

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

**ГЕОДЕЗІЯ**  
**ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК**  
**МЕРЕЖІ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ**

Методичні вказівки до виконання курсового проекту  
для здобувачів першого (бакалаврського)  
рівня вищої освіти спеціальності  
193 «Геодезія та землеустрій»

Київ 2025

УДК 528.48 : 004.4

ББК 65.9 (2) 32 - 5

Г35

Укладачі: О.В.Адаменко, канд. техн. наук, доцент

О.П. Ісаєв, канд. техн. наук, доцент

С.А. Бондар, асистент

О.В. Циколенко, асистент

Рецензент А. О. Анненков, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри інженерної геодезії,  
протокол №6 від 5 листопада 2024 року.*

Видається в авторській редакції.

**Геодезія.** Проектування і розрахунок мережі полігонометрії:

Методичні вказівки до виконання курсового проекту /

Уклад.: О. В. Адаменко та ін. – Київ: КНУБА, 2025. – 37 с.

Розглянуто зміст, порядок, вимоги до виконання курсового проекту з дисципліни „Геодезія” для другого курсу, наведено принципи підбору топографічного матеріалу, проектування і розрахунок полігонометрії, в т.ч. в програмному комплексі ТРОСAD.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій».

© КНУБА, 2025

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

*Мета курсового проекту* - поглиблення та закріплення знань, що отримані в процесі вивчення теоретичного курсу «Геодезія», набуття навичок проектування та розрахунку мереж полігонометрії, знайомство з програмним забезпеченням, призначеним для виконання вирівнювань, а також засвоєння методів закріплення пунктів.

Обсяг і зміст курсової роботи повністю відповідає програмі курсу „Геодезія”, який викладається на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій».

Завдання курсового проекту: за вихідними даними запроектувати на карті мережу полігонометрії, виконати її розрахунок точності, визначити методи закріплення пунктів запроектованої геодезичної мережі. Мета створення полігонометрії – забезпечення геодезичної основи для проведення топографічного знімання території.

Кожен здобувач виконує індивідуальне завдання. В ході виконання курсового проекту здобувачі будують рамку трапеції карти масштабу 1 : 25 000 відповідно з вихідними даними та наносять на неї запроектовану мережу полігонометрії. Пояснювальну записку до курсового проекту здобувачі формують зі звіту виконаних робіт, розрахунків та додаткових креслень (типи центрів полігонометрії, картки закладки пунктів та ін.). Пояснювальна записка оформляється на аркушах формату А4 та може бути виконана у друкованому або рукописному вигляді. Загальний об’єм пояснювальної записки від 15 до 30 друкованих сторінок.

## **Зміст курсового проекту**

1. Підбір топографічних матеріалів для проектування полігонометрії.
2. Фізико-географічна характеристика району робіт.
3. Топографо-геодезична вивченість району робіт.
4. Визначення вимог до побудови мережі полігонометрії.
5. Схеми побудови полігонометрії.
6. Умови проектування ходів полігонометрії.
7. Проект мережі полігонометрії.
8. Розрахунок точності запроєктованої мережі полігонометрії в програмі Торосад.
9. Підбір центрів пунктів полігонометрії.
10. Методи закріплення пунктів полігонометрії.
11. Картка закладки геодезичного пункту.

Список використаної літератури.

Додатки.

### **Вихідні дані до курсового проекту**

Для виконання курсового проекту кожен здобувач отримує дві пари геодезичних пунктів, які викладач наносить на топографічну карту масштабу 1:25000, та назву і координати населеного пункту, в районі якого запропоновано виконати проектування мережі полігонометрії. В якості топографічної карти, як основи для проектування мережі полігонометрії, дозволено використовувати наступні варіанти:

1. ксерокопія, яку здобувач зробив з топографічної карти, наданої викладачем;
2. топографічна карта, принесена здобувачем;
3. цифрове зображення топографічної карти, у разі погодження викладачем.

У будь-якому разі, топографічна карта не повинна містити сторонніх написів, на ній в обов'язковому порядку повинні легко визначатись рельєф місцевості (наявні горизонталі) та ситуація

(рослинність, населені пункти, транспортна інфраструктура, тощо).

У випадку бажання здобувача виконувати проектування полігонометрії на цифрових носіях, за згоди викладача на такий формат роботи, технічне забезпечення (наявність ноутбука на заняттях для виконання робіт та їх перевірки) покладається на здобувача.

Назву і координати населеного пункту викладач може видати за власним переліком або скористатись переліком, наведеним у «Завдання до курсового проекту з дисципліни «Геодезія»» на сайті [org2.knuba.edu.ua](http://org2.knuba.edu.ua).

## **1. Підбір топографічних матеріалів для проектування полігонометрії.**

Під час виконання підбору топографічних матеріалів здобувач повинен виконати наступні операції:

- 1) визначити номенклатуру аркуша карти масштабу 1:25000 та географічні координати його рамок;
- 2) визначити номенклатуру сусідніх аркушів карти масштабу 1:25000;
- 3) визначити плоскі прямокутні координати кутів трапеції аркуша карти масштабу 1:25000;
- 4) визначити розміри рамки карти масштабу 1:25000 згідно наданих вихідних даних;
- 5) створити рамку трапеції карти масштабу 1:25000, розкреслити на ній сітку прямокутних координат.

### **Визначення номенклатури і географічних координат кутів рамки трапеції карти масштабу 1:25000**

Широта позначається  $\varphi$  і відраховується від екватора на північ і південь. Для номенклатури карт використовують *појаси* – ділянки земної поверхні, утворені паралелями від лінії екватора через кожні  $4^\circ$ . Појаси позначаються великими літерами латинського алфавіту від А до V.

Довгота позначається  $\lambda$  і відраховується від початкового (Гринвіцького) меридіана на захід і схід (західна і східна півкулі). Для номенклатури карт використовуються *зони* – ділянки земної поверхні, утворені меридіанами через кожні  $6^\circ$ . Нумерація колон починається від меридіана з довготою  $180^\circ$  проти годинникової стрілки від 1 до 60. Перетин поясу і зони утворює карту масштабу 1:1 000 000, що є основою номенклатури топографічних карт. Номенклатура аркуша карти 1:1 000 000 складається з позначень **пояса і зони, напр.: L-36, M-35 і т.д. (рис.1).**

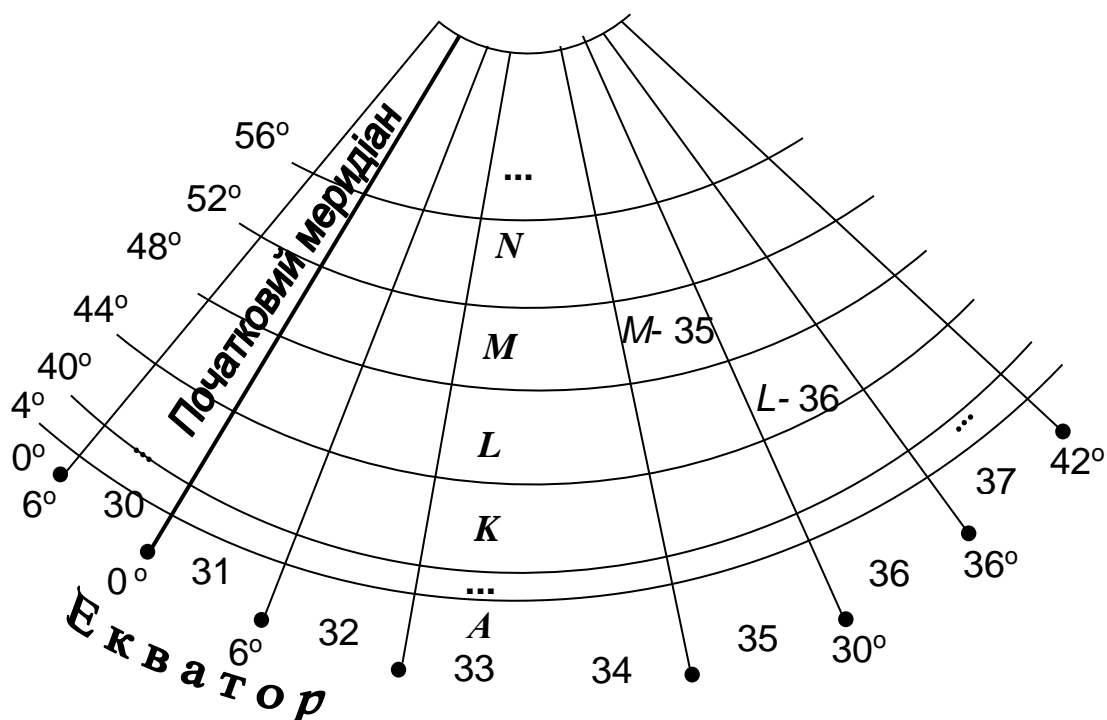


Рис.1. Визначення номенклатури карти масштабу 1:1 000 000

Таким чином для визначення номеру поясу (літери) та зони (числа) можна скористатись формулами (1):

$$N_{\text{пояс}} = \text{Int}\left(\frac{\varphi}{4}\right) + 1, \quad N_{\text{зона}} = \text{Int}\left(\frac{\lambda}{6}\right) + 31, \quad (1)$$

де  $\text{Int}(\ )$  – функція що залишає цілу частину числа.

Географічні координати рамки трапеції карти масштабу 1:1 000 000 можуть бути знайдені за формулами (2):

$$\varphi_{\text{півд}} = (N_{\text{пояс}} - 1) \cdot 4^\circ, \quad \varphi_{\text{півн}} = N_{\text{пояс}} \cdot 4^\circ, \quad (2)$$



- 1:50 000 на 4 частини – отримаємо аркуш карти 1:25 000 з розмірами  $\Delta\varphi = 5'$ ,  $\Delta\lambda = 7,5'$ , які позначаються літерами *a*, *б*, *в*, *г*, наприклад, *L-36-1-A-a*, ..., *L-36-1-A-г*;

- якщо необхідно визначити аркуш карти 1:5000, то 1:100 000 ділиться на 256 рівних частин (16x16) – отримаємо аркуші розмірами  $\Delta\varphi = 1'15''$ ,  $\Delta\lambda = 1'52,5''$ , які позначаються цифрами (1), (2), ..., (256), наприклад *L-36-1- (1)*, ..., *L-36-1- (256)*.

