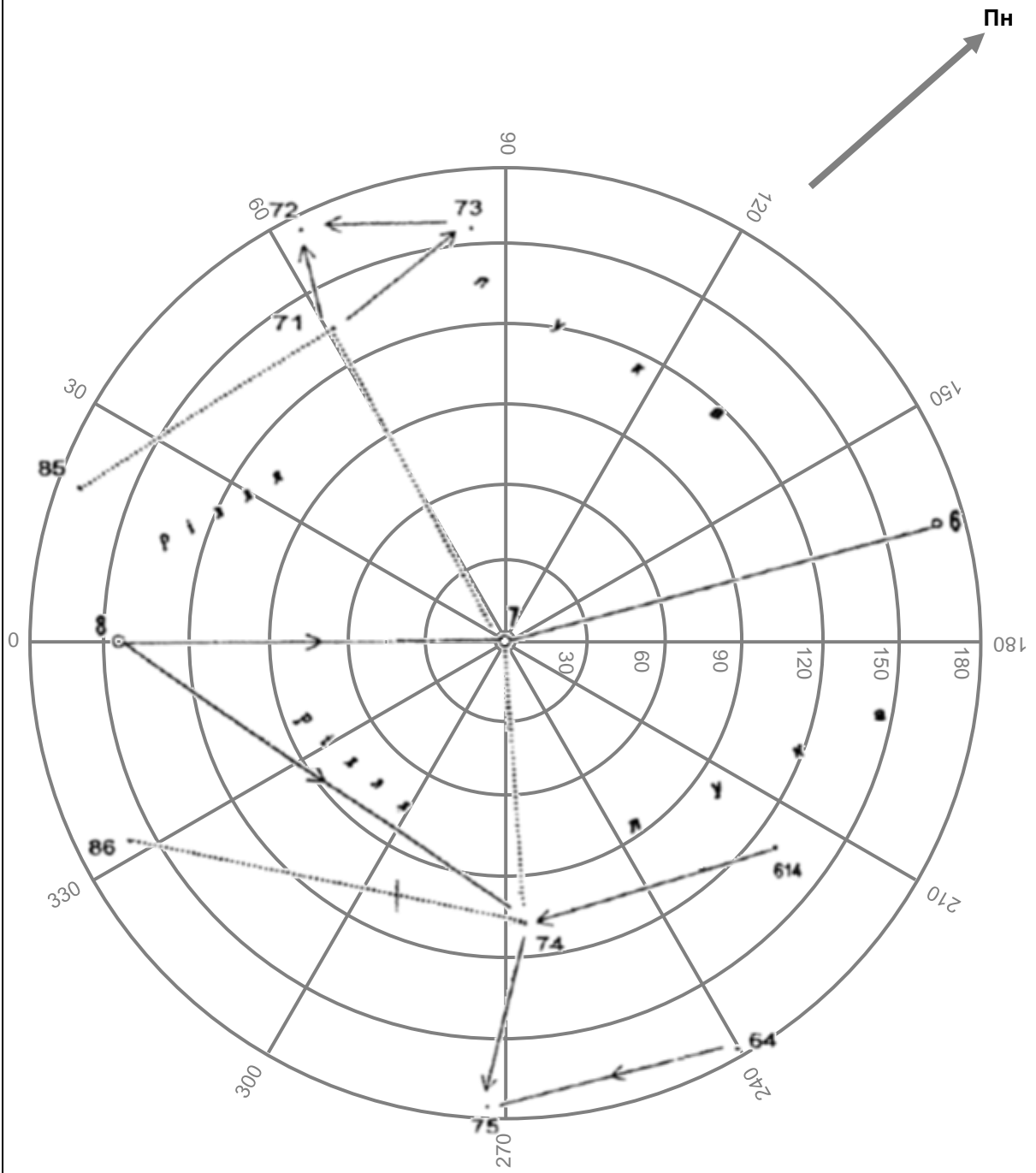
3

Дата: 26.04.20\_\_ р. Теодоліт: 2Т30П, зав. № 11654. Погода: ясно. Вітер: слабкий.  
 Спостерігач: Т. В. Гращенко. Зображення: чітке. Записав і обчислив: \_\_\_\_\_.

(П. І. Б. студ.)

Номера станцій та пікетів	Відліки			Кут нахилу, $\nu, \text{ }^\circ \text{ '}$ , $\nu = M0 - K\Pi$ або $\nu = K\Pi - M0$	Горизонтальне прокладення, $d = K \cdot n \cdot \cos^2 \nu, \text{ м}$	Перевищення $h = d \cdot \text{tg } \nu + i - l, \text{ м}$	Висота, $H = H_{cm} + h, \text{ м}$	Примітка
	з рейки, $n, \text{ см}$	з горизонтального круга, $^\circ \text{ '}$	з вертикального круга, $^\circ \text{ '}$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Назва станції: 7. Коефіцієнт віддалеміра: $K = 100$ . Висота приладу: $i = 1,45 \text{ м}$ . Орієнтовано на станцію: 8. Місце нуля: $M0 = +0^\circ 02'$ . Висота станції: $H_{cm} = \underline{\hspace{2cm}}$ м.								
КП								
6	158	241°28'	-0°52'					
8	146	75°39'	-1°19'					
Величина горизонтального кута, $\beta$								
КЛ								
6	158	165°50'	+0°54'					
8	146	0°00'	+1°21'					$l = i$
Величина горизонтального кута, $\beta$								
Середнє значення горизонтального кута, $\beta_{сер}$								
КЛ								
71	132	62°40'	-0°32'					
72	174	66°50'	-0°51'					$l = 3,0 \text{ м}$
73	148	85°40'	-1°38'					
74	99	267°10'	-1°49'					
75	163	275°15'	-1°38'					
8		0°01'						

