

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА АГРОІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

к.е.н., доцент

\_\_\_\_\_ Оксана МАЛАЩУК

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
Освітньої програми «Геодезія та землеустрій»  
за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій»

### ПРОЄКТ СТВОРЕННЯ ПОЛІГОНОМЕТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ЗГУЩЕННЯ ДЛЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ЗНІМАННЯ ЗЕМЕЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ ПО ВУЛ. ТИЛГУЛЬСЬКІЙ В С. КРАСНОПІЛЛЯ БЕРЕЗАНСЬКОЇ СЕЛИЩНОЇ ГРОМАДИ МИКОЛАЇВСЬКОГО РАЙОНУ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Науковий керівник: в.о. завідувач кафедри  
доцент, к.е.н.

\_\_\_\_\_ Оксана МАЛАЩУК

Рецензент: доцент, к.е.н.

\_\_\_\_\_ Тетяна МОВЧАН

Виконав здобувач денної форми навчання

\_\_\_\_\_ Володимир НАКОНЕЧНИЙ

*Засвідчую, що кваліфікаційна робота містить  
результати власних досліджень. Використання  
ідей і текстів інших авторів має посилання  
на відповідне джерело.*

\_\_\_\_\_ Володимир НАКОНЕЧНИЙ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет геодезії, землеустрою та агроінженерії  
Кафедра геодезії, землеустрою та земельного кадастру  
Освітній рівень перший (бакалаврський)  
Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. завідувача кафедри

к.е.н., доцент Оксана МАЛАЩУК

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

**НАКОНЕЧНОМУ ВОЛОДИМИРУ ІГОРОВИЧУ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема проекту:** Проект створення полігонометричної мережі згущення для топографічного знімання земельної ділянки по вул. Тилігульській в с. Краснопілля Березанської селищної громади Миколаївського району Миколаївської області.

**Керівник проекту:** к.е.н., доцент Оксана МАЛАЩУК, затверджена наказом закладу вищої освіти від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р. № \_\_\_\_.

**2. Строк подання здобувачем роботи** \_\_\_\_\_

**3. Вихідні дані до роботи:** природно-кліматичні, рельєфні та ґрунтові умови с. Краснопілля Березанської селищної громади Миколаївського району Миколаївської області, відомості про наявні пункти ДГМ на територію району робіт, перелік геодезичних приладів для виконання польових робіт

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):** Вступ. 1. Огляд нормативних документів і спеціальної літератури за темою кваліфікаційної роботи. 2. Загальні відомості про об'єкт та район робіт. 3. Проект створення геодезичної мережі. 4. Топографічне знімання об'єкту робіт. Висновки. Список використаної літератури.

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):** 1. Схема топографо-геодезичної забезпеченості району робіт. 2. Проект геодезичної мережі згущення.

3. Топографічне знімання по \_\_\_\_\_ вул. Тилігульській в с. Краснопілля  
Березанського району Миколаївської області.

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### **КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| <b>№ з/п</b> | <b>Назва етапів кваліфікаційної роботи<br/>(кваліфікаційного проєкту)</b>                                                                                                                  | <b>Строк виконання<br/>етапів КР</b> | <b>Примітка</b> |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| 1.           | Видача завдання на кваліфікаційну роботу. Пошук необхідної літератури для написання розділу «Огляд нормативних документів і спеціальної літератури за темою кваліфікаційної роботи».       | 17.02.25р. по<br>22.02.25р.          |                 |
| 2.           | Збір матеріалів по об'єкту дослідження. Написання розділу: «Загальні відомості про об'єкт та район робіт». Оформлення креслення «Схема топографо-геодезичної забезпеченості району робіт». | 24.02.25р. по<br>01.03.25р.          |                 |
| 3.           | Написання розділу «Проект створення геодезичної мережі». Розробка креслення «Проект геодезичної мережі згущення»                                                                           | 02.06.25р. по<br>07.06.25р.          |                 |
| 4.           | Написання розділу «Топографічне знімання об'єкту робіт». Розробка креслення «Топографічне знімання по вул. Тилігульській в с. Краснопілля Березанського району Миколаївської області»      | 09.06.25р. по<br>14.06.25р.          |                 |
| 5.           | Чистове оформлення кваліфікаційної роботи. Попередній захист кваліфікаційної роботи.                                                                                                       | 16.06.25р. по<br>21.06.25р.          |                 |
| 6.           | Захист кваліфікаційної роботи                                                                                                                                                              | 23.06.25р. по<br>28.06.25р.          |                 |

Здобувач ОС «Бакалавр» \_\_\_\_\_

Володимир НАКОНЕЧНИЙ

Науковий керівник \_\_\_\_\_

Оксана МАЛАЩУК

Гарант ОПП \_\_\_\_\_

Тетяна МОВЧАН

## РЕФЕРАТ

Проект створення полігонометричної мережі згущення для топографічного знімання земельної ділянки по вул. Тилігульській в с. Краснопілля Березанської селищної громади Миколаївського району Миколаївської області. Наконечний В.І. Кваліфікаційна робота. ОДАУ, кафедра геодезії, землеустрою та земельного кадастру. 2026. 72 с. текстової частини, 7 таблиць, 3 вкладиші, 25 літературних джерел, 3 аркуші графічної частини.

*Текстова частина включає:* вступ, огляд нормативних документів і спеціальної літератури за темою кваліфікаційної роботи, загальні відомості про об'єкт та район робіт, проект створення геодезичної мережі, топографічне знімання об'єкту робіт, висновки, список використаної літератури.

*Графічна частина включає:* схема топографо-геодезичної забезпеченості району робіт, проект геодезичної мережі згущення, топографічне знімання по вул. Тилігульській в с. Краснопілля Березанського району Миколаївської області.

*Ключові слова:* ГЕОДЕЗИЧНА МЕРЕЖА ЗГУЩЕННЯ, ПОЛІГОНОМЕТРИЯ 4 КЛАСУ, ТОПОГРАФІЧНЕ ЗНІМАННЯ, ТАХЕОМЕТРИЧНЕ ЗНІМАННЯ, ЗЕМЕЛЬНА ДІЛЯНКА, ТОПОГРАФІЧНИЙ ПЛАН, НІВЕЛЮВАННЯ IV КЛАСУ, ВИСОТНА ОСНОВА, ТОЧНІСТЬ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ.

У результаті виконання кваліфікаційної роботи досягнуто поставленої мети та вирішено визначені завдання. Проведені дослідження та розрахунки підтверджують доцільність застосування обраних методів і технологій геодезичних робіт для забезпечення необхідної точності та ефективності топографічного знімання. Отримані результати мають практичне значення та можуть бути використані при виконанні аналогічних геодезичних робіт, зокрема під час створення топографічних планів великого масштабу та формування геодезичної основи для подальшого проектування.