### L-37-27

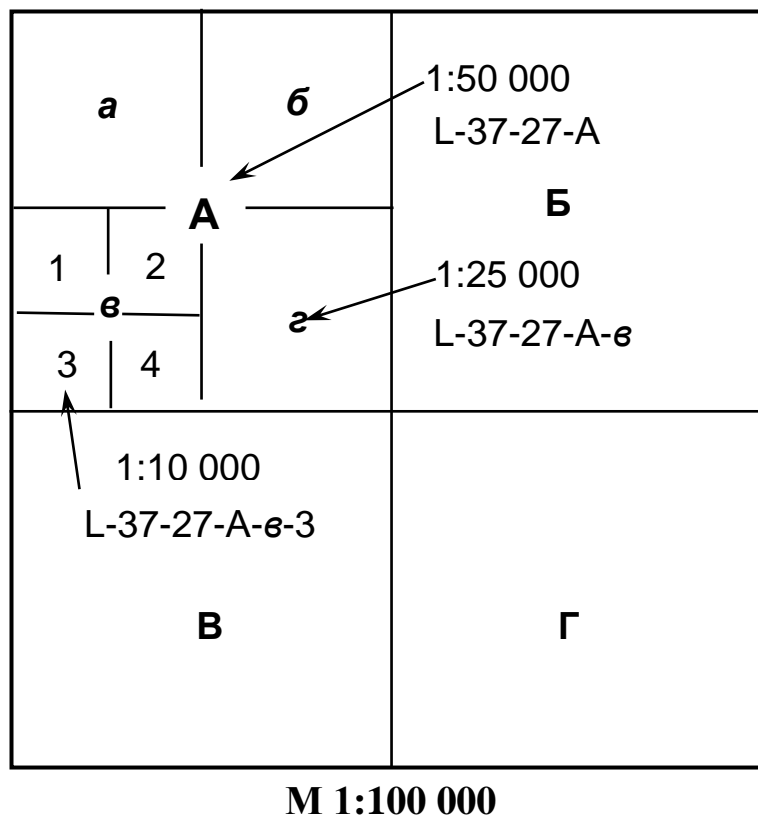


Рис. 3. Визначення номенклатури карти М 1:25000

**Приклад.** Визначити географічні і прямокутні координати кутів рамки трапеції М 1:25000, а також розміри рамок і площу трапеції, маючи координати населеного пункту (наприклад:  $\varphi = 51^{\circ}08'$ ,  $\lambda = 28^{\circ}14'$ ). Спочатку визначають номенклатуру вихідного аркуша карти (рис.1). Виходячи з координат населеного пункту вихідний аркуш карти 1: 1 000 000 матиме номенклатуру М-35. Далі, знаючи розграфлення аркушів карт, визначають номенклатуру потрібного аркуша карти М 1: 25 000.

Послідовність підбору необхідного аркуша карти покажіть схематично. В кінці намалуйте трапецію вибраного аркуша карти М 1: 25 000 і підпишіть його номенклатуру та географічні координати кожної вершини (рис.4).

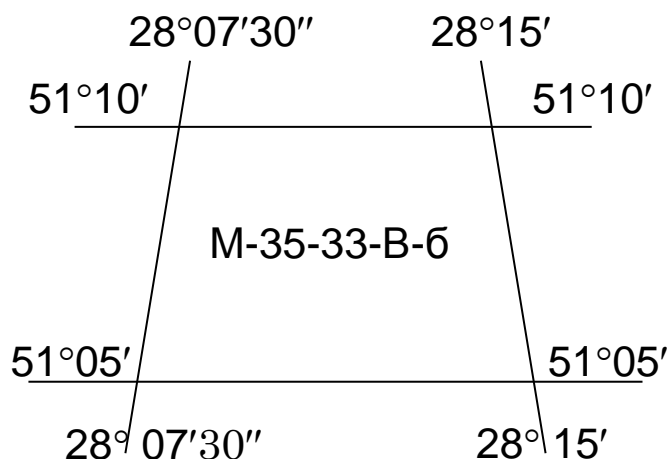


Рис.4. Оформлення трапеції масштабу 1:25 000

### **Визначення номенклатури сусідніх аркушів карти масштабу 1:25000**

Визначення номенклатури сусідніх аркушів простіше виконувати на карті масштабу 1:100 000, розкресленою за прикладом, наведеним на рис. 3. Результати роботи зручно оформляти у вигляді таблиці. Приклад оформлення наведено у табл. 1.

*Таблиця 1*

Приклад визначення номенклатури сусідніх аркушів  
для карти L-37-1-A-a

|               |                   |              |
|---------------|-------------------|--------------|
| M-36-144- Г-г | M-37-133-B-в      | L-37-133-B-г |
| L-36-12-B-б   | <b>L-37-1-A-a</b> | L-37-1-A-б   |
| L-36-12- Б-г  | L-37-1-A-в        | L-37-1-A-г   |

## Визначення плоских прямокутних координат кутів трапеції аркуша карти масштабу 1:25000

Для виконання завдання необхідно визначити довготу осьового меридіану зони, в якій знаходиться карта масштабу 1:25000 та відхилення її західної і східної сторін рамки від осьового меридіана. Осьовим меридіаном зони називають меридіан, який ділить зону навпіл.

Довготу осьового меридіана визначають за формулою:

$$\lambda_0 = 6^\circ \cdot n - 3^\circ, \quad (3)$$

де  $n$  - номер координатної шестиградусної зони, в якій розміщено аркуш карти. Наприклад, номер координатної зони для аркуша карти 1:1 000 000 з номенклатурою М-36 буде  $n=6$ . Тоді,  $\lambda_0 = 6^\circ \cdot 6 - 3^\circ = 33^\circ$ .

Відхилення західної і східної сторін рамки трапеції від осьового меридіана визначають за формулами:

$$l_{\text{зах}} = l_1 = \lambda_1 - \lambda_0, \quad l_{\text{сх}} = l_2 = \lambda_2 - \lambda_0, \quad (4)$$

де  $\lambda_1, \lambda_2$  - довготи західної і східної рамки трапеції аркуша карти масштабу 1:25000.

Розрахунки та результати виконання завдання при визначенні плоских прямокутних координат кутів рамки трапеції зручно оформлювати за схемою, наведеною на рис. 5.

Визначення плоских прямокутних координат кутів трапеції аркуша карти масштабу 1:25000 можна виконати одним із двох наступних способів:

а) використати таблиці плоских прямокутних координат в проекції Гаусса-Крюгера на еліпсоїді Красовського [3]. (Електронний примірник знаходиться на освітньому порталі КНУБА в курсі «Геодезія» <https://org2.knuba.edu.ua/course/view.php?id=1233>);

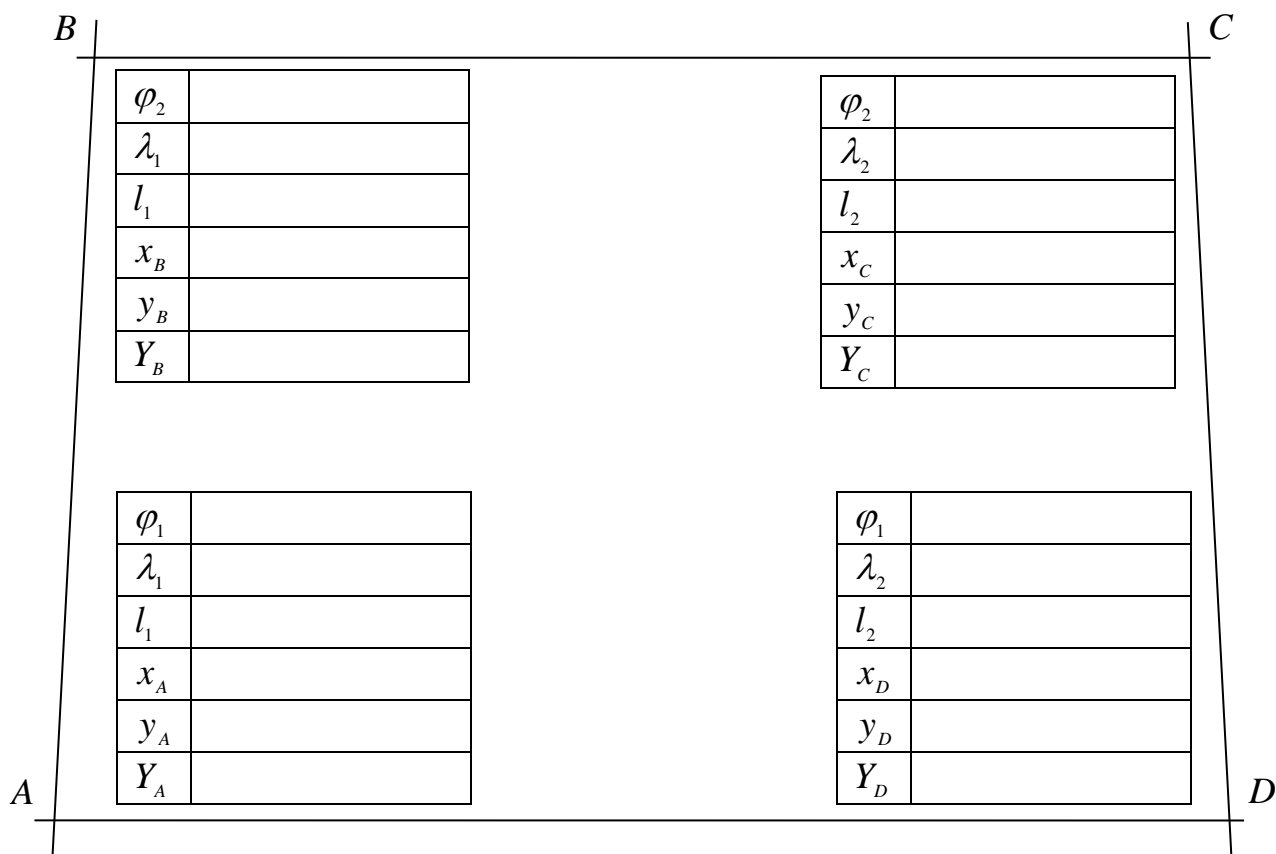


Рис.5. Схема фіксації результатів визначення плоских прямокутних координат кутів рамок трапеції

б) виконати обчислення за формулами перетворення (5) – (7):

$$l_{rad} = \frac{l}{57,29577951}, \quad \varphi_{rad} = \frac{\varphi}{57,29577951} \quad (5)$$

$$x = 6367558,4698 \cdot \varphi_{rad} - \sin 2\varphi(16002,8900 + 66,9607 \sin^2 \varphi + 0,3515 \sin^4 \varphi -$$

$$- l_{rad}(1594561,25 + 5336,535 \sin^2 \varphi + 26,790 \sin^4 \varphi + 0,149 \sin^6 \varphi +$$

$$+ l_{rad}^2 (672483,4 - 811219,9 \sin^2 \varphi + 5420,0 \sin^4 \varphi - 10,6 \sin^6 \varphi + \quad (6)$$

$$+ l_{rad}^2 (278194 - 830174 \sin^2 \varphi + 572434 \sin^4 \varphi - 16010 \sin^6 \varphi +$$

$$+ l_{rad}^2 (109500 - 574700 \sin^2 \varphi + 863700 \sin^4 \varphi - 398600 \sin^6 \varphi))))$$

$$y = l_{rad} \cos \varphi (6378245 + 21346,1415 \sin^2 \varphi + 107,159 \sin^4 \varphi + 0,5977 \sin^6 \varphi +$$

$$+ l_{rad}^2 (1070204,16 - 2136826,66 \sin^2 \varphi + 17,98 \sin^4 \varphi - 11,99 \sin^6 \varphi +$$

$$+ l_{rad}^2 (270806 - 1523417 \sin^2 \varphi + 1327645 \sin^4 \varphi - 21701 \sin^6 \varphi + \quad (7)$$

$$+ l_{rad}^2 (270806 - 1523417 \sin^2 \varphi + 1327645 \sin^4 \varphi - 21701 \sin^6 \varphi +$$

$$+ l_{rad}^2 (79690 - 866190 \sin^2 \varphi + 1730360 \sin^4 \varphi - 945460 \sin^6 \varphi))))$$

Ординати пунктів, визначені одним з наведених вище способів, відраховуються від осьового меридіана зони. Відповідно, точки, розташовані на захід від осьового меридіана, будуть мати від'ємне значення. Крім того, ординати точок з різних зон можуть мати однакове значення. Тому заведено визначати «умовні» ординати за наступною формулою:

$$Y = (5 + 10 \cdot n)10^5 + y, \quad (8)$$

де  $n$  - номер координатної шестиградусної зони, в якій розміщено аркуш карти.