АБРИС  
на станції 7



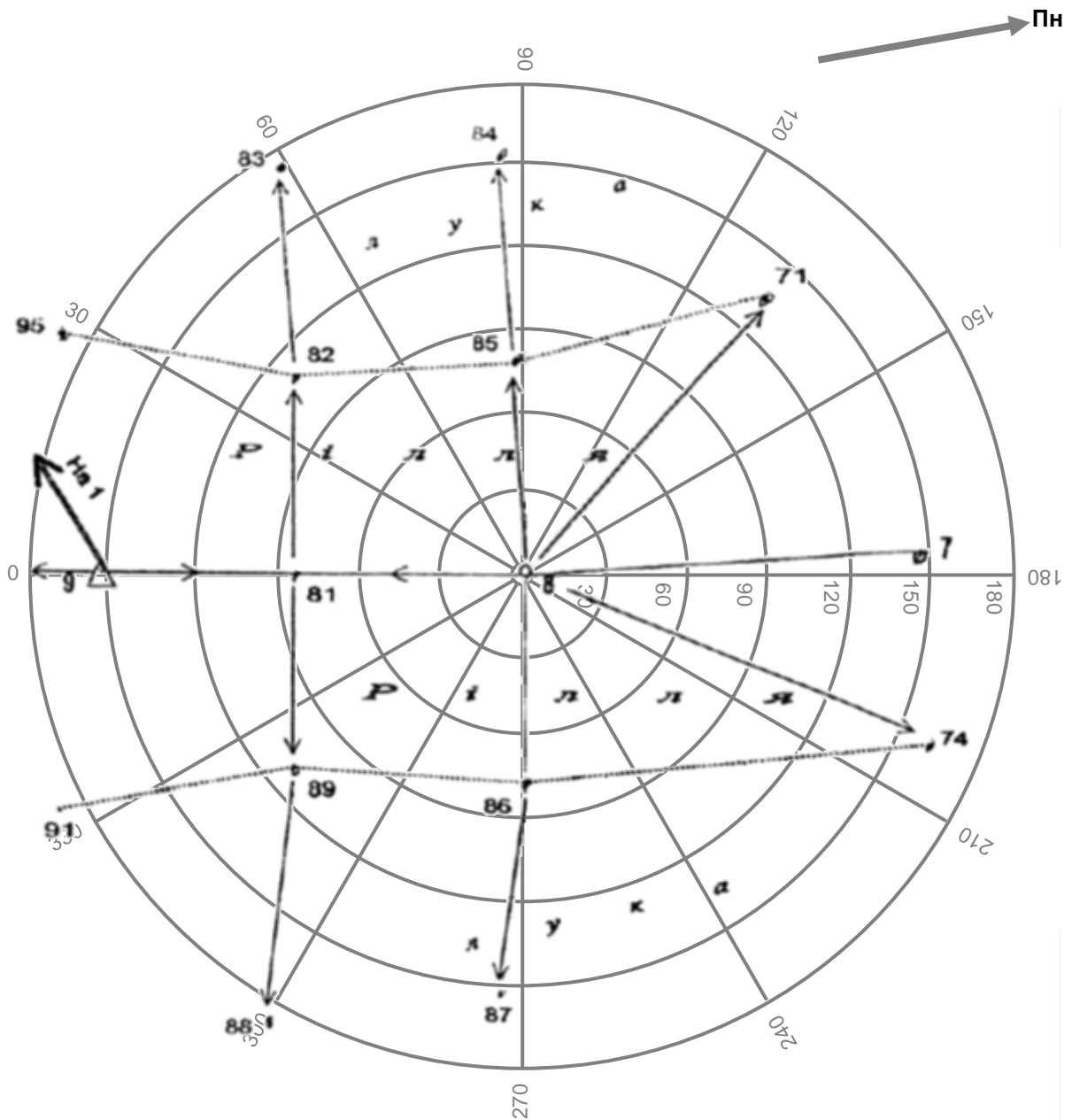
Дата: 27.04.20\_\_ р. Теодоліт: 2Т30П, зав. № 11654. Погода: ясно. Вітер: слабкий.  
 Спостерігач: Т. В. Гращенко. Зображення: чітке. Записав і обчислив: \_\_\_\_\_.

(П. І. Б. студ.)

Номера станцій та пікетів	Відліки			Кут нахилу, $v, \text{ }^\circ \text{ '}$ , $v = M0 - KП$ або $v = KЛ - M0$	Горизонтальне прокладення, $d = K \cdot n \cdot \cos^2 v, \text{ м}$	Перевищення $h = d \cdot \text{tg } v + i - l, \text{ м}$	Висота, $H = H_{cm} + h, \text{ м}$	Примітка
	з рейки, $n, \text{ см}$	з горизонтального круга, $^\circ \text{ '}$	з вертикального круга, $^\circ \text{ '}$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Назва станції: 8. Коефіцієнт віддалеміра: $K = 100$ . Висота приладу: $i = 1,40 \text{ м}$ . Орієнтовано на станцію: 9. Місце нуля: $M0 = +0^\circ 02'$ . Висота станції: $H_{cm} = \underline{\hspace{2cm}}$ м.								
КП								
7	146	349°52'	+1°20'					
9	155	171°43'	+0°11'					
Величина горизонтального кута, $\beta$								
КЛ								
7	146	178°09'	-1°22'					
9	155	0°00'	-0°13'					$l = i$
Величина горизонтального кута, $\beta$								
Середнє значення горизонтального кута, $\beta_{сер}$								
КЛ								
81	75	0°00'	-2°07'					
82	116	41°20'	-2°29'					
83	174	57°50'	-2°22'					
84	151	85°40'	-2°30'					
85	77	85°30'	-3°03'					
86	75	272°10'	-3°03'					
87	154	273°40'	-2°45'					
88	188	304°05'	-2°55'					$l = 3,0 \text{ м}$
89	121	319°40'	-2°25'					
9		0°01'						