## ЗМІСТ

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                                             | 5  |
| РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ І СПЕЦІАЛЬНОЇ<br>ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ..... | 7  |
| РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ТА РАЙОН РОБІТ.....                                             | 17 |
| 2.1 Фізико-географічна характеристика району робіт.....                                                 | 17 |
| 2.2 Топографо-геодезична забезпеченість району робіт .....                                              | 22 |
| РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТ СТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ .....                                                     | 28 |
| 3.1 Складання проекту геодезичної мережі традиційними<br>методами .....                                 | 28 |
| 3.2 Попередній розрахунок точності запроектованої геодезичної<br>основи .....                           | 35 |
| 3.3 Технологія виконання польових робіт .....                                                           | 39 |
| 3.4 Розробка висотної мережі згущення .....                                                             | 44 |
| РОЗДІЛ 4. ТОПОГРАФІЧНЕ ЗНІМАННЯ ОБ'ЄКТУ РОБІТ.....                                                      | 49 |
| 4.1 Обґрунтування способу виконання топографічного знімання,<br>масштабу і перерізу рельєфу.....        | 49 |
| 4.2 Технологія проведення польових робіт при тахеометричному<br>зніманні.....                           | 53 |
| 4.3 Камеральна обробка результатів тахеометричного знімання та<br>створення топографічного плану .....  | 59 |
| ВИСНОВКИ .....                                                                                          | 67 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....                                                                    | 70 |

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Сучасний розвиток земельних відносин, містобудування та інженерної інфраструктури зумовлює зростання вимог до точності та достовірності топографо-геодезичних матеріалів. Надійною основою для створення топографічних планів великого масштабу є геодезичні мережі згущення, зокрема полігонометричні мережі, які забезпечують необхідну щільність і точність визначення координат пунктів на місцевості.

Актуальність теми зумовлена необхідністю вдосконалення підходів до проектування та створення геодезичних мереж згущення з урахуванням сучасних технічних засобів і нормативних вимог. Особливого значення набуває застосування електронних тахеометрів, що дозволяють підвищити продуктивність польових робіт і забезпечити високу точність вимірювань.

*Мета кваліфікаційної роботи:* набуття практичних навиків щодо проектування та створення полігонометричної мережі згущення для забезпечення виконання великомасштабного топографічного знімання визначеної території.

*Об'єкт досліджень:* процес створення геодезичної основи для топографічного знімання.

*Предмет дослідження:* методи та технології проектування і побудови полігонометричних мереж згущення.

*Основні завдання кваліфікаційної роботи:*

- проаналізувати нормативно-правову базу та спеціальну літературу з питань створення полігонометричних мереж згущення та виконання топографічних знімів;
- охарактеризувати фізико-географічні умови та топографо-геодезичну забезпеченість району проведення робіт;
- обґрунтувати вибір методу створення геодезичної основи (полігонометрія 4 класу) та виконати проектування полігонометричної мережі;

- провести попередній розрахунок точності запроектованої геодезичної основи;
- розробити технологію виконання польових геодезичних робіт при прокладанні полігонометричних ходів;
- розробити висотну мережу згущення шляхом прокладання нівелірних ходів IV класу;
- обґрунтувати вибір способу виконання топографічного знімання, масштабу та висоти перерізу рельєфу;
- розробити технологію проведення польових робіт при тахеометричному зніманні;
- виконати камеральну обробку результатів вимірювань та побудувати топографічний план земельної ділянки.

*Методи дослідження.* аналітичний (для огляду літературних та нормативних джерел), розрахунково-конструктивний (при проектуванні полігонометричної мережі та оцінці точності), графічний (побудова топографічного плану), а також методи математичної обробки геодезичних вимірювань (врівноваження ходів, обчислення площ за координатами) із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення Sokkia Link, AutoCAD Geodesy та AutoCAD Civil 3D.

*Практичне значення* отриманих результатів полягає у можливості їх використання для виконання топографо-геодезичних робіт на території Березанської селищної громади, зокрема при створенні топографічних планів великого масштабу для проектування об'єктів будівництва, а також при веденні Державного земельного кадастру та землеустрою.

Таким чином, виконання кваліфікаційної роботи спрямоване на поєднання теоретичних знань і практичних навичок у сфері інженерної геодезії та землеустрою. Реалізація поставлених завдань дозволяє отримати комплексне уявлення про процес створення полігонометричної мережі згущення, оцінити точність геодезичних побудов та забезпечити їх відповідність чинним нормативним вимогам.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ І СПЕЦІАЛЬНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Створення геодезичної основи для топографічного знімання є одним із найважливіших завдань інженерної геодезії, особливо в контексті підготовки матеріалів для ведення Державного земельного кадастру та розробки землевпорядної документації. Для території Березанської селищної громади, де розташована земельна ділянка по вулиці Тилігульській у селі Краснопілля Миколаївського району, актуальним є проєктування полігонометричної мережі згущення, яка забезпечить необхідну точність та щільність геодезичних пунктів. У даному розділі наведено огляд нормативно-правових актів та спеціальної літератури, що регламентують створення таких мереж та виконання топографічних знімачь.

*Нормативно-правове забезпечення геодезичної діяльності в Україні.* Правові, організаційні та економічні засади здійснення топографо-геодезичної та картографічної діяльності в Україні визначаються Законом України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 23 грудня 1998 року № 353-XIV (зі змінами та доповненнями) [24]. Цей закон регулює відносини, що виникають у процесі виконання геодезичних робіт, встановлює вимоги до ліцензування, сертифікації та відповідальності виконавців, а також визначає загальні принципи побудови Державної геодезичної мережі України.

Організаційні аспекти функціонування геодезичної інфраструктури регламентуються Постановою Кабінету Міністрів України № 646 від 7 серпня 2013 року «Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність»» [5]. Цей документ встановлює порядок реалізації державної політики у сфері геодезії, зокрема щодо побудови Державної геодезичної мережі з використанням сучасних глобальних навігаційних супутникових систем.

Фундаментальним документом, що визначає структуру та принципи побудови державної геодезичної мережі, є «Основні положення створення Державної геодезичної мережі України», затверджені постановою Кабінету Міністрів України № 844 від 8 червня 1998 року [18]. Згідно з цим документом, планова геодезична мережа поділяється на астрономо-геодезичну мережу 1 та 2 класів та геодезичні мережі згущення 3 і 4 класів, а також 1 та 2 розрядів [3]. Основні положення окреслюють вимоги до точності, щільності та методів побудови геодезичних мереж різних рівнів, що є визначальним при проектуванні полігонометричних мереж згущення.

На рівні відомчих нормативних документів ключове значення має Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 1675 від 17 квітня 2025 року «Про затвердження Порядку топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500» [22]. Цей документ визначає механізм виконання топографічного знімання, у тому числі створення знімальних та спеціальних геодезичних мереж, використання GNSS-технологій, вимоги до точності та складання топографічних планів. Важливо, що з 5 червня 2025 року (дати набрання чинності наказом № 1675) попередня «Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500» (ГКНТА-2.04-02-98), затверджена наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру № 56 від 9 квітня 1998 року, втратила чинність [12]. Незважаючи на це, зазначена інструкція зберігає важливе науково-методичне значення для розуміння еволюції вимог до геодезичних робіт, особливо у частині методів створення геодезичних мереж згущення, умовних знаків та оцінки точності [14].

Для забезпечення належної точності геодезичних вимірювань необхідно дотримуватись вимог Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 5 червня 2014 року № 1314-VII [23]. Цей закон регулює відносини, що виникають у процесі провадження метрологічної діяльності, і є обов'язковим для виконання суб'єктами господарювання під час проведення геодезичних робіт. Відповідно до цього закону, геодезичне обладнання підлягає періодичній повірці або калібруванню в акредитованих

лабораторіях, що забезпечує єдність вимірювань та простежуваність результатів до національних еталонів.