Результат отримуємо в метрах.

### **Визначення розмірів рамки карти масштабу 1:25000**

Визначенню підлягають розміри внутрішньої рамки карти масштабу 1:25000. Для створення рамки карти необхідно визначити розміри нижньої і верхньої основ трапеції  $a_1$  та  $a_2$ , бокової сторони  $c$  та діагоналі  $d$  (рис. 6)

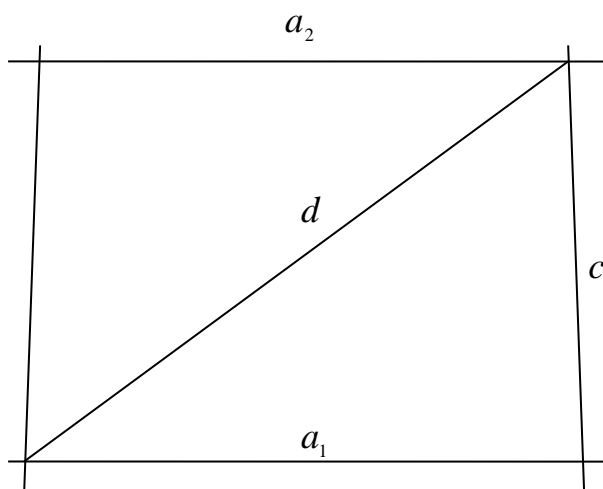


Рис. 6. Елементи рамки трапеції

Визначення розмірів внутрішньої рамки карти масштабу 1:25000 можна виконати одним із двох наступних способів:

а) використати таблиці плоских прямокутних координат в проекції Гаусса-Крюгера на еліпсоїді Красовського [3];

б) виконати обчислення розмірів елементів рамки аналітично за формулами (9)-(12):

$$a_1 = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\rho} N_1 \cos \varphi_1, \quad (9)$$

$$a_2 = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\rho} N_2 \cos \varphi_2, \quad (10)$$

$$c = M_{cep} \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\rho}, \quad (11)$$

$$d = \sqrt{a_1 a_2 + c^2}, \quad (12)$$

де  $N$  – радіус кривини першого вертикала,

$$N_i = \frac{a}{W_i}, \quad (13)$$

$$W_i = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi_i}, \quad (14)$$

$M_{cep}$  – середній радіус кривини меридіана,

$$M_{cep} = \frac{a(1 - e^2)}{W_{cep}^3}, \quad (15)$$

$$W_{cep} = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi_{cep}}, \quad (16)$$

$a$  – велика піввісь еліпсоїда,

$b$  – маленька піввісь еліпсоїда,

$e$  – ексцентриситет еліпсоїда.

Державна геодезична мережа УСК-2000 побудована на еліпсоїді Красовського. Відповідно параметри еліпсоїда Красовського мають наступні значення:

$$a = 6378245 \text{ м}, \quad b = 6356863 \text{ м}, \quad e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} = 0,006693427$$

Результати обчислень довжин дуг паралелей і меридіанів трапеції, визначених за формулами (9) – (16) будуть виражені в метрах на місцевості. Для визначення довжин елементів рамки трапеції в сантиметрах, отримані значення необхідно перевести у масштаб карти (поділити на 250 і записати до двох знаків після коми).

Результати визначення плоских прямокутних координат кутів рамки трапеції та її розміри можна оформити за формою, наведеною у додатку 4.

### Створення рамки трапеції карти масштабу 1:25000

Визначені розміри рамки трапеції служать вихідною інформацією для її подальшої побудови. Рамку трапеції будують на кальці формату А2.

На відстані 4 см від нижнього краю кальки проводять лінію, паралельну краю, довжиною  $a_1$ . З кінців побудованого відрізка (точки А і D) проводять дві дуги кіл, радіусами  $c$  і  $d$ , як це показано на рис.7. Перетин цих дуг є верхнім правим кутом трапеції С. Проводять відрізок АС, який є боковою стороною рамки карти.

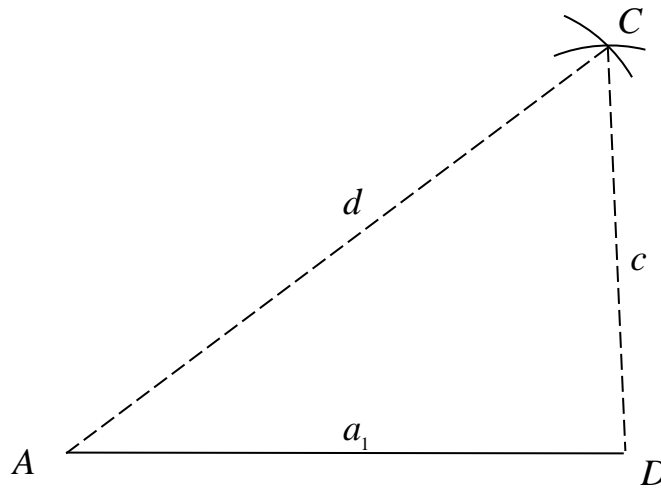


Рис. 7. Визначення положення верхнього правого кута рамки карти

Для визначення положення верхнього лівого кута трапеції В, на кальці необхідно побудувати дуги двох інших кіл – перше коло з центром у точці С та радіусом  $a_2$ , друге коло в центрі у точці А і радіусом  $c$ , як це показано на рис 8.

Перетин двох дуг є верхнім лівим кутом трапеції В. Перед остаточним наведенням рамки карти виконують контроль побудови рамки карти - визначають довжину другої діагоналі  $d'$ , яка має точно зійтись із довжиною  $d$  (рис. 8). У випадку збігу довжин  $d'$  і  $d$  трапеція побудована правильно.

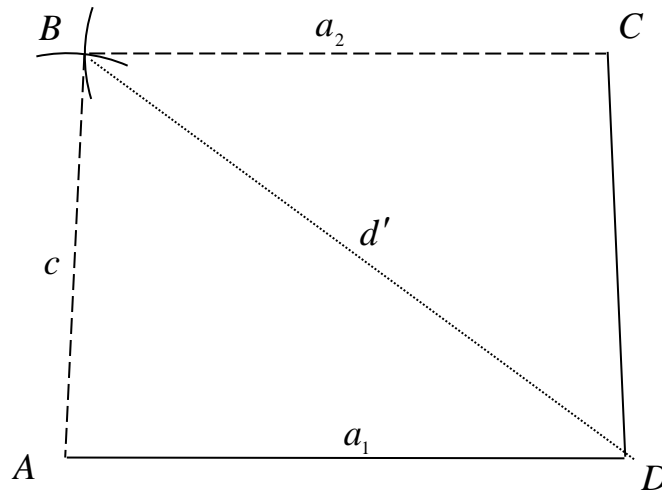


Рис. 8. Визначення положення верхнього лівого кута рамки карти

### Створення сітки прямокутних координат

Сітка плоских прямокутних координат створюється на побудованій рамці карти методом лінійної інтерполяції за даними плоских прямокутних координат кутів рамки (рис. 9).

Першочергово, необхідно визначити лінії сітки прямокутних координат («кілометрової сітки»), які знаходяться на карті. Лінії сітки прямокутних координат проходять у місцях зі значеннями координат, кратних одному кілометру. Таким чином, для прикладу, наведеного на рис. 9 для сторони АВ (координата «Х») це будуть наступні значення: 5662000; 5663000; 5664000; 5665000; 5666000; 5667000; 5668000; 5669000; 5670000. Для кожного значення лінії сітки прямокутних координат визначають відстань від пункту А до цієї лінії вздовж сторони АВ за формулою:

$$l_x = \frac{x_{kc} - x_A}{x_B - x_A} c, \quad (17)$$

де  $x_{kc}$  – координата «Х» сітки прямокутних координат;

$c$  – довжина бокової сторони рамки АВ.

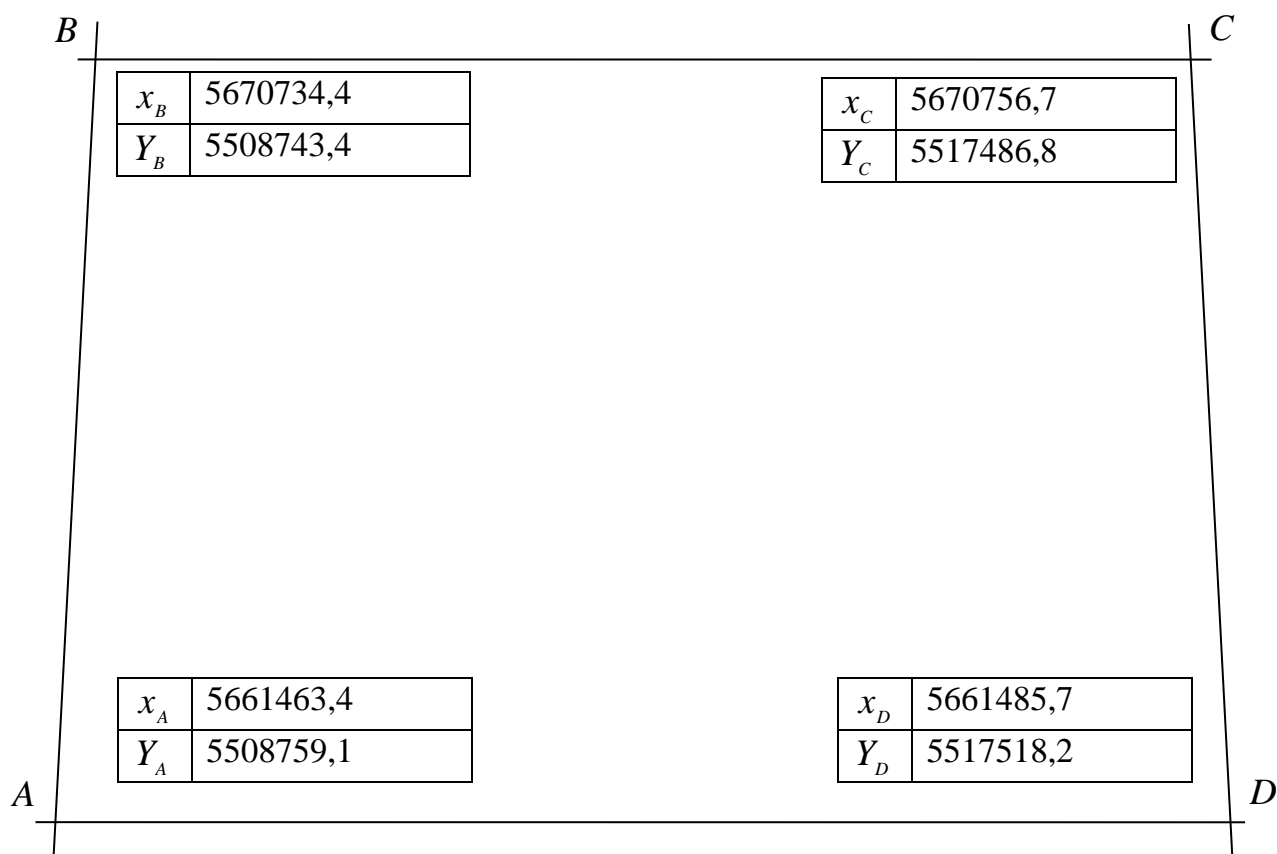


Рис. 9. Вихідні дані для побудови сітки прямокутних координат

Отримані значення відстаней відкладають по боковій стороні рамки та підписують. Контролем побудови є відстань від верхнього кута рамки до останньої лінії кілометрової сітки, яку визначають за формулою:

$$l'_x = \frac{x_B - x_{kc}}{x_B - x_A} c. \quad (18)$$

Виміряне на кальці і вираховане за формулою значення повинні зійтись. Аналогічні побудови створюють по стороні *DC* рамки. Лінії сітки прямокутних координат з однаковими позначеннями з'єднують прямими лініями (рис. 10).