АБРИС  
на станції 8

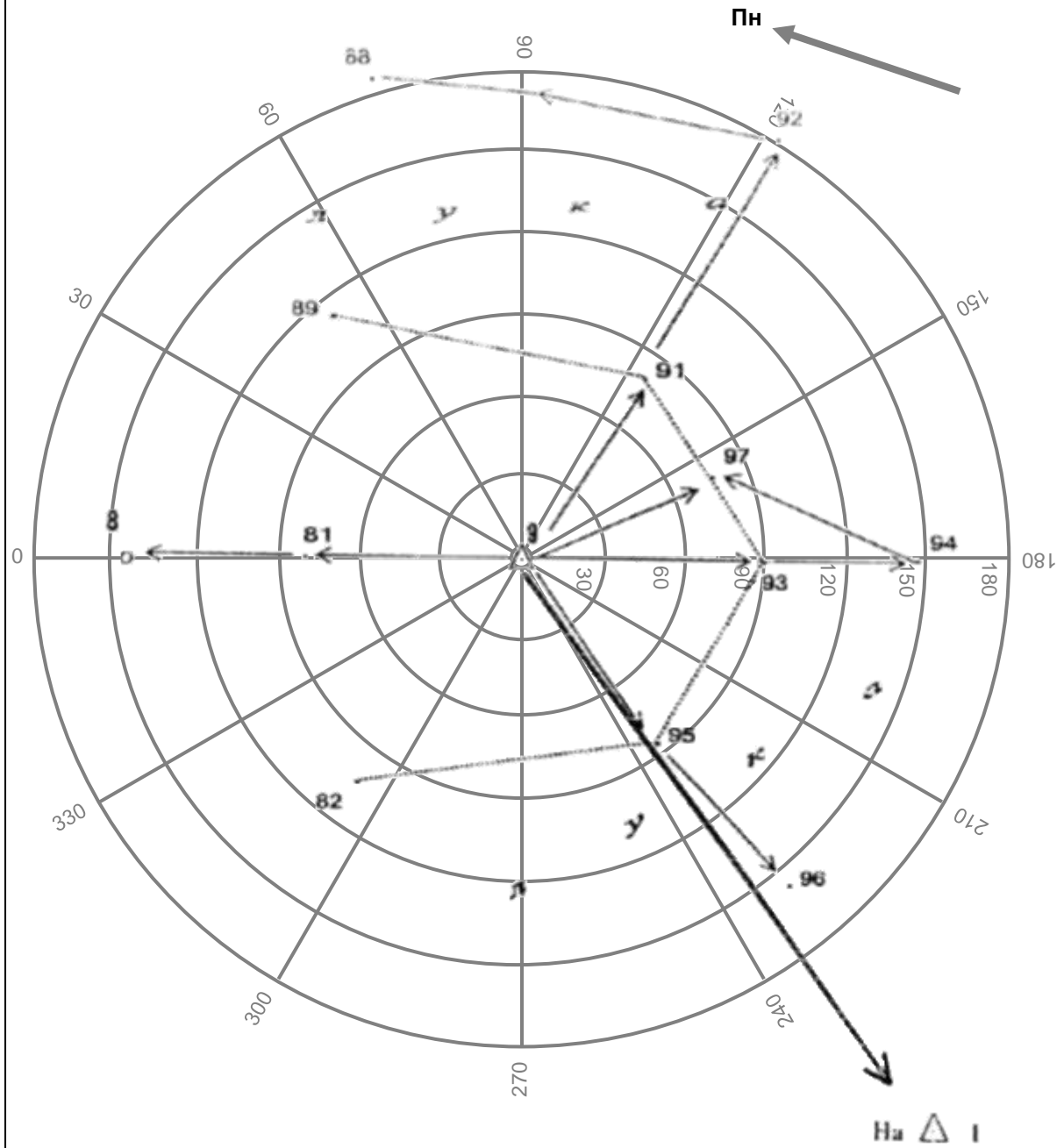


Дата: 27.04.20\_\_ р. Теодоліт: 2Т30П, зав. № 11654. Погода: ясно. Вітер: слабкий.  
 Спостерігач: Т. В. Гращенко. Зображення: чітке. Записав і обчислив: \_\_\_\_\_.

(П. І. Б. студ.)

Номера станцій та пікетів	Відліки			Кут нахилу, $\nu, \text{ }^\circ \text{ '}$ , $\nu = M0 - K\Pi$ або $\nu = K\Pi - M0$	Горизонтальне прокладення, $d = K \cdot n \cdot \cos^2 \nu, \text{ м}$	Перевищення $h = d \cdot \text{tg } \nu + i - l, \text{ м}$	Висота, $H = H_{cm} + h, \text{ м}$	Примітка
	з рейки, $n, \text{ см}$	з горизонтального круга, $^\circ \text{ '}$	з вертикального круга, $^\circ \text{ '}$					
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Назва станції: 9. Коефіцієнт віддалеміра: $K = 100$ . Висота приладу: $i = 1,50 \text{ м}$ . Орієнтовано на станцію: 8. Місце нуля: $M0 = +0^\circ 02'$ . Висота станції: $H_{cm} = \underline{\hspace{2cm}}$ м.								
КП								
8	156	195°51'	-0°08'					
1	—	69°23'	—	—	—	—	—	
Величина горизонтального кута, $\beta$								
КЛ								
8	155	0°00'	+0°12'					$l = i$
1	—	233°32'	—	—	—	—	—	
Величина горизонтального кута, $\beta$								
Середнє значення горизонтального кута, $\beta_{сер}$								
КЛ								
91	76	123°10'	-2°44'					
92	148	123°20'	-2°34'					
93	96	183°00'	-1°54'					
94	158	183°10'	-1°39'					
95	87	233°40'	-2°54'					
96	155	233°30'	-2°29'					
97	170	154°50'	-1°38'					$l = 3,0 \text{ м}$
8		0°01'						

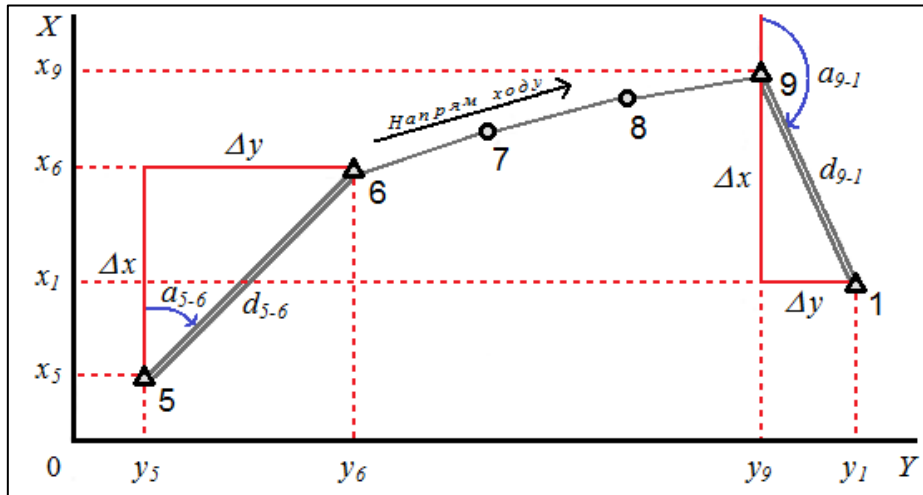
АБРИС  
на станції 9



**РОЗВ'ЯЗАННЯ**  
**обернених геодезичних задач для тахеометричного ходу**  
**(приклад)**

Вихідні дані:  $x_5 = -250,00$  м,  $y_5 = -2000,00$  м,  $x_6 = -118,12$  м,  $y_6 = -1792,19$  м,  
 $x_9 = -574,08$  м,  $y_9 = -1803,95$  м,  $x_1 = -731,39$  м,  $y_1 = -2089,11$  м.