*Термінологічне забезпечення геодезичних робіт.* Важливе значення для уніфікації професійної термінології та забезпечення однозначного трактування понять у сфері геодезії мають національні стандарти. Фундаментальним документом у цьому контексті є ДСТУ 2393-94 «Геодезія. Терміни та визначення» [7], який установлює терміни та визначення основних понять в галузі геодезії. Стандарт набув чинності 1 січня 1995 року і є обов'язковим для використання в документації всіх видів, науково-технічній, навчальній і довідковій літературі, а також у комп'ютерних інформаційних системах. Для кожного поняття встановлено один стандартизований термін, що забезпечує однозначність тлумачення. Стандарт містить терміни та визначення загальнотехнічних понять, необхідних для розуміння тексту, а також наводить як довідкові німецькі, англійські та російські відповідники стандартизованих термінів. Це сприяє гармонізації української геодезичної термінології з міжнародною практикою. У стандарті наведено абетковий покажчик українських термінів та їхніх іншомовних відповідників, що значно полегшує користування ним у практичній діяльності.

Актуалізованою версією цього стандарту є ДСТУ 2393:2014 «Геодезія. Терміни та визначення понять» [6], який враховує сучасний розвиток геодезичної науки та техніки, зокрема впровадження новітніх технологій, таких як GNSS-спостереження, лазерне сканування, цифрова фотограмметрія тощо. Обидва стандарти разом створюють цілісну термінологічну базу, що є необхідною умовою для якісного виконання геодезичних робіт, однозначного розуміння технічної документації та уникнення помилок при інтерпретації результатів вимірювань. Використання термінології, встановленої цими стандартами, є особливо важливим при проєктуванні полігонометричних мереж згущення, оскільки забезпечує коректне застосування таких ключових понять, як «полігонометрія», «геодезична мережа згущення», «знімальна геодезична мережа»,

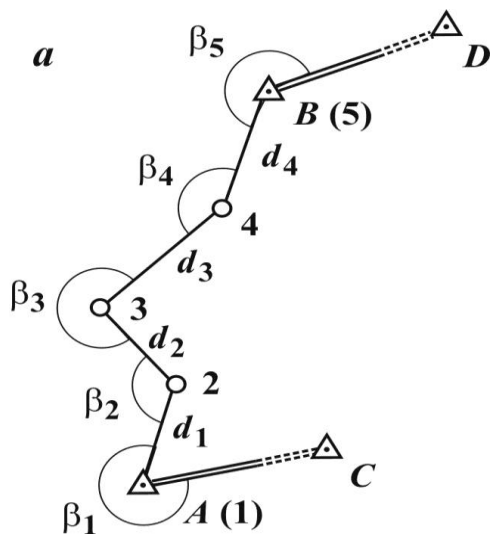
«топографічне знімання», «планова та висотна основа» тощо. Крім того, одноманітність термінології є критично важливою при оформленні технічної документації та її подальшій передачі до Державного земельного кадастру.

Уніфікація термінології також забезпечується п'ятимовним словником основних термінів і визначень в геодезії, фотограмметрії та картографії [14], що є корисним довідковим матеріалом для фахівців.

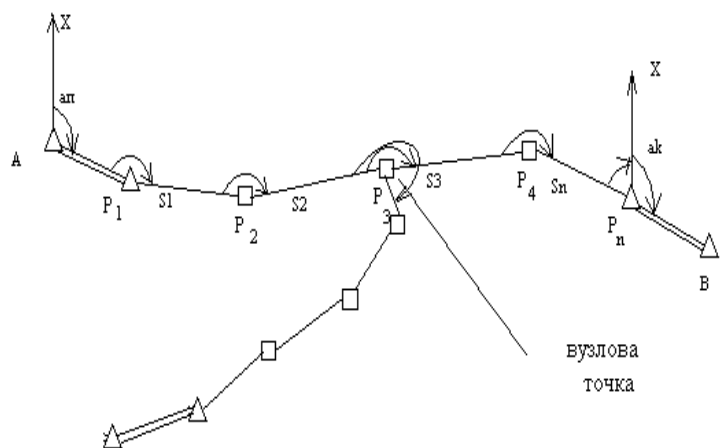
*Теоретичні основи полігонометрії та геодезичних мереж згущення.* Полігонометрія є одним із основних методів побудови геодезичних мереж згущення, що забезпечує необхідну точність та щільність геодезичних пунктів для виконання топографічних знімів різних масштабів. Як зазначається у навчальній літературі, полігонометрія – це метод побудови геодезичної мережі шляхом вимірювання відстаней і горизонтальних кутів між пунктами ходу [15].

Застосовувана технологія вимірювань, а саме метод полігонометрії, дозволяє контролювати точність кутових і лінійних вимірювань. Відповідно до вимог, мережі полігонометрії 4 класу, 1 і 2 розрядів створюються у вигляді окремих ходів або систем ходів (рис. 1.1), причому окремий хід полігонометрії повинен опиратися на два вихідних пункти. Прокладання висячих ходів не допускається [16].

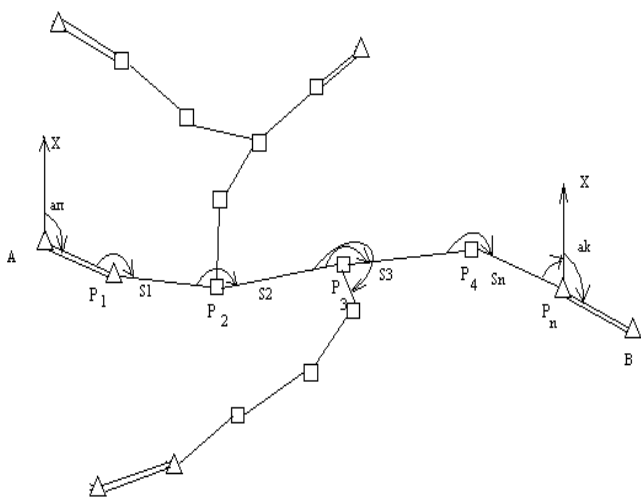
Згідно з нормативними вимогами, окремий хід полігонометрії повинен опиратися на два вихідних пункти, на яких вимірюють прилеглі кути. Прокладання висячих ходів не допускається. Для різних класів та розрядів полігонометрії встановлено граничні значення довжин ходів, довжин сторін, кількості сторін та відносних помилок. Технічні характеристики геодезичної полігонометричної мережі згущення приведені в таблиці 1.1 [16].



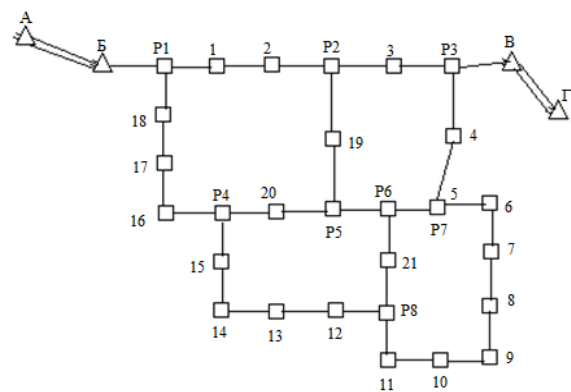
а) розімкнутий хід



б) система ходів з одним вузловим пунктом



в) система ходів з декількома вузловими точками



г) система полігонів

Рисунок 1.1 – Види розбудови полігонометрії

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики проектування полігонометрії

| №  | Характеристики                   | 4 клас | 1 розряд | 2 розряд |
|----|----------------------------------|--------|----------|----------|
| 1. | Допустима довжина ходу, км       |        |          |          |
|    | - розімкнутого                   | 14     | 7        | 4        |
|    | - між вихідною і вузловою точкою | 9      | 5        | 3        |
|    | - між вузловими точками          | 7      | 4        | 2        |
| 2. | Граничний периметр полігону, км  | 40     | 20       | 12       |