Аналогічним чином, за допомогою лінійної інтерполяції, визначають положення ліній кілометрової сітки, які перетинають верхню і нижню основи трапеції рамки карти (координата «*Y*»).

Формули для обчислення відстаней та контролю побудов для нижньої основи трапеції:

$$l_y = \frac{Y_{kc} - Y_A}{Y_D - Y_A} a_1, \quad (19)$$

$$l'_y = \frac{Y_D - Y_{kc}}{Y_D - Y_A} a_1, \quad (20)$$

де  $y_{kc}$  – координата «Y» сітки прямокутних координат.

Отримані значення відстаней відкладають по нижній основі рамки та підписують. Аналогічним чином відкладають відстані по верхній основі рамки трапеції. Лінії сітки прямокутних координат з однаковими позначеннями з'єднують прямими лініями (рис. 10).

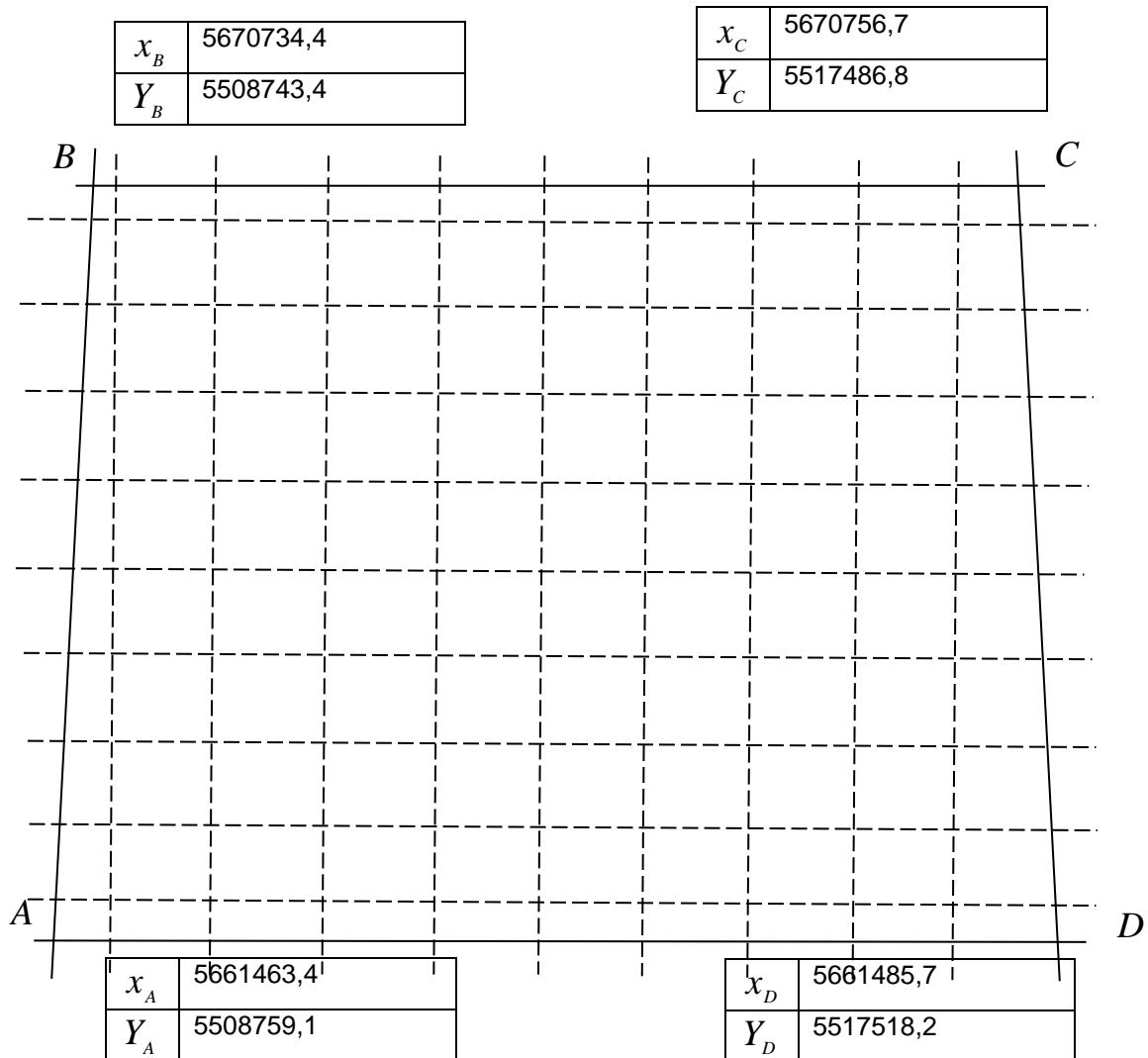


Рис. 10. Приклад розкреслення сітки прямокутних координат.

По завершенню побудови, після перевірки викладачем, кілометрова сітка прямокутних координат наводиться тушшю та створюється рамка карти відповідно ГКИНП 05-051-77 та рис. 11.

Зверху на кальці робиться напис «Схема мережі полігонометрії», а по центру над трапецією підписують номенклатуру. Знизу по центру підписується масштаб карти.

В наступних завданнях здобувач на кальку буде переносити запроектовану мережу полігонометрії.

За погодженням із викладачем здобувач може виконати побудову рамки карти та сітки прямокутних координат в електронному вигляді за допомогою ПК. В такому випадку виконане завдання має бути роздруковане на аркуші формату А2 та здається разом із пояснювальною запискою.

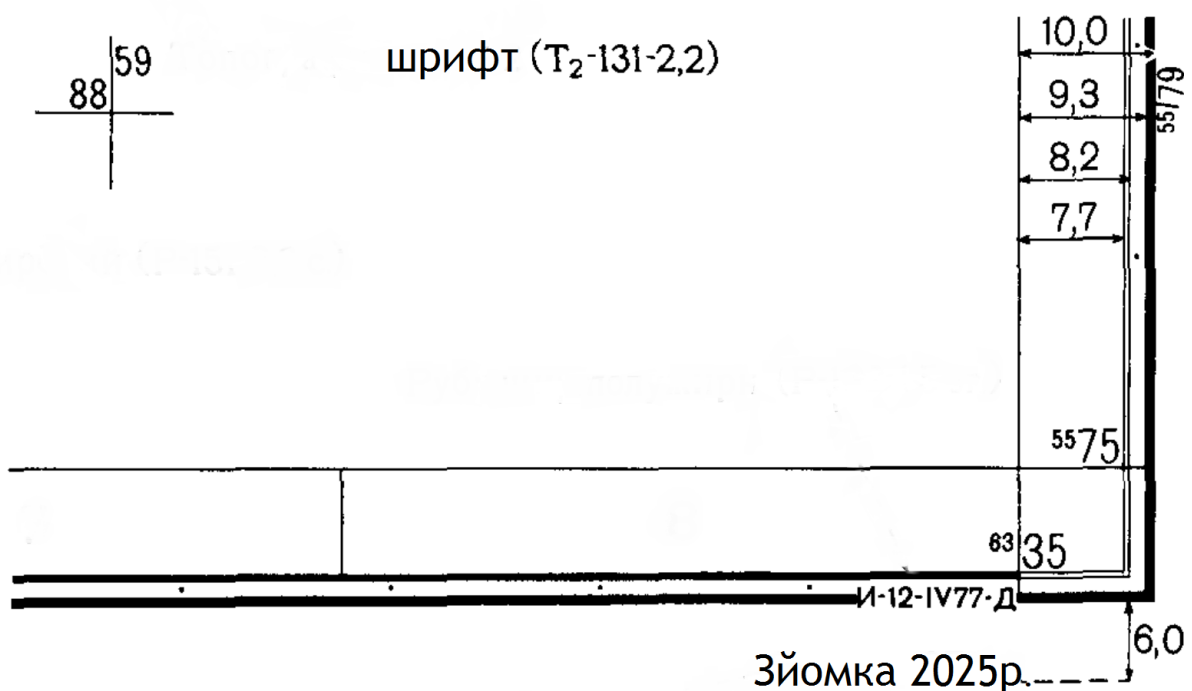


Рис. 11. Вимоги до створення рамки карти

## 2. Фізико географічна характеристика району робіт

Для виконання цього завдання варто використовувати довідкові джерела в паперовому та електронному вигляді (Internet). При цьому основну увагу здобувачу необхідно звернути на такі питання:

- 1) географічне та адміністративне положення району робіт;
- 2) населені пункти;
- 3) шляхи сполучення та умови переміщення без доріг;
- 4) рельєф місцевості;

- 5) гідрографія;
- 6) рослинне покриття;
- 7) ґрунти;
- 8) клімат;
- 9) максимальна глибина промерзання ґрунту.

*! Описувати необхідно лише ті особливості району виконання робіт, які впливають на методику та технологію виконання геодезичних робіт. Під час опису необхідно вказувати, як ці особливості впливають на виконувані роботи, або як вони враховуються під час виконання робіт.*

### **3. Топографо-геодезична вивченість району робіт**

В розділі необхідно зробити опис виконаних раніше топографо-геодезичних робіт на вказаній території. За умовами виконання курсового проекту, на місцевості присутні лише дві пари вихідних пунктів, координати який визначено ГНСС методом. Здобувачу необхідно перенести ці пункти на побудовану ним кальку і визначити планові координати вихідних пунктів за допомогою сітки прямокутних координат. Для цього необхідно накласти кальку на карту, поєднавши верхню і ліву бокову сторони трапеції карти і кальки, та перенести вихідні пункти. Планові координати пунктів визначають з кальки, висоти з топографічної карти. Вихідним пунктам здобувач надає власні назви. Результати роботи заносить у таблицю до відповідного пункту пояснювальної записки.

*Таблиця 2*

Каталог координат вихідних пунктів

| Назва пункту | Прямокутні координати |      | Відмітки, м |
|--------------|-----------------------|------|-------------|
|              | X, м                  | У, м |             |
|              |                       |      |             |
|              |                       |      |             |
|              |                       |      |             |
|              |                       |      |             |

#### 4. Визначення вимог до побудови мережі полігонометрії

Здобувачу необхідно ознайомитись з Інструкцією з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) [1], вивчити основні характеристики до мереж полігонометрії та заповнити табл. 3.