Розрахункова схема:



Знайти:  $a_{5-6}$ ,  $d_{5-6}$ ,  $a_{9-1}$ ,  $d_{9-1}$ .

Розрахункові формули:

$$\operatorname{tg} a_{\text{поч.-кінц.}} = (y_{\text{кінц.}} - y_{\text{поч.}}) / (x_{\text{кінц.}} - x_{\text{поч.}}) = \Delta y / \Delta x;$$

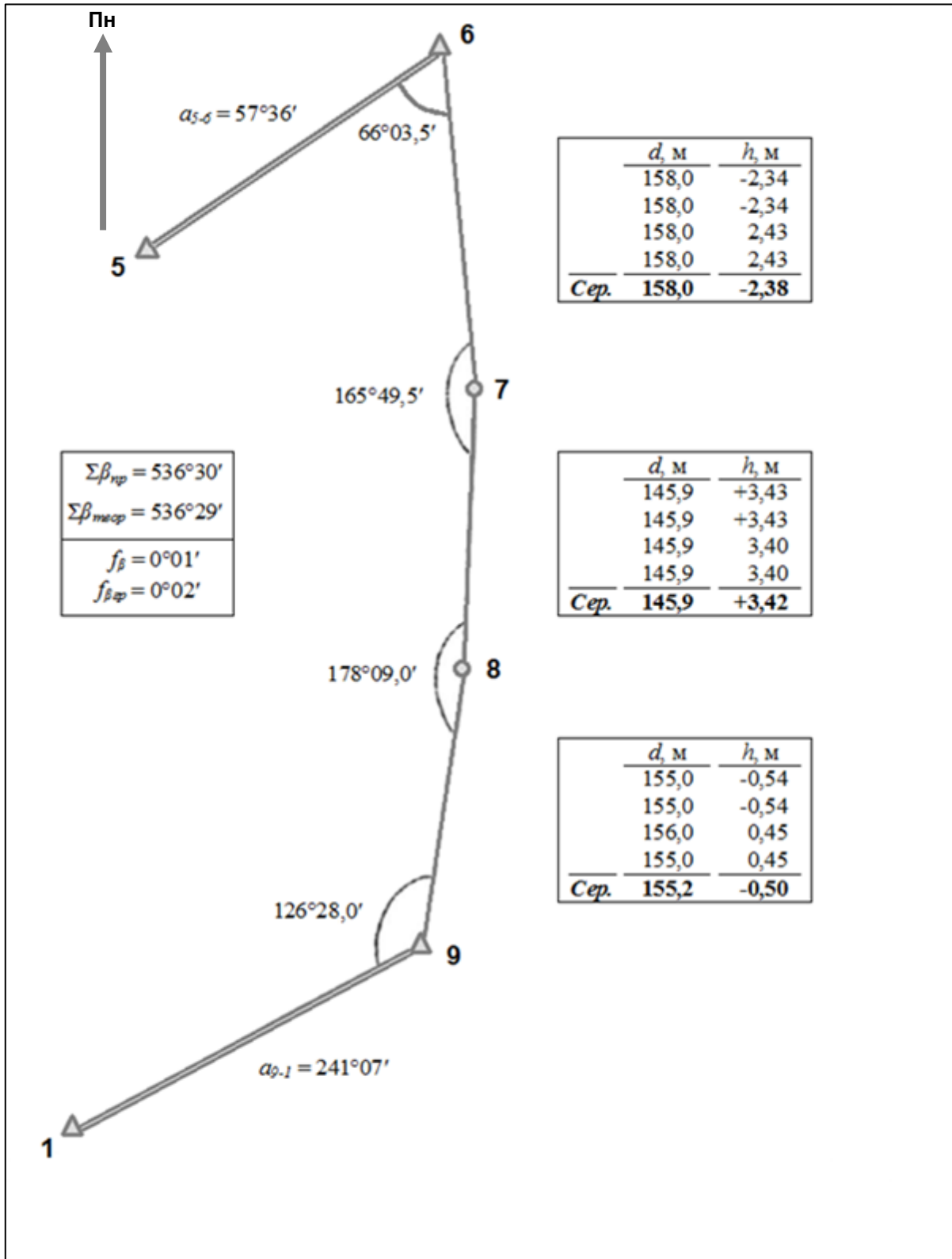
$$d_{\text{поч.-кінц.}} = \Delta y / \sin a_{\text{поч.-кінц.}} = \Delta x / \cos a_{\text{поч.-кінц.}}$$

Результати розрахунків:

Послідовність дій	Лінія 5-6			
	Елементи формул	Результати обчислень	Елементи формул	Результати обчислень
1	$y_6$	-1792,19	$x_6$	-118,12
2	$y_5$	-2000,00	$x_5$	-250,00
3	$\Delta y$	+207,81	$\Delta x$	+131,88
4	$\operatorname{tg} a_{5-6}$	1,575751	$a_{5-6}$	57°36'
5	$\sin a_{5-6}$	0,844328	$\cos a_{5-6}$	0,535827
6	$d_{5-6}$	246,12	$d_{5-6}$	246,12

Послідовність дій	Лінія 9-1			
	Елементи формул	Результати обчислень	Елементи формул	Результати обчислень
1	$y_1$	-2089,11	$x_1$	-731,39
2	$y_9$	-1803,95	$x_9$	-574,08
3	$\Delta y$	-285,16	$\Delta x$	-157,31
4	$\operatorname{tg} a_{9-1}$	1,812726	$a_{9-1}$	241°07'
5	$\sin a_{9-1}$	0,875605	$\cos a_{9-1}$	0,483028
6	$d_{9-1}$	325,67	$d_{9-1}$	325,67