Продовження таблиці 1.1

| №  | Характеристики                                         | 4 клас      | 1 розряд     | 2 розряд     |
|----|--------------------------------------------------------|-------------|--------------|--------------|
| 3. | Довжина сторони ходу, м                                |             |              |              |
|    | - найбільша                                            | 3000        | 800          | 500          |
|    | - найменша                                             | 250         | 120          | 80           |
|    | - середня                                              | 500         | 300          | 200          |
| 4. | Кількість сторін в ході, не більше                     | 15          | 15           | 15           |
| 5. | Відносна похибка ходу, не більше                       | 1/ 25 000   | 1/10 000     | 1/5 000      |
| 6. | СКП вимірювання кута, не більше ( в секундах )         | 3           | 5            | 10           |
| 6. | Допустима кутова нев'язка в ході з кількістю кутів „n” | $5\sqrt{n}$ | $10\sqrt{n}$ | $20\sqrt{n}$ |
| 7. | СКП вимірювання довжини сторони, см                    |             |              |              |
|    | - до 500 м                                             | 1           | 1            | 1            |
|    | - від 500 до 1000 м                                    | 2           | 2            | —            |
|    | - більше 1000 м                                        | 1/40 000    | —            | —            |

Теоретичні засади побудови геодезичних мереж детально розглянуті у фундаментальних підручниках з геодезії. У підручнику «Геодезія. Частина перша» за редакцією Могильного С.Г. та Гавриленка Ю.М. висвітлено класифікацію та методи побудови геодезичних мереж, включаючи триангуляцію, полігонометрію та їх сучасне GNSS-забезпечення [3]. Автори наголошують, що вибір методу створення мережі залежить від масштабу знімання, умов місцевості та вимог до точності.

За визначенням Островського А.Л. та співавторів, геодезична мережа згущення є основною для знімань і створюється методами полігонометрії, трилатерації, триангуляції та поєднанням цих методів [19].

Теоретичні засади полігонометрії згущення детально розглянуто у конспекті лекцій Літнарівича Р.М. [15], де висвітлено основні вимоги до планових державних геодезичних мереж, включаючи полігонометричні ходи різних класів та розрядів. Методику прокладання та зрівнювання

полігонометричних ходів наведено у «Топографічному практикумі» Лозинського В.В. [16], що є цінним практичним керівництвом при виконанні геодезичних робіт.

*Сучасний стан розвитку державної топографо-геодезичної мережі України.* Відповідно до «Основних положень створення Державної геодезичної мережі України» [18], планова геодезична мережа України включає астрономо-геодезичну мережу 1 та 2 класів, а також геодезичні мережізгущення 3 і 4 класів та 1 і 2 розрядів. Як зазначається у підручнику «Геодезія. Частина перша» [3] та навчальному посібнику Островського А.Л. [19], сучасні геодезичні мережі будуються із застосуванням як класичних методів (тріангуляція, полігонометрія), так і супутникових GNSS-технологій, що дозволяє підвищити точність та оперативність визначення координат пунктів.

*Методика топографічного знімання та камеральної обробки.* Топографічне знімання є комплексом геодезичних робіт, результатом яких є складання топографічного плану місцевості. Для створення топографічних планів у масштабах 1:500 – 1:5000 використовують різні методи, зокрема тахеометричний, стереотопографічний та комбінований. Вибір методу знімання залежить від характеру місцевості, необхідної точності та наявного обладнання [4].

Практичні аспекти виконання топографічних робіт ґрунтовно висвітлені у навчальній літературі [11; 19], де розглянуто загальні відомості про великомасштабне топографічне знімання, методи його виконання, а також особливості польових та камеральних робіт.

У навчальному посібнику «Інженерна геодезія. Основи інженерної геодезії» за редакцією Войтенка С.П. деталізовано послідовність створення геодезичної основи, починаючи від аналізу наявних пунктів і закінчуючи закріпленням результатів вимірювань [11]. У роботі Лозинського В.В. «Топографічний практикум» наведено практичні рекомендації щодо прокладання теодолітних та тахеометричних ходів, розрахунку координат та

оцінки точності [7]. Ці матеріали мають безпосереднє значення для проєктування знімальної основи на території с. Краснопілля.

Для автоматизації камеральних робіт суттєве значення має використання сучасного програмного забезпечення для обробки геодезичних даних. Такі програми охоплюють повний технологічний ланцюжок – від імпорту польових вимірювань до створення топографічних планів та формування звітної документації. Застосування спеціалізованих програмних продуктів є обов'язковою умовою для забезпечення високої точності, швидкості опрацювання матеріалів та відповідності результатів сучасним нормативним вимогам [11; 16].

*Висотне обґрунтування: нівелювання IV класу.* Важливою складовою геодезичної основи є її висотне обґрунтування, яке забезпечує визначення висот пунктів геодезичної мережі згущення в єдиній системі висот. Для створення висотної основи топографічних зніманих застосовується геометричне нівелювання, зокрема нівелювання IV класу, яке є найпоширенішим методом передачі висот на території знімання.

Згідно з нормативними документами, що регламентують нівелірні роботи, нівелювання IV класу використовується для створення висотної основи топографічних зніманих у масштабах 1:500 – 1:5000, а також для забезпечення висотної прив'язки інженерних споруд. Технічні характеристики нівелювання IV класу передбачають [12; 22]:

- граничну довжину нівелірного ходу між вихідними реперами до 12км;
- середню квадратичну похибку визначення перевищення на 1 км ходу не більше 5 мм;
- допустиму нев'язку в ході за формулою  $f_h = 20\text{мм}\sqrt{L}$ , де  $L$  – довжина ходу в км;
- використання нівелірів з збільшенням не менше 20× або цифрових нівелірів з відповідною точністю;
- довжину плеча при нівелюванні – не більше 60 м.

Нівелювання IV класу виконується, як правило, методом геометричного нівелювання з середини з дотриманням рівності плечей. Цей метод забезпечує високу точність визначення перевищень та мінімізує вплив систематичних похибок.

Для забезпечення висотної основи топографічного знімання на території с. Краснопілля планується прокладання нівелірних ходів IV класу, які прив'язуються до реперів Державної нівелірної мережі. Отримані висоти пунктів полігонометричної мережі будуть використані для подальшого топографічного знімання з метою створення топографічного плану [22].

*Метрологічне забезпечення та точність геодезичних робіт.* Для забезпечення точності геодезичних вимірювань необхідно дотримуватись вимог Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [23], а також використовувати лише сертифіковане та повірене обладнання.

У підручнику Ващенко В., Літинський В., Перій С. детально описано принципи роботи електронних тахеометрів, GNSS-приймачів та інших приладів, що використовуються у топографічному зніманні [2]. Нестеренко С.Г. та співавтори у посібнику «Електронні геодезичні прилади» наводять сучасну класифікацію приладів, їх метрологічні характеристики та правила експлуатації [2].

У підручнику за редакцією Войтенка С.П. [11] детально висвітлено питання калібрування, повірки та метрологічного забезпечення геодезичних приладів, що є визначальним для достовірності результатів топографічних знімків. Сучасні електронні прилади, розглянуті в цьому ж джерелі, дозволяють автоматизувати процес вимірювань та обробки результатів, що суттєво підвищує ефективність створення знімальних мереж.