Таблиця 3

Основні характеристики до мереж полігонометрії

| ПАРАМЕТРИ   | 4 клас | 1 розряд | 2 розряд |
|---|--------|----------|----------|
| Гранична довжина ходу, <i>км</i>  |        |          |          |
| а) окремого   |        |          |          |
| б) між вихідною і вузловою точкою   |        |          |          |
| в) між вузловими точками  |        |          |          |
| Граничний периметр полігону, <i>км</i>  |        |          |          |
| Довжина сторін ходу, <i>км</i>  |        |          |          |
| максимальна   |        |          |          |
| середня   |        |          |          |
| мінімальна  |        |          |          |
| Відносна похибка вимірювання ліній $1/T$  |        |          |          |
| Максимальна кількість сторін в ході, <i>n</i>                                       |        |          |          |
| Середня квадратична похибка вимірювання кутів, <i>m<sub>β</sub></i> (сек.)          |        |          |          |
| Кутова нев'язка, <i>f<sub>β</sub></i> (сек.)  |        |          |          |
| Середня квадратична похибка вимірювання довжини сторони, <i>m<sub>s</sub></i> (см.) |        |          |          |
| до 500 м  |        |          |          |
| від 500 до 1000 м   |        |          |          |
| понад 1000 м  |        |          |          |
| Мінімальна відстань між паралельними ходами, <i>км</i>                              |        |          |          |

Крім того, у пункті необхідно надати характеристику паралельно прокладених ходів, накреслити їх схеми. Для кожної категорії ходу привести умови прокладання перемичок.

## **5. Схеми побудови полігонометрії**

У цьому пункті необхідно навести можливі схеми побудови полігонометрії: окремий хід, системи ходів з однією та декількома вузловими точками, системи полігонів. На схемах показати всі елементи ходу: вихідні пункти, вихідні дирекційні кути, кути примикання, пункти ходу, виміряні кути і сторони, замикальну, найслабше місце ходу.

## **6. Умови проектування полігонометричних ходів**

У цьому пункті необхідно описати умови прокладання полігонометричних ходів та закладення пунктів [1].

## **7. Проект мережі полігонометрії**

На карті М 1:25000 запроектувати мережу полігонометрії. Мережа полігонометрії повинна складатись з окремих ходів полігонометрії. Проектування виконується на карті олівцем, тонкими лініями. Параметри ходів повинні відповідати вимогам інструкції.

Ходи полігонометрії 4 класу повинні опиратись на вихідні пункти, задані викладачем. У випадку неможливості виконання інструктивних вимог окремого ходу, необхідно запроектувати вузлові точки.

*Ходи полігонометрії 4 класу є основою для полігонометрії 1 і 2 розрядів, отже мають охоплювати максимум території (проходити по периметру карти).*

Після складання проекту 4 класу, його слід згустити полігонометрією 1 і 2 розрядів.

Після узгодження з викладачем, проект переносять на кальку тушшю. Пункти полігонометрії позначають квадратом 3\*3 мм згідно умовних знаків (додаток 3) з крапкою у центрі і нумерують.

В текстовій частині необхідно дати характеристику запроектованої полігонометрії:

- для кожного ходу 4 класу – кількість сторін в ході; довжина ходу; найменша, найдовша та обчислена середня довжина сторін ходу; довжина замикальної.
- для 1-го та 2-го розрядів окремо – короткий опис мережі (кількість окремих ходів, ходів з однією, двома, і т.д., вузловими точками).

## 8. Розрахунок точності запроектованої мережі полігонометрії в програмі **Torosad**

Розрахунку точності підлягають всі ходи полігонометрії 4 класу. Для виконання розрахунку точності здобувачу необхідно визначити наближені координати пунктів мережі полігонометрії, включаючи вихідні пункти задані викладачем. Планові координати пунктів необхідно визначити на кальці використовуючи сітку прямокутних координат, побудовану відповідно свого варіанту (п.1). Відмітки пунктів здобувач визначає на топографічній карті, на якій виконував проектування мережі полігонометрії, використовуючи зображення рельєфу місцевості. Результати обчислень рекомендовано занести у табл. 4.

*Таблиця 4*

Наближені координати пунктів полігонометрії

| № пункту | X , м | Y , м | H , м | Тип центру |
|----------|-------|-------|-------|------------|
|          |       |       |       |            |

В таблиці 4 здобувач, також, вказує тип центру для кожного пункту полігонометрії, який він обирає згідно з вимогами до закріплення пунктів та характеристик місцевості.

Розрахунок точності мережі полігонометрії виконується в ПЗ **Torosad**. Процес розрахунку складається з кількох етапів:

**1.** Налаштування програми для розрахунку точності.

Запускаємо **Torosad** → На вкладці «Початок» обираємо меню «Загальні» → У відкритому модальному вікні виконуємо налаштування програмного забезпечення.

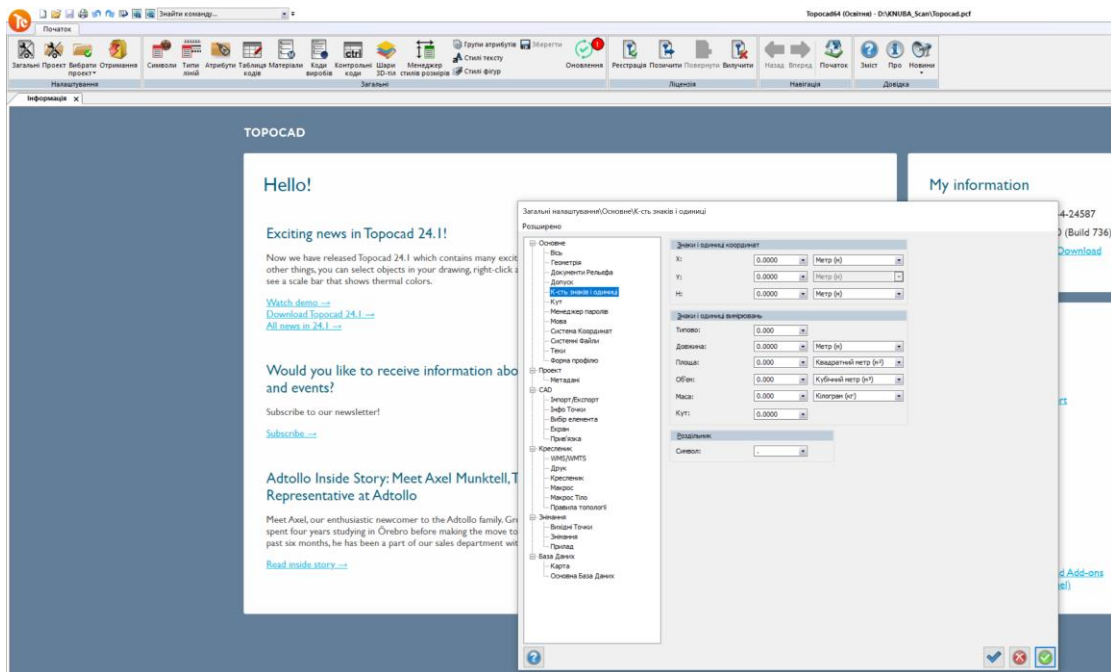


Рис. 12. Меню налаштувань ПЗ Topocad

Необхідно виконати налаштування допусків, одиниць вимірювань ПЗ Topocad та приладу, який буде використовуватись під час прокладання мережі полігонометрії (рис. 13, 14). В якості приладу, який буде використовуватись під час вимірювань в мережі полігонометрії, здобувачу необхідно прийняти електронний тахеометр Sokkia iM-105, який має СКП вимірювань горизонтальних і вертикальних кутів  $m_{\beta} = 5''$ , СКП вимірювань довжин ліній  $m_s = 2 + 2ppm$ .