**СХЕМА**  
тахеометричного ходу  
(приклад)



**ВІДОМІСТЬ**  
**обчислення координат станцій тахеометричного ходу**  
**(приклад)**

Номера вершин (станцій) ходу	Кути, ° '		Дирекційні кути ліній ходу, $\alpha_j, \text{ }^\circ \text{ '}$	Довжини ліній (горизонтальні прокладення), $d_j, \text{ м}$	Прирости координат, м				Координати, м	
	виміряні (прямі), $\beta_{i, np}$	виправлені, $\beta_{i, випр}$			обчисленні		виправлені			
					$\Delta X_{j, обч}$	$\Delta Y_{j, обч}$	$\Delta X_{j, випр}$	$\Delta Y_{j, випр}$	$X_i$	$Y_i$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>5</b>			<b>57°36'</b>							
<b>6</b>	$-0,5'$ 66°03,5'	66°03,0'							<b>-118,1</b>	<b>-1792,2</b>
			171°33'	158,0	$-0,2$ -156,3	$+0,1$ +23,2	-156,5	+23,3		
<b>7</b>	$-0,5'$ 165°49,5'	165°49,0'							-274,6	-1768,9
			185°44'	145,9	$-0,2$ -145,2	-14,6	-145,4	-14,6		
<b>8</b>	178°09,0'	178°09,0'							-420,0	-1783,5
			187°35'	155,2	$-0,2$ -153,9	-20,5	-154,1	-20,5		
<b>9</b>	126°28,0'	126°28,0'							<b>-574,1</b>	<b>-1804,0</b>
			<b>241°07'</b>							
<b>1</b>										
Сума	<b>536°30,0'</b>	<b>536°29,0'</b>	<b>536°29,0'</b>	<b>460,1</b>	<b>-455,4</b>	<b>-11,9</b>	<b>-456,0</b>	<b>-11,8</b>	<b>-456,0</b>	<b>-11,8</b>
	$f_\beta = 0^\circ 01,0'$	$f_{\beta_{зр}} = 0^\circ 02,0'$	$f_x = +0,6 \text{ м}$	$f_y = -0,1 \text{ м}$	$f_{P_{abc}} = 0,61 \text{ м}$	$f_{P_{відн}} = 1/769$				

**Послідовність обробки відомості обчислення координат станцій (вершин)  
тахеометричного ходу**

1. У графі **1** вказують номери станцій (вершин) ходу – **5, 6, 7, 8, 9, 1**, а у графі **5** – виміряні довжини ліній (горизонтальні прокладення)  $d_j$  (в метрах).

2. У графі **2** записують виміряні (прямі) горизонтальні кути  $\beta_{np}$ , а у графі **4** – виміряні дирекційні кути  $\alpha$  сторін (ліній) **5-6** ( $\alpha_{5-6} = 57^\circ 36'$ ) та **9-1** ( $\alpha_{9-1} = 241^\circ 07'$ ).

3. Обчислюють і записують в передостанній строчці відомості суму виміряних (прямих) кутів ходу  $\Sigma\beta_{i, np}$  (в графі **2**) та теоретичну суму кутів ходу  $\Sigma\beta_{i, теор}$  (в графі **4**):

$$\Sigma\beta_{i, np} = 66^\circ 03,5' + 165^\circ 49,5' + 178^\circ 09,0' + 126^\circ 28,0' = 536^\circ 30,0'$$

та

$$\Sigma\beta_{i, теор} = \alpha_{5-6} - \alpha_{9-1} + 180^\circ \cdot n = 57^\circ 36' - 241^\circ 07' + 180^\circ \cdot 4 = 536^\circ 29,0',$$

де  $n$  – кількість виміряних кутів ходу ( $n = 4$ ).

4. Обчислюють і записують в останній строчці відомості нев'язку виміряних (прямих) кутів ходу  $f_\beta$ :

$$f_\beta = \Sigma\beta_{i, np} - \Sigma\beta_{i, теор} = 536^\circ 30,0' - 536^\circ 29,0' = 0^\circ 01,0'.$$

5. Обчислюють і записують в останній строчці відомості граничну кутову нев'язку ходу  $f_{\beta \text{ зр}}$ :

$$f_{\beta \text{ зр}} = 1' \cdot n^{0,5} = 1' \cdot 4^{0,5} = 0^{\circ}02,0'.$$

6. Якщо нев'язка виміряних кутів  $f_{\beta}$  не перевищує граничної кутової нев'язки ходу  $f_{\beta \text{ зр}}$ , тобто  $f_{\beta} \leq f_{\beta \text{ зр}}$  (у прикладі:  $0^{\circ}01,0' < 0^{\circ}02,0'$ ), то її розподіляють (додають) із зворотним знаком в кути ходу, використовуючи кутові поправки  $\nu_{\beta j}$ , які записують у відомість над значеннями виміряних (прямих) кутів *червоним* кольором (див. графу 2). Кутові поправки  $\nu_{\beta j}$  визначають (з точністю до 0,5') для всіх кутів ходу за формулою:

$$\nu_{\beta j} = -f_{\beta} / n = -1,0' / 4 = -0,25'.$$

Якщо величина кутових поправок менше  $|0,5'|$ , то, як правило, їх розподіляють в ті кути, які визначені з точністю 0,5'. З цієї причини у наведеному вище прикладі кутові поправки  $\nu_{\beta j} = -0,5'$  внесені лише в кути, які були визначені на станціях 6 та 7 (див. графу 2), а в кути, які були визначені на станціях 8 та 9, кутові поправки не вносилися.

Обов'язково здійснюють контроль правильності розподілу поправок  $\nu_{\beta j}$  у кути ходу ( $\Sigma \nu_{\beta j} = -f_{\beta} = -1,0'$ ).

7. Обчислюють і записують у відомість виправлені кути ходу  $\beta_{\text{випр}}$  (див. графу 3):

$$\beta_{\text{випр}} = \beta_{i \text{ пр}} + \nu_{\beta j}.$$

Обов'язково виконують контроль правильності обчислення суми виправлених кутів ходу ( $\Sigma \beta_{i \text{ випр}} = \Sigma \beta_{i \text{ теор}} = 536^{\circ}29,0'$ ), а результат записують в передостанню строчку відомості (графа 3).