*Особливості геодезичних робіт у Миколаївській області.* Стосовно території дослідження, а саме с. Краснопілля Березанської селищної громади Миколаївського району Миколаївської області, то в наявній літературі немає спеціалізованих робіт. Однак загальна характеристика геодезичної вивченості Миколаївської області показує, що тут функціонують пункти Державної геодезичної мережі різних класів. Проте віддалені сільські райони

часто мають недостатню щільність пунктів ДГМ, що зумовлює необхідність створення геодезичних мереж згущення з використанням сучасних методів, зокрема полігонометрії [11].

*Висновки.* У результаті аналізу нормативно-правової бази та спеціалізованих наукових джерел встановлено, що в Україні сформовано достатньо розвинене правове й методичне забезпечення для проєктування полігонометричних мереж згущення та виконання топографічних зніманих. Визначальну роль у регулюванні цієї сфери відіграють Закони України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» і «Про метрологію та метрологічну діяльність», а також чинний «Порядок виконання топографічних зйомок», затверджений наказом № 1675 від 17.04.2025, який регламентує сучасні вимоги до точності та технології виконання робіт. Теоретичні основи полігонометрії достатньо повно висвітлені у навчальній та науковій літературі, що забезпечує можливість обґрунтованого вибору методів створення геодезичної основи залежно від умов території та поставлених завдань. Водночас відсутність спеціалізованих наукових досліджень щодо рівня топографо-геодезичної вивченості території села Краснопілля підтверджує актуальність і практичну значущість виконання даної кваліфікаційної роботи.

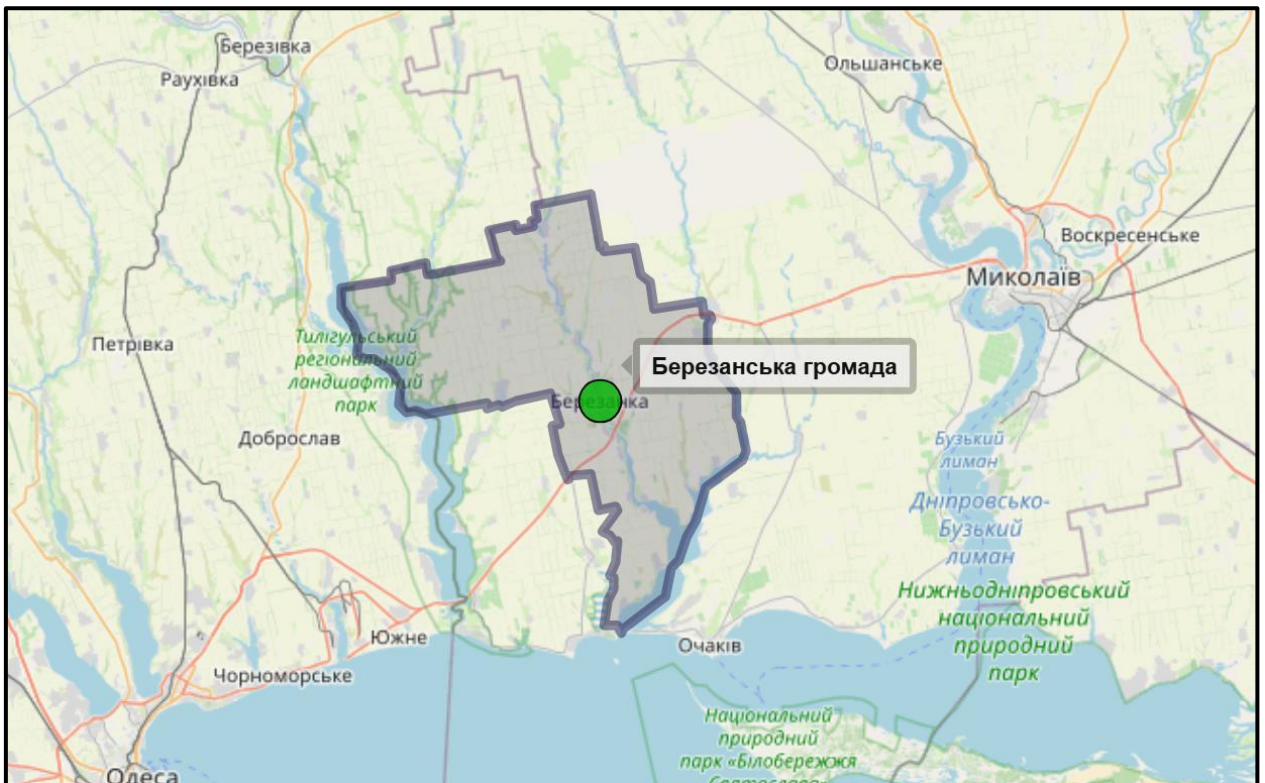
## РОЗДІЛ 2

### ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ТА РАЙОН РОБІТ

#### 2.1 Фізико-географічна характеристика району робіт

Проект створення полігонометричної мережі згущення для виконання топографічного знімання земельної ділянки передбачається реалізувати на території села Краснопілля, що входить до складу Березанської селищної територіальної громади Миколаївського району Миколаївської області (рис. 2.1).

У територіальному відношенні Березанська селищна територіальна громада межує: у південно-західному напрямку – з Коблівською сільською територіальною громадою, на північному сході – з Нечаянською сільською територіальною громадою, на півночі – зі Степівською сільською територіальною громадою, на заході – з Чорноморською сільською об'єднаною територіальною громадою, а також на сході – з Южненською міською та Визирською сільською територіальними громадами.



*Рисунок 2.1 – Адміністративне положення Березанської селищної територіальної громади Миколаївського району Миколаївської області*

Березанська селищна територіальна громада утворена 11.08.2017 р. в процесі реалізації адміністративно-територіальної реформи та децентралізації влади в Україні. До її складу увійшли Березанська селищна рада, а також Лиманівська, Калинівська, Василівська та Матіясівська сільські ради, що забезпечило формування єдиного адміністративно-територіального утворення з централізованою системою управління.

Загальна площа території громади становить 44 377 га. Чисельність населення складає 13 492 особи, при середній густоті населення 30,4 осіб/км<sup>2</sup>, що свідчить про переважно сільський характер розселення та відносно низький рівень урбанізації території. До адміністративного складу громади входять 4 селища міського типу (Березанка, Крутоярка, Елеваторне (Василівський старостинський округ), Елеваторне (Матіясівський старостинський округ)) та 31 сільський населений пункт, зокрема: Андрієво-Зорине, Андріївка, Богданівка, Василівка, Вікторівка, Ганнівка, Дмитрівка, Єлизаветівка, Журівка, Калабатине, Калинівка, Комісарівка, Красне, Краснопілля, Лимани, Лиманське, Люблине, Малахове, Марківка, Матіясове, Михайлівка, Новоселівка, Олександрівка, Попільне, Прогресівка, Суходіл, Ташине, Червоний Поділ, Шмідтівка, Щасливе, Яблуна.

Територія громади має вигідне географічне положення та вихід до узбережжя Сосицького лиману, що визначає специфіку природно-ресурсного потенціалу та можливості господарського використання земель, зокрема у сфері рекреації, сільського господарства та транспортної інфраструктури.