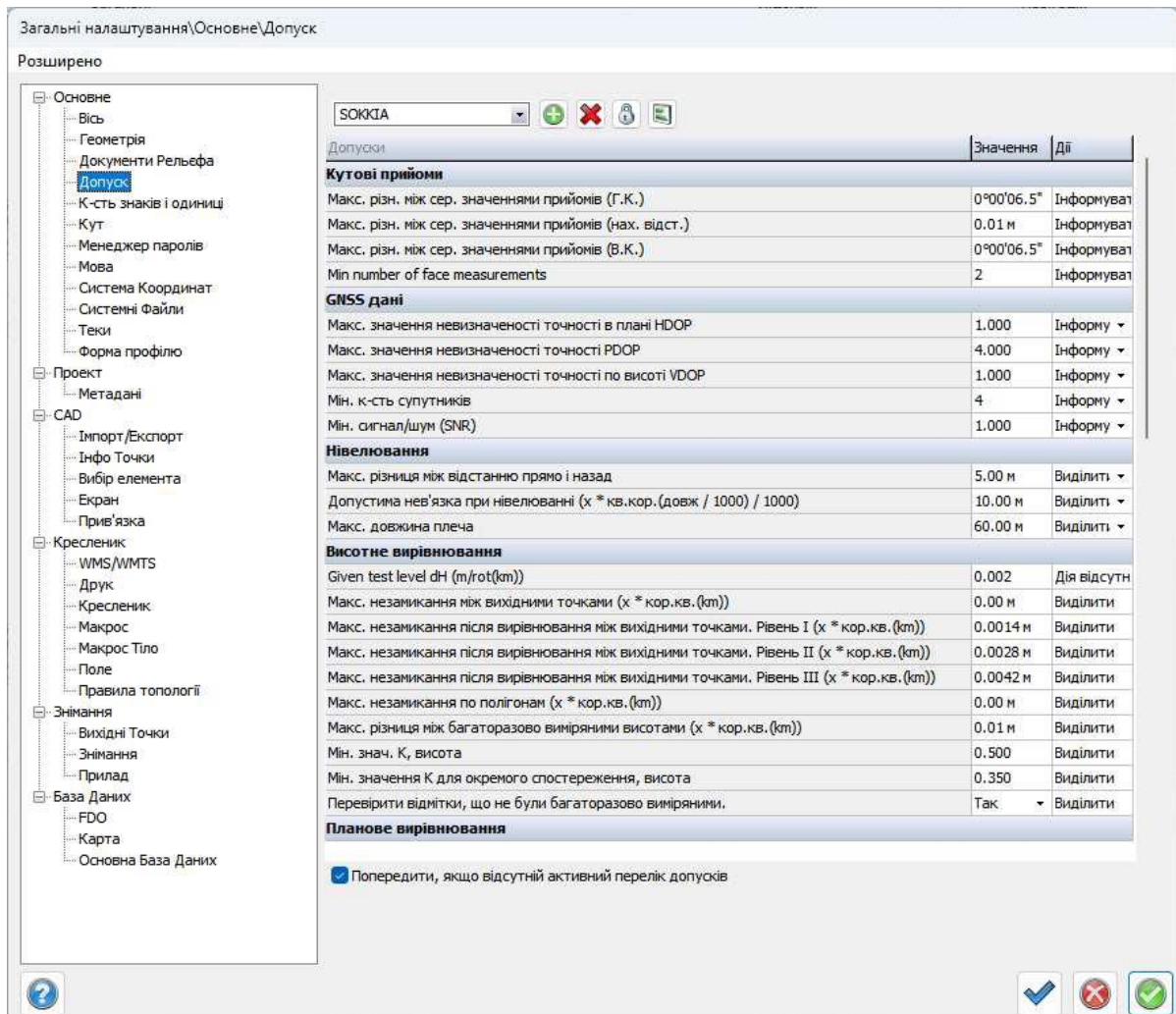


Рис. 13. Налаштування допусків ПЗ Торосад

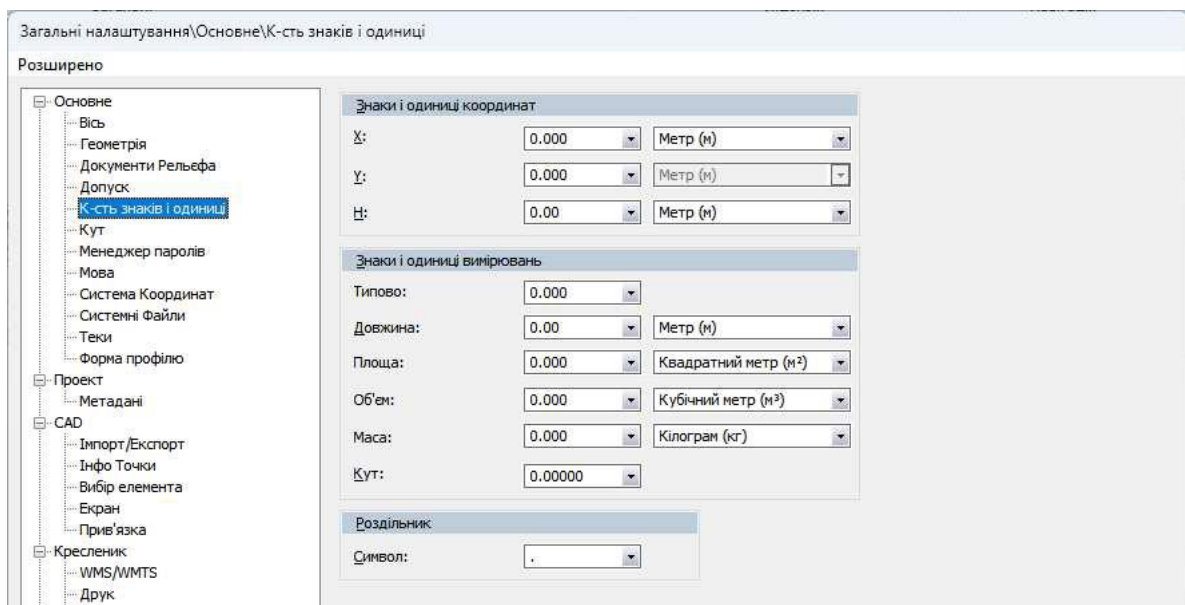


Рис. 14. Налаштування одиниць вимірювань ПЗ Торосад

Запускаємо модуль «Вирівнювання» (рис. 15)

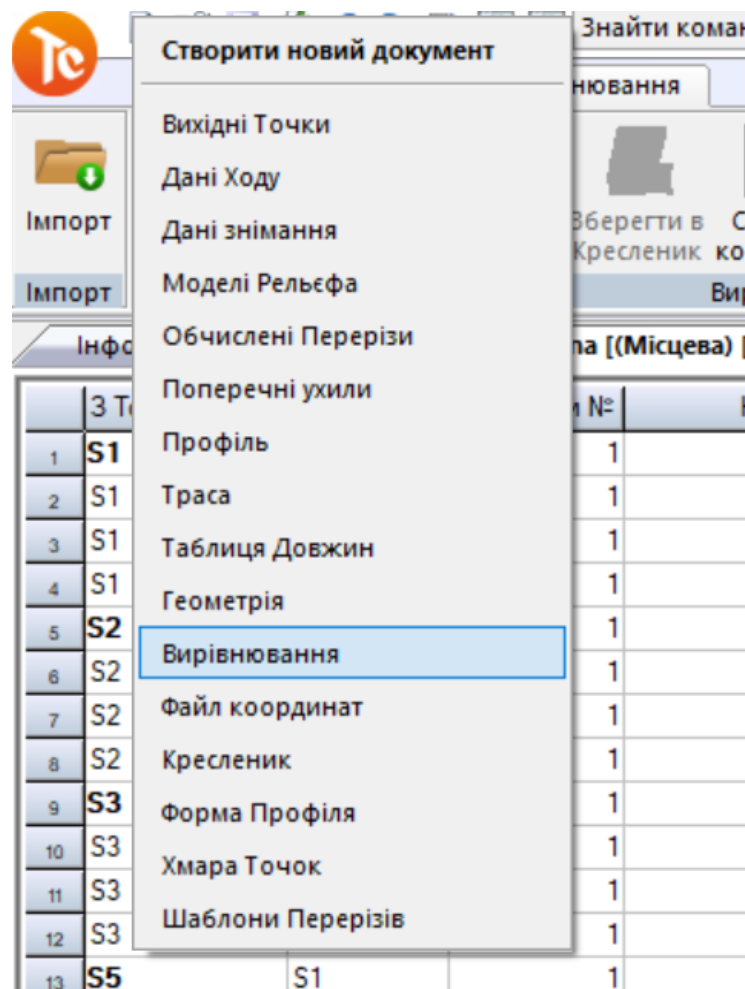


Рис. 15. Вибір модуля вирівнювання

2. Переходимо знизу на вкладку «Схема» та вибираємо зверху команду «Нові точки».

У новому діалоговому вікні заносимо наближені координати точок мережі полігонометрії.

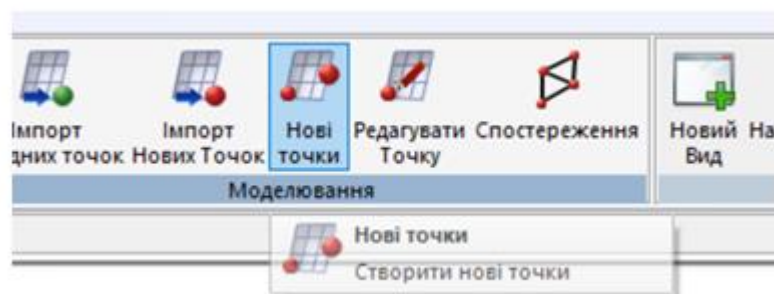


Рис. 16. Вибір режиму занесення даних

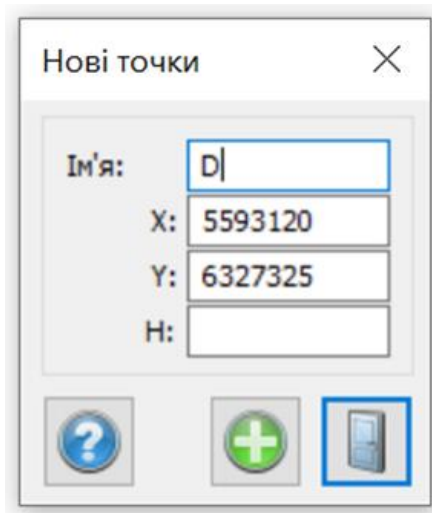


Рис. 17. Занесення наближених координат пунктів мережі полігонометрії

Занесений пункт одразу додається на екран ПЗ Торосад. Проте, внаслідок дрібного масштабу їх не видно. Проблему можна вирішити через зміну розміру відображення тексту. Необхідно вибрати меню «Налаштування» та поставити висоту шрифту в імені точки: 50 (рис. 18)

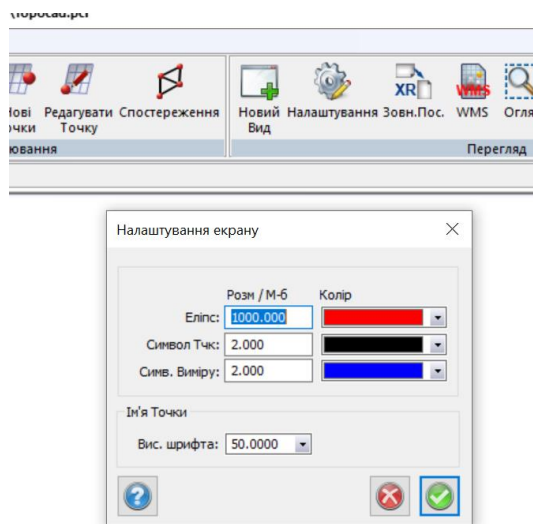


Рис. 18. Налаштування розміру написів

ПЗ Торосад дозволяє додавати нові пункти мережі графічно. Для цього в режимі занесення пунктів (після вибору команди «Нові точки») на екрані ПК необхідно натиснути лівою кнопкою мишки. ПЗ Торосад автоматично визначить координати вибраної точки.

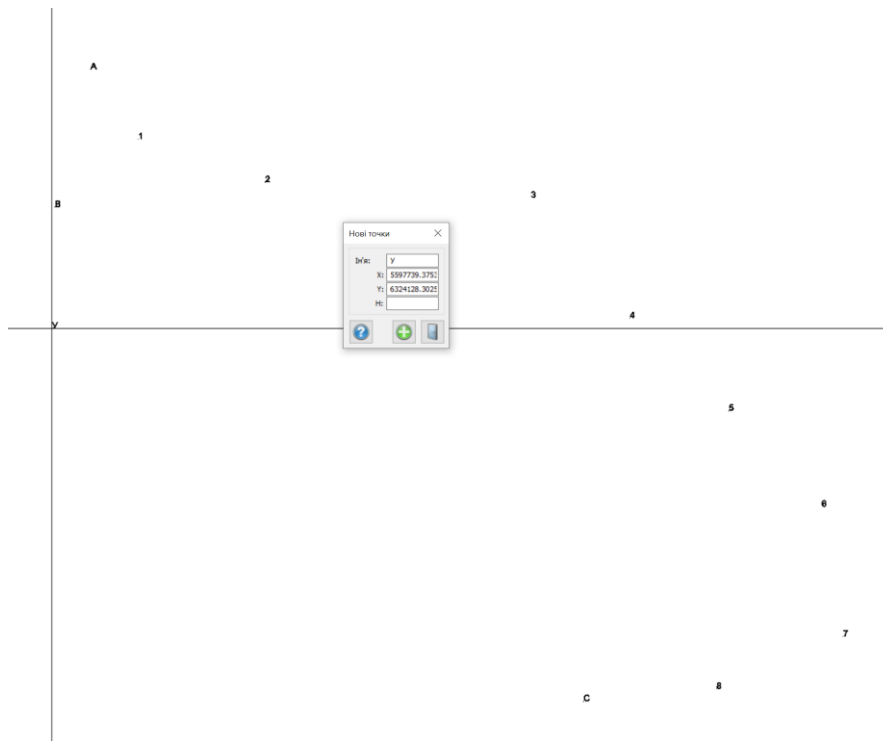


Рис. 19. Додавання точки ходу полігонометрії графічно.