8. Обчислюють і записують у відомість дирекційні кути сторін (ліній) ходу  $\alpha_j$  (див. графу 4):

$$\alpha_{j+1} = \alpha_j + 180^{\circ} - \beta_{i+1 \text{ випр}},$$

де  $\beta_{i+1 \text{ випр}}$  – виправлене значення кута між  $j$ -ю та  $(j+1)$ -ю сторонами.

Контролем правильності обчислення дирекційних кутів сторін (ліній) ходу  $\alpha_j$  є повторне отримання дирекційного кута сторони 9-1 ( $\alpha_{9-1} = 241^{\circ}07'$ ).

9. Обчислюють (з точністю до 0,1 м) і записують у відомість прирости координат станцій (вершин) ходу  $\Delta X_{j \text{ обч}}$  (див. графу 6) та  $\Delta Y_{j \text{ обч}}$  (див. графу 7):

$$\Delta X_{j \text{ обч}} = d_j \cdot \cos \alpha_j$$

та

$$\Delta Y_{j \text{ обч}} = d_j \cdot \sin \alpha_j,$$

де  $d_j$  – виміряні довжини сторін (ліній) ходу (горизонтальні прокладення), м;

$\alpha_j$  – значення дирекційних кутів,  $^{\circ}$  (хвилини переводять в частки градуса).

10. Обчислюють і записують в передостанній строчці відомості суми обчислених приростів координат  $\Sigma \Delta X_{j \text{ обч}}$  (графа 6) та  $\Sigma \Delta Y_{j \text{ обч}}$  (графа 7) і суми теоретичних приростів координат  $\Sigma \Delta X_{j \text{ теор}}$  (графа 10) та  $\Sigma \Delta Y_{j \text{ теор}}$  (графа 11) станцій (вершин) ходу:

$$\Sigma \Delta X_{j \text{ обч}} = -156,3 + (-145,2) + (-153,9) = -455,4 \text{ м},$$

$$\Sigma \Delta Y_{j \text{ обч}} = +23,2 + (-14,6) + (-20,5) = -11,9 \text{ м},$$

$$\Sigma \Delta X_{j \text{ теор}} = X_{\text{кін}} - X_{\text{поч}} = X_9 - X_6 = -574,1 - (-118,1) = -456,0 \text{ м},$$

$$\Sigma \Delta Y_{j \text{ теор}} = Y_{\text{кін}} - Y_{\text{поч}} = Y_9 - Y_6 = -1804,0 - (-1792,2) = -11,8 \text{ м}.$$

11. Обчислюють і записують в останній строчці відомості лінійні нев'язки ходу  $f_x$  (внизу графі 6) та  $f_y$  (внизу графі 7) за осями координат  $X$  та  $Y$  відповідно:

$$f_x = \Sigma \Delta X_j \text{ обч} - \Sigma \Delta X_j \text{ теор} = -455,4 - (-456,0) = +0,6 \text{ м}$$

та

$$f_y = \Sigma \Delta Y_j \text{ обч} - \Sigma \Delta Y_j \text{ теор} = -11,9 - (-11,8) = -0,1 \text{ м.}$$

12. Обчислюють і записують в останній строчці відомості абсолютну лінійну нев'язку ходу  $f_{P \text{ абс}}$ :

$$f_{P \text{ абс}} = (f_x^2 + f_y^2)^{0,5} = (+0,6^2 + (-0,1)^2)^{0,5} = 0,61 \text{ м.}$$

13. Обчислюють і записують в останній строчці відомості відносну нев'язку ходу  $f_{P \text{ відн}}$ :

$$f_{P \text{ відн}} = f_{P \text{ абс}} / P = 0,61 / 460,1 = 0,0013 = 1/769,$$

де  $P$  – довжина (периметр) ходу, м ( $P = \Sigma d_j = 158,0 + 145,9 + 155,2 = 460,1$  м).

14. Якщо відносна нев'язка ходу  $f_{P \text{ відн}}$  не перевищує її граничного значення  $f_{P \text{ зр}}$  (при вимірюванні довжин ліній ходу нитковим віддалеміром  $f_{P \text{ зр}} = 1/350 = 0,0028$ ), тобто  $f_{P \text{ відн}} \leq f_{P \text{ зр}}$  (у прикладі:  $0,0013 < 0,0028$ ), то лінійні нев'язки  $f_x$  та  $f_y$  розподіляють, відповідно, по осях  $X$  та  $Y$  в усі прирости координат ходу, шляхом обчислення (з точністю до 0,1 м) та введення поправок  $v_{\Delta X_j}$  (числа *червоного* кольору в графі 6) та  $v_{\Delta Y_j}$  (числа *червоного* кольору в графі 7), величини яких пропорційні довжинам сторін (ліній) ходу  $d_j$ , а знак – зворотній до знаку відповідних нев'язок  $f_x$  та  $f_y$ , які визначаються за формулами:

$$v_{\Delta X_j} = -d_j \cdot f_x / P \quad \text{та} \quad v_{\Delta Y_j} = -d_j \cdot f_y / P.$$

Якщо величина поправок менше 0,1 м, то, як правило, їх вводять в ті прирости координат ходу, довжини ліній яких є найбільшими. З цієї причини у наведеному вище прикладі поправка  $v_{\Delta Y_j} = +0,1$  м (див. графу 7) внесена лише в прирости координат ходу  $\Delta Y_j \text{ обч}$  між станціями 6 та 7, а в прирости координат ходу між станціями 7 та 8 і між станціями 8 та 9 поправки не вносилися.