Адміністративним центром громади є селище міського типу Березанка, розташоване в долині річки Сасик. Площа населеного пункту становить 276 га, чисельність населення – 4 132 особи, а густота населення досягає 1497,1 осіб/км<sup>2</sup>, що значно перевищує середній показник по громаді та свідчить про концентрацію населення в адміністративному центрі. У межах смт. Березанка функціонують об'єкти соціальної та виробничої інфраструктури, зокрема заклади освіти (Березанський заклад загальної середньої освіти I–III ступенів), установи охорони здоров'я, а також підприємства продовольчого забезпечення, серед яких виділяється компанія

SunPro. Наявність розвиненої інфраструктури сприяє забезпеченню базових потреб населення та формує передумови для подальшого соціально-економічного розвитку територіальної громади.

*Клімат.* Кліматичні умови території дослідження характеризуються як помірно-континентальні з вираженими рисами посушливості. Зима є відносно м'якою та малосніжною, тоді як літо – тривале, спекотне, супроводжується інтенсивними вітрами та частими проявами суховіїв. Середня температура повітря у січні становить  $-4...-5^{\circ}\text{C}$ , у липні –  $+21,6...+22,8^{\circ}\text{C}$ . Річна сума атмосферних опадів у середньому складає близько 382 мм, при цьому їх максимальна кількість припадає на літній період. Для території характерні періодичні посухи та пилові бурі. Тривалість безморозного періоду досягає в середньому 180 діб. Максимальні значення додатних температур, як правило, спостерігаються в останній декаді липня.

Вітровий режим визначається переважанням північно-західних та північно-східних напрямків. У зимовий період (січень) частіше фіксуються південні, західні та північно-західні вітри, тоді як у літній період (липень) домінує північно-західний напрямок. Найбільша швидкість вітру характерна для холодного періоду року. Середньорічна швидкість вітру становить близько 3,6 м/с.

*Рельєф.* У геоморфологічному відношенні територія розташована в межах Причорноморської низовини, у басейні нижньої течії річки Південний Буг, з півдня омивається водами Чорного моря. Рельєф переважно рівнинний із хвилястими формами, сформований як первинно-аккумулятивна рівнина, що визначає сприятливі умови для сільськогосподарського використання земель, але водночас зумовлює розвиток ерозійних процесів на схилах.

Ґрунтові води залягають на значній глибині – на вододілах до 100–120м, дещо ближче до поверхні вони підходять у межах балок та знижених форм рельєфу. За хімічним складом води характеризуються підвищеною жорсткістю, засоленістю та обмеженою придатністю для питного використання; рівень мінералізації може досягати 5 г/л.

*Ґрунти.* Ґрунтовий покрив території є досить різноманітним і сформований у межах сухостепової природної зони. Відповідно до ґрунтово-географічного районування, переважають темно-каштанові та каштанові ґрунти, представлені слабо- та середньосолонцюватими різновидами з різним вмістом гумусу та механічним складом. Значну частку займають чорноземно-каштанові ґрунти, які характеризуються відносно сприятливими агропродуковними властивостями, однак потребують заходів щодо збереження родючості та запобігання деградаційним процесам.

*Рослинність.* Рослинний покрив території належить до степового типу та зазнав значного антропогенного впливу, що проявляється у високому рівні розораності земель. Природна рослинність збереглася переважно на схилах, у днищах балок та в заплавах річок. Трав'яний покрив на схилах є зрідженим, що знижує його протиерозійну ефективність.

Флористичний склад представлений типовими степовими видами, серед яких: типчак, житняк, пирій повзучий, костриця овеча, тонконіг (вузьколистий і бульбистий), полин, чебрець, конюшина польова, вероніка весняна, люцерна, а також інші види різнотрав'я. Серед ксенофітних видів поширені гвоздика, волошка польова, полин. У більш зволжених місцях (заплави річок, днища балок) поширені вологолюбні види, зокрема осока, пирій повзучий, лозовий молочай. На ділянках із перезволоженням та болотними умовами домінують осоково-рогозові угруповання. Природна деревна рослинність практично відсутня, що є характерною ознакою степових ландшафтів даного регіону.

*Характеристика об'єкта проектування.* Об'єкт проектування розташований у межах села Краснопілля Березанської селищної територіальної громади Миколаївського району Миколаївської області. За даними статистичних обліків, чисельність населення села становить 1083 особи, а загальна площа населеного пункту – 5,678 км<sup>2</sup>. Село характеризується помірною щільністю забудови, переважно сільськогосподарським типом землекористування та наявністю об'єктів соціальної інфраструктури, що є типовим для сільських населених пунктів

Миколаївської області. Село Краснопілля розташоване в південній частині Миколаївського району, за 12км на північний схід від смт. Березанка (адміністративного центру громади) та за 22км від міста Миколаїв. Транспортне сполучення з районним центром та обласним центром забезпечується автомобільними дорогами місцевого та регіонального значення, що є важливим фактором при організації та виконанні геодезичних робіт.

*Характеристика земельної ділянки.* Земельна ділянка, що є безпосереднім об'єктом проектування, розташована в межах села Краснопілля по вулиці Тилігульській. Просторове положення ділянки ілюструє рисунок 2.2. Територія характеризується некомпактною формою: межі землекористування є ламаними, що ускладнює їх геодезичну фіксацію та вимагає ретельного підходу до вибору методів знімання.



*Рисунок 2.2 – Місцезнаходження об'єкта дослідження в межах с. Краснопілля*

За своїм складом ділянка включає невелику площу, зайняту фонтаном (елемент благоустрою), а також значну вільну площу, яка може бути використана для подальшого впорядкування або забудови. Така структура території зумовлює необхідність детального топографічного знімання для фіксації як існуючих об'єктів, так і вільного простору.

Враховуючи ламану конфігурацію меж та наявність локальних об'єктів (фонтан), виконання топографічного знімання вимагає створення надійної геодезичної основи, яка забезпечить необхідну точність визначення координат поворотних точок та елементів ситуації. Оптимальним методом для даної території є прокладання полігонометричних ходів згущення з подальшим тахеометричним зніманням, що дозволить отримати достовірний топографічний план.

## **2.2 Топографо-геодезична забезпеченість району робіт**

Топографо-геодезична забезпеченість району робіт є однією з ключових передумов якісного виконання геодезичних робіт. Вона передбачає наявність картографічних матеріалів різних масштабів, відомостей про пункти Державної геодезичної мережі (ДГМ) та їх технічний стан, а також оцінку придатності цих даних для виконання поставленого завдання. Достовірність вихідних даних безпосередньо впливає на точність створення геодезичної основи для подальшого топографічного знімання.

До складу матеріалів топографо-геодезичної забезпеченості належать:

- топографічні та кадастрові карти й плани різних масштабів, включаючи матеріали інженерно-геодезичних вишукувань, фотограмметричних зйомок, плани детального планування територій населених пунктів;
- статистичні дані за результатами проведеного геодезичного моніторингу та ведення Державного земельного кадастру на територію дослідження;
- технічні характеристики наявних картографічних матеріалів, їх відповідність вимогам інструкцій з топографічного знімання;

- каталоги координат пунктів ДГМ, включаючи пункти постійно діючих геодезичних станцій, з детальною інформацією про їх придатність до використання.

На основі комплексного аналізу цих матеріалів робиться висновок про повноту, точність і можливість використання тих чи інших даних для виконання топографо-геодезичних робіт на конкретному об'єкті.

У межах даної кваліфікаційної роботи як вихідний картографічний матеріал використано топографічну карту масштабу 1:100000 номенклатури L-36-39 (видання 1983 року) з висотою перерізу рельєфу 20м. Карта забезпечує загальний огляд території, ідентифікацію пунктів геодезичної основи, вивчення рельєфу, гідрографії, дорожньої мережі та населених пунктів, що є необхідним для планування польових геодезичних робіт.