Перелік занесений пунктів полігонометрії можна побачити на вкладці «Точки» в нижній частині екрану (рис. 20). У вікні програми необхідно встановити які координати є відомими на пунктах полігонометричного ходу (координати вихідних пунктів). На рис. 20 встановлено, що планові координати пунктів А, В, С і D є відомими.

| Інформація |          | Вирівнювання1.tna [(Місцева) [Моделювання]]* x |              |              |          |        |
|------------|----------|--|--------------|--------------|----------|--------|
|            | Ім'я Тчк | Код Тчк  | Відоме X     | Відоме Y     | Відоме H | Відоме |
| 1          | A        |  | 5599840.0000 | 6324440.0000 |          | План   |
| 2          | B        |  | 5598725.0000 | 6324150.0000 |          | План   |
| 3          | 1        |  | 5599275.0000 | 6324825.0000 |          | Ні     |
| 4          | 2        |  | 5598925.0000 | 6325850.0000 |          | Ні     |
| 5          | 3        |  | 5598800.0000 | 6328000.0000 |          | Ні     |
| 6          | 4        |  | 5597825.0000 | 6328800.0000 |          | Ні     |
| 7          | 5        |  | 5597075.0000 | 6329600.0000 |          | Ні     |
| 8          | 6        |  | 5596300.0000 | 6330350.0000 |          | Ні     |
| 9          | 7        |  | 5595250.0000 | 6330525.0000 |          | Ні     |
| 10         | 8        |  | 5594825.0000 | 6329500.0000 |          | Ні     |
| 11         | C        |  | 5594725.0000 | 6328425.0000 |          | План   |
| 12         | D        |  | 5593120.0000 | 6327325.0000 |          | План   |

Рис. 20. Наближені координати пунктів запроєктованого ходу полігонометрії

3. Проектування вимірювань ходів полігонометрії. Для виконання розрахунку необхідно в ПЗ Торосад задати вимірювання, які будуть виконуватись на пунктах полігонометрії. Занесення майбутніх вимірів під час розрахунку точності мережі відбувається після вибору команди «Спостереження».

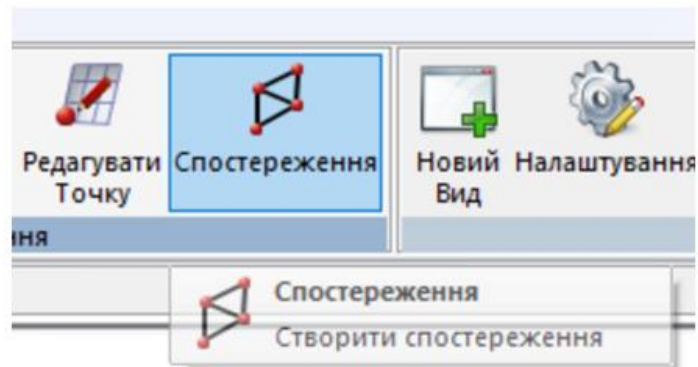
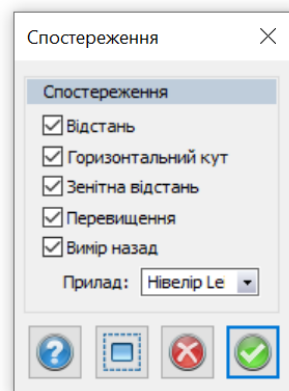


Рис. 21. Вибір режиму занесення вимірювань в ПЗ Торосад.



6

7

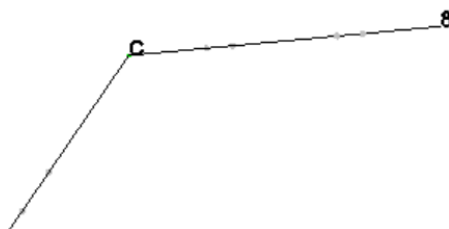


Рис. 22. Занесення вимірних елементів у ПЗ Торосад

В режимі занесення даних вимірювань необхідно поставити галки на пунктах «Відстань», «Горизонтальний кут» та «Вимір Назад». Останній пункт для кожного напрямку задає, що вимірювання

виконуються як з першого пункту на другий, так і навпаки - з другого на перший. Цей пункт зменшує кількість натискань. При занесенні даних вимірювань спочатку натискаємо на станцію, на якій виконуються вимірювання, потім на пункти на які виконуються вимірювання на цій станції. Після того завершуємо введення даних вимірювань. Для занесення даних на іншій станції, інструмент «Спостереження» необхідно викликати ще раз.

Після занесення даних вимірювань на всіх пунктах полігонометричного ходу, отримуємо його схему в ПЗ Торосад. Занести необхідно всі ходи полігонометрії 4 класу.

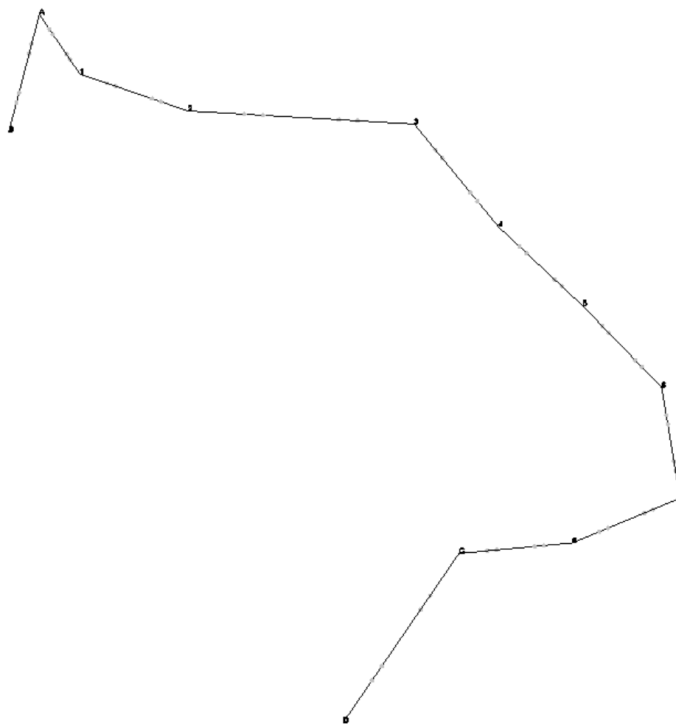


Рис. 23. Схема ходу полігонометрії

Розрахунок точності мережі полігонометрії виконується з урахуванням характеристик точності приладів, що будуть використовуватись під час її вимірювання. Внесення приладу, що буде використовуватись в полігонометрії, відбувається на вкладці «Спостереження», що знаходиться у нижній частині вікна ПЗ Торосад (рис. 24).

| проект*      |         | ліній   |          | коді        |            | виробів |           | коди        |          | 3D-тіл |        | стіле                   |            | розмірів |  | ?P |  | с.тіл |  | фігур |  | Загальні |  | Ліцензія |  |
|--------------|---------|---|----------|-------------|------------|---------|-----------|-------------|----------|--------|--------|-------------------------|------------|----------|--|----|--|-------|--|-------|--|----------|--|----------|--|
| Налаштування |         | Вирівнювання 1.tna [(Місцева) [Моделювання]]* |          |             |            |         |           |             |          |        |        |                         |            |          |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| Інформація   | З Точки | На Точку                                      | Прийм. № | Набр. кутів | ГК         | ЗВ      | Відстань  | Перевіщення | Напрямок | H      | Hv     | Прилад                  | Атм. Попр. | Тиск     |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 1            | C       | D   | 1        | 0           | 0°00'00"   |         | 1945.7711 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр               | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 2            | C       | 8   | 1        | 0           | 230°15'37" |         | 1079.6411 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Нівелір Leica           |            | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 3            | D       | C   | 1        | 0           | 0°00'00"   |         | 1945.7711 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Нівелір Topcon          |            | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 4            | 8       | C   | 1        | 0           | 0°00'00"   |         | 1079.6411 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Нівелір Trimble         |            | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 5            | 8       | 7   | 1        | 0           | 162°47'38" |         | 1109.6171 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Leica         |            | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 6            | 7       | 8   | 1        | 0           | 0°00'00"   |         | 1109.6171 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sokkia IM-105 |            | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 7            | 7       | 6   | 1        | 0           | 103°03'30" |         | 1064.4834 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Topcon        |            | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 8            | 6       | 7   | 1        | 0           | 0°00'00"   |         | 1064.4834 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Trimble       |            | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 9            | 6       | 5   | 1        | 0           | 145°24'05" |         | 1078.4827 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sokkia IM102  |            | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 10           | 5       | 6   | 1        | 0           | 0°00'00"   |         | 1078.4827 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sc            | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 11           | 5       | 4   | 1        | 0           | 177°12'48" |         | 1096.5856 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sc            | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 12           | 4       | 5   | 1        | 0           | 0°00'00"   |         | 1096.5856 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sc            | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 13           | 4       | 3   | 1        | 0           | 187°28'42" |         | 1261.1998 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sc            | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 14           | 3       | 4   | 1        | 0           | 0°00'00"   |         | 1261.1998 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sc            | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 15           | 3       | 2   | 1        | 0           | 132°41'48" |         | 2153.6307 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sc            | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 16           | 2       | 3   | 1        | 0           | 0°00'00"   |         | 2153.6307 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sc            | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 17           | 2       | 1   | 1        | 0           | 195°31'33" |         | 1083.1090 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sc            | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 18           | 1       | 2   | 1        | 0           | 0°00'00"   |         | 1083.1090 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sc            | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 19           | 1       | A   | 1        | 0           | 216°52'33" |         | 683.7032  |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sc            | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 20           | A       | 1   | 1        | 0           | 0°00'00"   |         | 683.7032  |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sc            | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 21           | A       | B   | 1        | 0           | 48°51'01"  |         | 1152.0959 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sc            | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |
| 22           | B       | A   | 1        | 0           | 0°00'00"   |         | 1152.0959 |             |          | 0.0000 | 0.0000 | Тахеометр Sc            | Так        | 1013.000 |  |    |  |       |  |       |  |          |  |          |  |

Рис. 24. Вибір приладу виконання вимірювань

Налаштування точності вимірювань приладу можна виконати на вкладці «Прилади» у нижній частині екрану (рис. 25).

| № | Ім'я                    | Тип інстр. | СКП ГК  | СКП ЗВ  | СКП Відст. | PPM відстаней |
|---|-------------------------|------------|---------|---------|------------|---------------|
| 1 | Тахеометр Sokkia IM-105 | Тахеометр  | 0°00'5" | 0°00'5" | 0.002      | 2.000         |

Рис. 25. Налаштування точності вимірювань приладом

Для виконання розрахунку точності запроєктованої мережі необхідно вибрати команду «Обчислити» у верхній частині екрану ПЗ Torosad.

На вкладці «Звіт» буде представлений результат розрахунку точності запроєктованої опорної геодезичної мережі (рис. 26).

Серед результатів розрахунку точності необхідно знайти таблицю «Точки, що визначаються». У стовпчиках «СКП X» та «СКП Y» показано СКП похибки положення пунктів по координатних осях. Серед отриманих оцінок точності необхідно вибрати пункт, СКП положення якого буде найгіршим:

$$m = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} . \quad (21)$$

Для найгіршого пункту визначають граничну похибку за формулою:

$$\Delta = tm = 2m , \quad (22)$$

та відносну похибку ходу:

$$\frac{1}{T} = \frac{\Delta}{\sum S}, \quad (23)$$

де  $\sum S$  – сума довжин сторін ходу.