15. Обчислюють і записують у відомість виправленні прирости координат  $\Delta X_j \text{ випр}$  (див. графу 8) та  $\Delta Y_j \text{ випр}$  (див. графу 9):

$$\Delta X_j \text{ випр} = \Delta X_j \text{ обч} + v_{\Delta X_j} \quad \text{та} \quad \Delta Y_j \text{ випр} = \Delta Y_j \text{ обч} + v_{\Delta Y_j}.$$

Для контролю правильності визначення виправлених приростів координат станцій (вершин) ходу обчислюють і записують в передостанній строчці відомості їх суми  $\Sigma \Delta X_j \text{ випр}$  (графа 8) та  $\Sigma \Delta Y_j \text{ випр}$  (графа 9), які мають дорівнювати сумам теоретичних приростів координат станцій (вершин) ходу, записаних в передостанній строчці відомості  $\Sigma \Delta X_j \text{ теор}$  (графа 10) та  $\Sigma \Delta Y_j \text{ теор}$  (графа 11).

16. З використанням  $\Delta X_j \text{ випр}$  та  $\Delta Y_j \text{ випр}$  і вихідних координат початкової станції 6 ( $X_6 = -118,1$  м,  $Y_6 = -1792,2$  м) обчислюють і записують у відомість координати інших станцій (вершин) ходу  $X_i$  (див. графу 10) та  $Y_i$  (див. графу 11):

$$X_i = X_{i-1} + \Delta X_j \text{ випр} \quad \text{та} \quad Y_i = Y_{i-1} + \Delta Y_j \text{ випр},$$

де  $\Delta X_j \text{ випр}$  та  $\Delta Y_j \text{ випр}$  – прирости координат, відповідно, між  $i-1$ -ю та  $i$ -ю станціями ходу;  $X_{i-1}$  та  $Y_{i-1}$  – координати  $i-1$ -ої станції (вершини) ходу.

Контролем правильності обчислення координат станцій (вершин) ходу  $X_i$  та  $Y_i$  є отримання вихідних координат кінцевої станції 9:  $X_9 = -574,1$  м,  $Y_9 = -1804,0$  м.

Отримані у відомості координати станцій тахеометричного ходу використовують для креслення топографічного плану ділянки місцевості.



**ВІДОМІСТЬ**  
**обчислення висот станцій тахеометричного ходу**  
**(приклад)**

Номера станцій	Горизонтальне прокладення сторони ходу (довжина лінії ходу), $d$ , м	Середні перевищення, $h$ , м	Поправки в середні перевищення, $\delta_h$ , м	Виправлені перевищення, $h_{випр}$ , м	Висоти (позначки) станцій, $H$ , м
<b>6</b>					<b>90,04</b>
	158,0	-2,38	<b>+0,02</b>	-2,36	
<b>7</b>					87,68
	145,9	+3,42	<b>+0,01</b>	+3,43	
<b>8</b>					91,11
	155,2	-0,50	<b>+0,02</b>	-0,48	
<b>9</b>					<b>90,63</b>
	$P = 460,1$ м	$\Sigma h = +0,54$ м	$\Sigma \delta_h = +0,05$ м	$\Sigma h_{випр} = +0,59$ м	$\Sigma h_{теор} = +0,59$ м

Гранична нев'язка  $f_{hp}$  тригонометричного нівелювання в тахеометричному ході, при вимірюванні віддалей (довжин ліній) нитковим віддалеміром з відносною похибкою 1:350:

$$f_{hp} = 0,04 \cdot P / (100 \cdot n^{0,5}) = 0,04 \cdot 460,1 / (100 \cdot 3^{0,5}) = +0,10626 \approx +0,11 \text{ м,}$$

де  $P$  – довжина (периметр) ходу, м ( $P = \Sigma d = 158,0 + 145,9 + 155,2 = 460,1$  м);

$n$  – кількість сторін ходу ( $n = 3$ ).

Фактична нев'язка  $f_h$  у середніх перевищеннях  $h$ , визначених при тригонометричному нівелюванні в тахеометричному ході:

$$f_h = \Sigma h - \Sigma h_{теор} = 0,54 - 0,59 = -0,05 \text{ м,}$$

де  $\Sigma h_{теор}$  – теоретична нев'язка ходу, м ( $\Sigma h_{теор} = H_9 - H_6 = \mathbf{90,63} - \mathbf{90,04} = +0,59$  м);

$\Sigma h$  – сума середніх перевищень ходу, м ( $\Sigma h = h_{6-7} + h_{7-8} + h_{8-9} = -2,38 + 3,42 + (-0,50) = +0,54$  м).

Враховуючи, що умова  $|f_h| \leq |f_{hp}|$  виконана, тобто  $|-0,05 \text{ м}| < |+0,11 \text{ м}|$ , з протилежним знаком обчислюються поправки в середні перевищення  $\delta_h$  між станціями ходу:

– між станціями 6 та 7:  $\delta_{h_{6-7}} = -f_h \cdot d_{6-7} / P = -(-0,05) \cdot 158,0 / 460,1 = +0,017 \approx +0,02$  м;

– між станціями 7 та 8:  $\delta_{h_{7-8}} = -f_h \cdot d_{7-8} / P = -(-0,05) \cdot 145,9 / 460,1 = +0,016 \approx +0,01$  м;

– між станціями 8 та 9:  $\delta_{h_{8-9}} = -f_h \cdot d_{8-9} / P = -(-0,05) \cdot 155,2 / 460,1 = +0,017 \approx +0,02$  м.

Контроль правильності обчислення поправок в середні перевищення  $\delta_h$ :

$$\Sigma \delta_h = +0,05 \text{ м} = -f_h = -(-0,05 \text{ м}) = +0,05 \text{ м.}$$

Обчислюються виправлені перевищення  $h_{випр}$ :

– між станціями 6 та 7:  $h_{6-7, випр} = h_{6-7} + \delta_{h_{6-7}} = -2,38 + (+0,02) = -2,36$  м;

– між станціями 7 та 8:  $h_{7-8, випр} = h_{7-8} + \delta_{h_{7-8}} = +3,42 + (+0,01) = +3,43$  м;

– між станціями 8 та 9:  $h_{8-9, випр} = h_{8-9} + \delta_{h_{8-9}} = -0,50 + (+0,02) = -0,48$  м.

Контроль правильності обчислення виправлених середніх перевищень  $h_{випр}$ :

$$\Sigma h_{випр} = h_{6-7, випр} + h_{7-8, випр} + h_{8-9, випр} = -2,36 + 3,43 + (-0,48) = +0,59 \text{ м.}$$

Обчислюють висоти станцій  $H$  тахеометричного ходу:

– для станції 7:  $H_7 = H_6 + h_{6-7, випр} = 90,04 + (-2,36) = 87,68$  м;

– для станції 8:  $H_8 = H_7 + h_{7-8, випр} = 87,68 + (+3,43) = 91,11$  м;

– для станції 9:  $H_9 = H_8 + h_{8-9, випр} = 91,11 + (-0,48) = 90,63$  м.