На основі аналізу вихідної карти було виявлено 78 пунктів ДГМ, розташованих у межах району робіт. Для систематизації цих даних складено відомість (таблиця 2.1), у якій для кожного пункту зазначено його назву (або номер), координати у вигляді квадратів кілометрової сітки та оцінку придатності до використання.

Таблиця 2.1 – Відомості про пункти ДГМ на території району робіт

| № пункту | Назва пункту | Квадрати кілометрової сітки, в яких розміщені | Придатність до використання |
|----------|--------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|
| 1        | 2            | 3                                             | 4                           |
| 1        | Δ 62,6       | 94-64                                         | +                           |
| 2        | Δ 68,9       | 94-62                                         | +                           |
| 3        | Δ 64,1       | 92-62                                         | +                           |
| 4        | Δ 29,5       | 72-80                                         | -                           |
| 5        | Δ 31,4       | 72-76                                         | -                           |
| 6        | Δ 61,1       | 96-58                                         | -                           |
| 7        | Δ 79,8       | 06-68                                         | -                           |
| 8        | Δ 77,7       | 00-68                                         | -                           |
| 9        | Δ 40,2       | 76-64                                         | -                           |
| 11       | Δ 59,4       | 74-56                                         | -                           |
| 12       | Δ 66,4       | 84-54                                         | -                           |
| 13       | Δ 67,1       | 96-64                                         | +                           |
| 14       | Δ 52,8       | 80-62                                         | -                           |
| 15       | Δ 69,8       | 00-52                                         | -                           |

Продовження таблиці 2.1

| 1  | 2             | 3     | 4 |
|----|---------------|-------|---|
| 16 | $\Delta 77,8$ | 00-60 | - |
| 17 | $\Delta 86,9$ | 04-52 | - |
| 18 | $\Delta 75,3$ | 04-58 | - |
| 19 | $\Delta 55,9$ | 72-50 | - |
| 20 | $\Delta 79,7$ | 04-66 | - |
| 21 | $\Delta 48,4$ | 72-64 | - |
| 22 | $\Delta 58,0$ | 76-48 | - |
| 23 | $\Delta 69,0$ | 86-48 | - |
| 24 | $\Delta 66,6$ | 86-52 | - |
| 25 | $\Delta 76,4$ | 94-50 | - |
| 26 | $\Delta 42,5$ | 72-70 | - |
| 27 | $\Delta 80,8$ | 06-54 | - |
| 28 | $\Delta 81,4$ | 02-62 | - |
| 29 | $\Delta 86,8$ | 06-64 | - |
| 30 | $\Delta 72,3$ | 00-66 | - |
| 31 | $\Delta 71,0$ | 04-74 | - |
| 32 | $\Delta 73,2$ | 00-72 | - |
| 33 | $\Delta 70,1$ | 02-80 | - |
| 34 | $\Delta 73,4$ | 06-78 | - |
| 35 | $\Delta 75,4$ | 04-84 | - |
| 36 | $\Delta 64,3$ | 00-82 | - |
| 37 | $\Delta 66,4$ | 98-80 | - |
| 38 | $\Delta 70,2$ | 96-68 | + |
| 39 | $\Delta 65,4$ | 98-76 | - |
| 40 | $\Delta 64,4$ | 94-74 | - |
| 41 | $\Delta 69,6$ | 80-52 | - |
| 42 | $\Delta 61,8$ | 80-56 | - |
| 43 | $\Delta 66,9$ | 80-48 | - |
| 44 | $\Delta 64,9$ | 84-56 | - |
| 45 | $\Delta 73,1$ | 90-46 | - |
| 46 | $\Delta 58,4$ | 88-56 | - |
| 47 | $\Delta 75,8$ | 90-52 | - |
| 48 | $\Delta 66,4$ | 04-70 | - |
| 49 | $\Delta 64,1$ | 98-58 | - |
| 50 | $\Delta 39,7$ | 72-72 | - |
| 51 | $\Delta 60,1$ | 92-82 | - |
| 52 | $\Delta 56,9$ | 92-78 | - |
| 53 | $\Delta 65,5$ | 92-68 | + |
| 54 | $\Delta 64,3$ | 90-72 | - |
| 55 | $\Delta 56,4$ | 90-84 | - |

Продовження таблиці 2.1

| 1  | 2      | 3     | 4 |
|----|--------|-------|---|
| 56 | Δ 60,3 | 88-72 | - |
| 57 | Δ 60,8 | 86-66 | - |
| 58 | Δ 53,8 | 86-72 | - |
| 59 | Δ 59,4 | 86-76 | - |
| 60 | Δ 44,3 | 86-80 | - |
| 61 | Δ 41,8 | 84-84 | - |
| 62 | Δ 47,9 | 82-76 | - |
| 63 | Δ 47,8 | 82-72 | - |
| 64 | Δ 51,1 | 80-70 | - |
| 65 | Δ 37,4 | 78-80 | - |
| 66 | Δ 34,1 | 78-82 | - |
| 67 | Δ 46,5 | 78-72 | - |
| 68 | Δ 47,8 | 78-66 | - |
| 69 | Δ 36,6 | 76-74 | - |
| 70 | Δ 32,0 | 72-80 | - |
| 71 | Δ 33,0 | 74-78 | - |
| 72 | Δ 59,2 | 84-68 | - |
| 73 | Δ 45,0 | 86-62 | - |
| 74 | □ 71,6 | 02-74 | - |
| 75 | □ 70,3 | 00-78 | - |
| 76 | □ 67,4 | 96-58 | - |
| 77 | □ 57,4 | 74-48 | - |
| 78 | □ 48,9 | 72-52 | - |

З наведених даних видно, що лише 6 пунктів (номери 1, 2, 3, 13, 38, 53) є придатними до використання. Решта 72 пункти з різних причин (втрата центру, пошкодження, недоступність) не можуть бути використані як опорна геодезична основа. Із результатами рекогносцирування, виконаного за топографічною картою, було встановлено, що найближчими до ділянки знімання є пункти 1, 2, 3, 13, 38 та 53. Саме вони становлять основу для подальшого створення геодезичної мережі згущення. Просторове розташування цих пунктів показано на рисунку 2.1.