Якщо відносна похибка ходу перевищує допустиме значення, здобувач повинен виконати повторний розрахунок вибравши точніший прилад для вимірювань або змінивши конфігурацію мережі.

| Точки, що визначаються |              |              |             |        |        |       |         |         |           |
|------------------------|--------------|--------------|-------------|--------|--------|-------|---------|---------|-----------|
| № п.п. Точк            | Обчислене X  | Обчислене Y  | Обчислене H | СКП X  | СКП Y  | СКП H | Еліпс А | Еліпс В | Еліпс Кут |
| 1                      | 5599274.9969 | 6224825.0044 |             | 0.0147 | 0.0215 |       | 0.026   | 0.003   | 56°"      |
| 2                      | 5598925.0009 | 6225850.0143 |             | 0.0458 | 0.0295 |       | 0.053   | 0.011   | 32°"      |
| 3                      | 5598800.0167 | 6228000.0312 |             | 0.0757 | 0.0301 |       | 0.078   | 0.023   | 15°"      |
| 4                      | 5597825.0102 | 6228800.0380 |             | 0.0750 | 0.0355 |       | 0.078   | 0.028   | 17°"      |
| 5                      | 5597075.0007 | 6229600.0403 |             | 0.0646 | 0.0361 |       | 0.066   | 0.033   | 15°"      |
| 6                      | 5596299.9873 | 6230350.0378 |             | 0.0520 | 0.0302 |       | 0.052   | 0.030   | 176°"     |
| 7                      | 5595249.9768 | 6230525.0233 |             | 0.0506 | 0.0140 |       | 0.052   | 0.008   | 167°"     |
| 8                      | 5594824.9898 | 6229500.0090 |             | 0.0354 | 0.0045 |       | 0.036   | 0.003   | 175°"     |

Рис. 26. Результати розрахунку точності запроєктованої мережі полігонометрії

Розрахунок точності виконується для всіх ходів полігонометрії 4-го класу.

## 9. Підбір центрів пунктів полігонометрії

Описати способи закріплення пунктів полігонометрії на місцевості. Виконати креслення центрів пунктів полігонометрії, запропонованих здобувачем у табл. 3. Приклади креслень наведено в [1], [2].

*Здобувач повинен зробити саме креслення знаку, а не копію його креслення!*

## 10. Методи закріплення пунктів полігонометрії

Навести типові схеми закріплення пунктів полігонометрії стінними знаками:

– відновлювальними: створні, створні з контролем, створні на перехресті, створні між двома будинками, трикутні:

- а) рівносторонній;
- б) рівнобедрений;

- в) прямокутний;
- г) довільний;
- орієнтирними: окремі, подвійні, потрійні.

Коротко описати переваги та недоліки кожного типу знаків, процес закріплення.

## 11. Картки закладки геодезичного пункту

Скласти картку закладки пункту полігонометрії, наданого викладачем, як це показано на рис. 27.

Зразок картки (кроки) геодезичного пункту на забудованій території

|                                  |  |                          |  |
|----------------------------------|--|--------------------------|--|
| Підприємство <u>НДІГК</u>        |  | Об'єкт <u>К-УЗР-2005</u> |  |
| <b>Кроки геодезичного пункту</b> |  |                          |  |
| Пункт <u>6074</u>                | Клас, розряд <u>4</u>                  | Трапеція <u>68</u>       | Тип центру <u>160</u>  |
|                                  |  |                          | <b>Опис місцеположення</b><br><hr/> <hr/> <hr/> <hr/>                    |
|                                  |  |                          | <b>Технічний стан</b><br>Задовільний<br><hr/> <hr/>                      |
|                                  |  |                          | <b>Видимість на суміжні пункти</b><br>п. 6092 – добра<br>п. 6073 – добра |
| Рік обстеження <u>2007</u>       | Креслив _____ <u>Комашня С.О.</u>      |                          |  |
| Склав _____ <u>Фадєєв Ю.Ю.</u>   | Нач. відділу _____ <u>Столхай Ю.А.</u> |                          |  |

Рис. 27. Зразок картки закладки пункту полігонометрії

В картці зробити зарисовку прив'язки, короткий опис його місцезнаходження, вказати тип центра, його номер та виконавця робіт. Відстані вказуються з точністю **0,01 м**. Місцевість зображується відповідно умовним знакам.

## Список літератури

1. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500, ГКНТА – 2.04-02-98. – К.: ГУГКК, 1999. – 156с.
2. Інструкція. Про типи центрів геодезичних пунктів. ГКНТА – 2.01, 02-01-93. – К.: ГУГКК, 1994. – 53 с.
3. Таблиці координат Гаусса – Крюгера для широт від  $32^{\circ}$  до  $80^{\circ}$  і таблиці розмірів рамок і площ трапецій топографічних зніманих. <https://org2.knuba.edu.ua/course/view.php?id=1233>
4. Інженерна геодезія: підручник / за ред. проф. С.П.Войтенко. - Чернігів.: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 700 с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет  
будівництва і архітектури

Кафедра інженерної геодезії

**КУРСОВИЙ ПРОЕКТ**

НА ТЕМУ:

**ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК  
МЕРЕЖІ ПОЛІГОНОМЕТРІЇ**

Виконав: ст. гр.

Керівник:

2025 р.

Підприємство \_\_\_\_\_ Об'єкт \_\_\_\_\_

Пункт № \_\_\_\_\_ Клас 4 Трапеція \_\_\_\_\_ Тип центру \_\_\_\_\_

|  |                                |
|--|--------------------------------|
|  | Опис<br>місцезнаходження       |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  | Технічний стан                 |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  | Видимість на<br>сусідні пункти |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |
|  |                                |

Рік закладки та обстеження \_\_\_\_\_ < Креслив: \_\_\_\_\_  
 Склад : \_\_\_\_\_ Нач. орган- ції : \_\_\_\_\_

**Умовні позначення**



Вихідні пункти. Трикутник червоного кольору зі сторонами 5 мм



Пункти полігонометрії 4 класу. Квадрат чорного кольору зі сторонами 4 мм



Пункти полігонометрії 1 розряду. Коло чорного кольору діаметром 4 мм



Пункти полігонометрії 2 розряду. Квадрат чорного кольору зі сторонами 2 мм



Сторона ходу полігонометрії 4 класу. Лінія чорного кольору товщиною 0,5 мм.



Сторона ходу полігонометрії 1 розряду. Лінія чорного кольору товщиною 0,3 мм.



Сторона ходу полігонометрії 2 розряду. Лінія чорного кольору товщиною 0,15 мм.

Прямокутні координати та розміри рамок трапеції М 1:25000

|             |   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
|-------------|---|-------------|------------|-------------|-----------------|-------|------------------|-------|-------------|-------|------------|-------|-------------|--|--|-------------|------------|-------------|-----------------|-------|------------------|-------|-------------|-------|-----------|-------|-------------|----------|
| <b>B</b>    | <table border="1"> <tr><td><math>\varphi_2</math></td><td><math>46^0 40'</math></td></tr> <tr><td><math>\lambda_1</math></td><td><math>32^0 30' 00''</math></td></tr> <tr><td><math>l_1</math></td><td><math>- 0^0 30' 00''</math></td></tr> <tr><td><math>x_B</math></td><td>5 170 403,7</td></tr> <tr><td><math>y_B</math></td><td>- 38 264,5</td></tr> <tr><td><math>Y_B</math></td><td>6 461 735,5</td></tr> </table> | $\varphi_2$ | $46^0 40'$ | $\lambda_1$ | $32^0 30' 00''$ | $l_1$ | $- 0^0 30' 00''$ | $x_B$ | 5 170 403,7 | $y_B$ | - 38 264,5 | $Y_B$ | 6 461 735,5 |  | <table border="1"> <tr><td><math>\varphi_2</math></td><td><math>46^0 40'</math></td></tr> <tr><td><math>\lambda_2</math></td><td><math>32^0 37' 30''</math></td></tr> <tr><td><math>l_2</math></td><td><math>- 0^0 22' 30''</math></td></tr> <tr><td><math>x_C</math></td><td>5 170 350,5</td></tr> <tr><td><math>y_C</math></td><td>-28 698,4</td></tr> <tr><td><math>Y_C</math></td><td>6 471 301,6</td></tr> </table> | $\varphi_2$ | $46^0 40'$ | $\lambda_2$ | $32^0 37' 30''$ | $l_2$ | $- 0^0 22' 30''$ | $x_C$ | 5 170 350,5 | $y_C$ | -28 698,4 | $Y_C$ | 6 471 301,6 | <b>C</b> |
| $\varphi_2$ | $46^0 40'$  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $\lambda_1$ | $32^0 30' 00''$   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $l_1$       | $- 0^0 30' 00''$  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $x_B$       | 5 170 403,7   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $y_B$       | - 38 264,5  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $Y_B$       | 6 461 735,5   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $\varphi_2$ | $46^0 40'$  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $\lambda_2$ | $32^0 37' 30''$   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $l_2$       | $- 0^0 22' 30''$  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $x_C$       | 5 170 350,5   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $y_C$       | -28 698,4   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $Y_C$       | 6 471 301,6   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
|             | <table border="1"> <tr><td><math>\varphi_1</math></td><td><math>46^0 35'</math></td></tr> <tr><td><math>\lambda_1</math></td><td><math>32^0 30' 00''</math></td></tr> <tr><td><math>l_1</math></td><td><math>- 0^0 30' 00''</math></td></tr> <tr><td><math>x_A</math></td><td>5 161 139,9</td></tr> <tr><td><math>y_A</math></td><td>- 38 323,2</td></tr> <tr><td><math>Y_A</math></td><td>6 461 676,8</td></tr> </table> | $\varphi_1$ | $46^0 35'$ | $\lambda_1$ | $32^0 30' 00''$ | $l_1$ | $- 0^0 30' 00''$ | $x_A$ | 5 161 139,9 | $y_A$ | - 38 323,2 | $Y_A$ | 6 461 676,8 |  | <table border="1"> <tr><td><math>\varphi_1</math></td><td><math>46^0 35'</math></td></tr> <tr><td><math>\lambda_2</math></td><td><math>32^0 37' 30''</math></td></tr> <tr><td><math>l_2</math></td><td><math>- 0^0 22' 30''</math></td></tr> <tr><td><math>x_D</math></td><td>5 161 086,8</td></tr> <tr><td><math>y_D</math></td><td>-28 742,4</td></tr> <tr><td><math>Y_D</math></td><td>6 471 257,6</td></tr> </table> | $\varphi_1$ | $46^0 35'$ | $\lambda_2$ | $32^0 37' 30''$ | $l_2$ | $- 0^0 22' 30''$ | $x_D$ | 5 161 086,8 | $y_D$ | -28 742,4 | $Y_D$ | 6 471 257,6 | <b>D</b> |
| $\varphi_1$ | $46^0 35'$  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $\lambda_1$ | $32^0 30' 00''$   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $l_1$       | $- 0^0 30' 00''$  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $x_A$       | 5 161 139,9   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $y_A$       | - 38 323,2  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $Y_A$       | 6 461 676,8   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $\varphi_1$ | $46^0 35'$  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $\lambda_2$ | $32^0 37' 30''$   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $l_2$       | $- 0^0 22' 30''$  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $x_D$       | 5 161 086,8   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $y_D$       | -28 742,4   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| $Y_D$       | 6 471 257,6   |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |
| <b>A</b>    |   |             |            | <b>D</b>    |                 |       |                  |       |             |       |            |       |             |  |  |             |            |             |                 |       |                  |       |             |       |           |       |             |          |

Розміри рамки трапеції в масштабі карти 1: 25 000 у см.

| Параметр | Значення<br>в км | Значення<br>в<br>масштабі<br>у см |
|----------|------------------|-----------------------------------|
| $a_1$    | 9,555            | 38,32                             |
| $a_2$    | 9,565            | 38,26                             |
| $c$      | 9,265            | 37,06                             |
| $d$      | 13,3225          | 53,29                             |