Контролем правильності обчислення висот станцій ходу  $H$  є отримання вихідної висоти кінцевої станції:  $H_9 = 90,63$  м.

Отримані у відомості висоти (позначки) станцій тахеометричного ходу використовують для креслення топографічного плану ділянки місцевості.

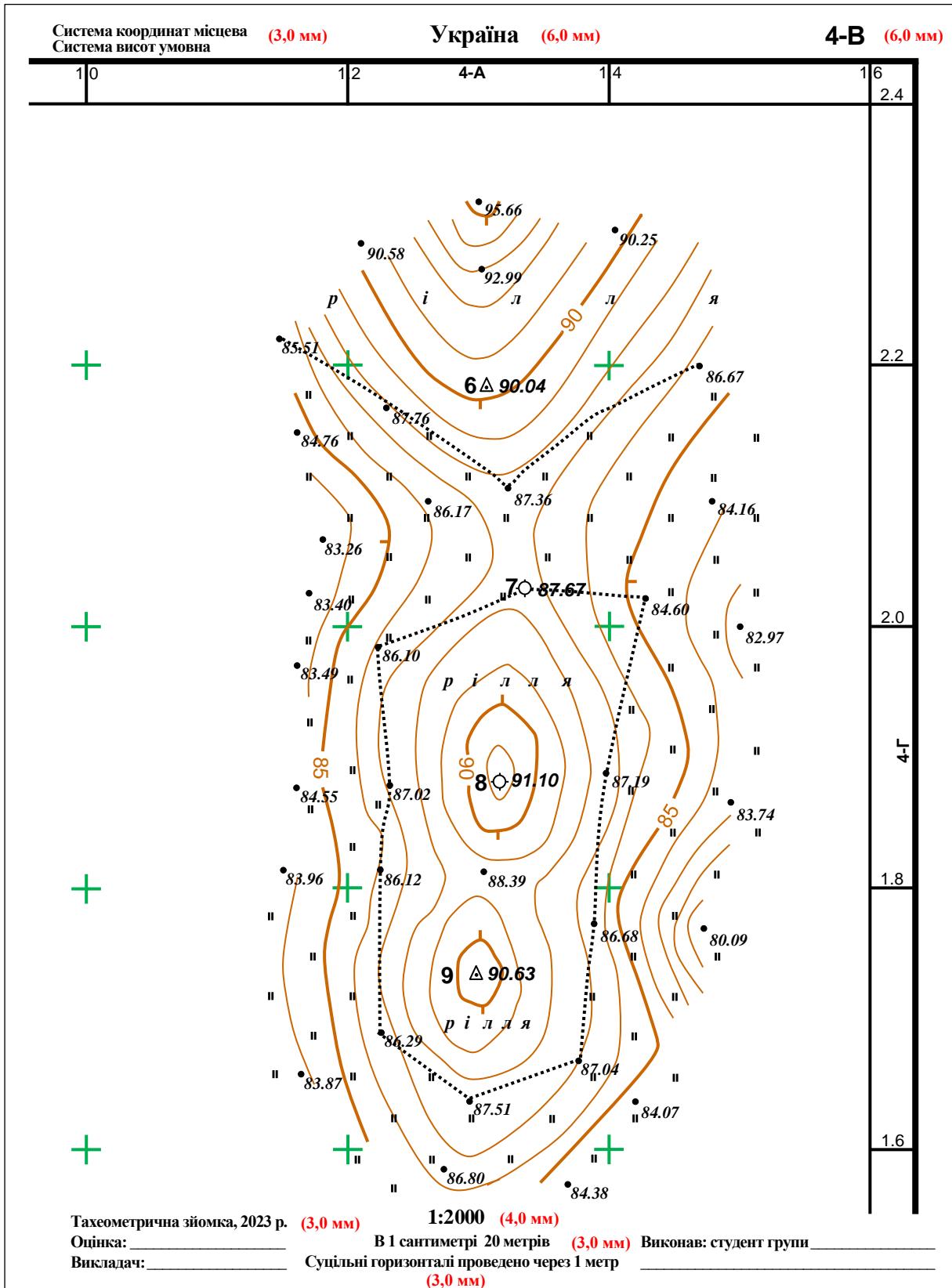
**ВАРІАНТИ**  
**вихідних даних до виконання лабораторних робіт № 2 та № 3**

Номер варіанта	Координати вихідних станцій ходу, м								Висоти вихідних станцій ходу, м	
	$x_5$	$y_5$	$x_6$	$y_6$	$x_9$	$y_9$	$x_{11}$	$y_{11}$	$H_6$	$H_9$
1	-140,00	1200,00	-60,63	1344,46	-514,89	1304,10	-622,04	1077,46	231,11	231,56
2	-140,00	1200,00	-113,31	1362,65	-528,15	1173,21	-553,65	923,82	233,33	233,78
3	-140,00	1200,00	-169,04	1362,25	-197,04	1045,39	-437,96	801,76	236,66	237,12
4	-140,00	1200,00	-221,45	1343,30	-425,10	935,24	-288,21	725,23	241,10	241,57
5	-140,00	1200,00	-264,55	1307,96	-320,57	855,36	-121,52	702,97	246,65	247,13

Примітка: номер варіанта – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

## Додаток В

### Зразок оформлення топографічного плану ділянки місцевості за даними тахеометричної зйомки



Примітка: (3,0 мм), (4,0 мм), (6,0 мм) – висота тексту в міліметрах (на плані не вказується!).

*Навчальне електронне видання*

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторних робіт

з навчальної дисципліни «**Топографія з основами картографії**»

для студентів денної та заочної форм навчання  
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Укладачі: **Гриб Олег Миколайович**, канд. геогр. наук, доц.,  
**Гращенко Тетяна Валеріївна**, ас.

**Видавець і виготовлювач**

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

тел./факс: (0482) 32-67-35

E-mail: [info@odeku.edu.ua](mailto:info@odeku.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 5242 від 08.11.2016 р.