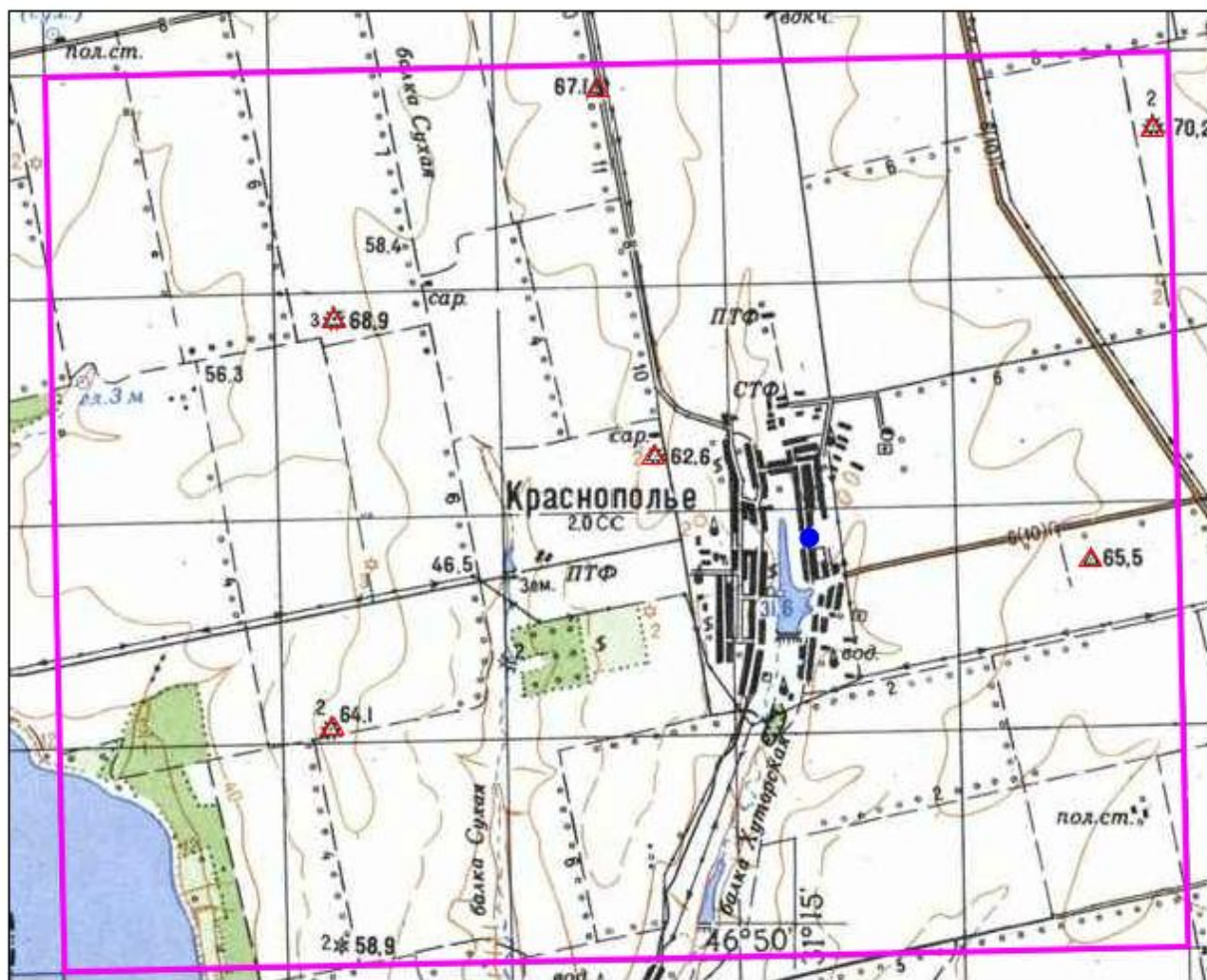


Рисунок 2.3 – Схема топографо-геодезичної забезпеченості району робіт

Як видно зі схеми, придатні пункти розташовані переважно у північній, центральній та східній частинах району дослідження, що створює сприятливі умови для прокладання полігонометричних ходів при умові забезпечення прямої видимості між ними. Однак їх кількість (лише 6) є недостатньою для забезпечення необхідної щільності геодезичних пунктів при виконанні топографічного знімання. Тому для повноцінного виконання робіт необхідно створити геодезичну мережу згущення шляхом прокладання полігонометричних ходів від наявних пунктів ДГМ до точок безпосередньо в районі земельної ділянки.

Проведений аналіз топографо-геодезичної забезпеченості району робіт на основі топографічної карти масштабу 1:100000 (L-36-39, 1983 р.)

дозволив виявити 78 пунктів ДГМ, з яких лише 6 пунктів (номери 1, 2, 3, 13, 38, 53) визнано придатними до використання та розташованими в безпосередній близькості до об'єкта проектування – земельної ділянки по вул. Тилігульській у с. Краснопілля. Наявна кількість та просторове розташування придатних пунктів не забезпечують необхідної щільності геодезичної основи для виконання топографічного знімання, що зумовлює необхідність створення геодезичної мережі згущення шляхом прокладання полігонометричних ходів від наявних пунктів ДГМ до безпосередньої території знімання. Таким чином, результати аналізу є основою для подальшого проектування полігонометричної мережі згущення, яке буде виконано в наступних розділах кваліфікаційної роботи.

## РОЗДІЛ 3

### ПРОЕКТ СТВОРЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ

#### 3.1 Складання проекту знімальної геодезичної мережі

Проектування геодезичних мереж згущення є відповідальним етапом топографо-геодезичних робіт, оскільки саме від якості геодезичної основи залежить точність і достовірність кінцевих результатів – топографічного плану. Проектні роботи зі створення полігонометричних мереж згущення передбачають комплекс послідовних дій, спрямованих на забезпечення необхідної щільності геодезичних пунктів для виконання топографічного знімання у заданому масштабі. Цей комплекс включає: аналіз наявної топографо-геодезичної забезпеченості, вибір методу та розрядності мережі, розрахунок необхідної кількості пунктів, безпосереднє проектування ходів на картографічному матеріалі, визначення технічних характеристик кожного ходу та їх перевірку на відповідність нормативним вимогам. Узагальнену послідовність цих етапів наведено на рисунку 3.1.



*Рисунок 3.1 – Етапи проектування полігонометричної мережі згущення*

*Розрахунок щільності пунктів геодезичної мережі та визначення їх необхідної кількості.* Визначення щільності пунктів геодезичної мережі є важливим етапом проектування геодезичної основи, що передбачає оцінку фактичного стану забезпеченості території пунктами державної геодезичної мережі (ДГМ) та обґрунтування необхідності створення додаткових пунктів для виконання топографічного знімання відповідно до нормативних вимог.

Згідно з нормативними документами, щільність пунктів геодезичної основи повинна становити: для забудованих територій – не менше 4 пунктів на 1 км<sup>2</sup>, для незабудованих (відкритих) територій – не менше 1 пункту на 2 км<sup>2</sup>.

Фактична щільність пунктів у межах району виконання робіт визначається за формулою

$$\text{Щ}_{\text{факт}} = \frac{S}{N} \quad (3.1)$$

де  $S$  – площа району робіт в км<sup>2</sup>;  $S = 40$  км<sup>2</sup>.

$N$  – наявна кількість пунктів геодезичної мережі;  $N = 6$  пунктів (6 пунктів, виявлених у пункті 2.2).

Підставляючи вихідні дані, отримуємо:

$$\text{Щ}_{\text{факт}} = \frac{40}{6} = 6,7 \text{ км}^2.$$

Таким чином, на один пункт геодезичної мережі припадає площа 6,7 км<sup>2</sup>, що істотно перевищує нормативне значення (2 км<sup>2</sup> на один пункт для відкритої території). Це свідчить про недостатню щільність геодезичної основи та необхідність її згущення.

Розрахунок проєктної кількості пунктів, необхідних для досягнення нормативної щільності, виконується за формулою:

$$\text{Щ}_{\text{проект}} = \frac{S}{S_{\text{п}}} \quad (3.2)$$

де  $S_{\text{п}}$  – площа, що припадає на один пункт (для незабудованих територій  $S_{\text{п}} = 2$  км<sup>2</sup>).

$$\Sigma_{\text{проект}} = \frac{40}{2} = 20 \text{ пунктів}$$

З урахуванням наявності 6 пунктів ДГМ, додаткова потреба у створенні нових пунктів становить:  $20 - 6 = 14$  пунктів.

Таким чином, проектом передбачається створення 14 нових пунктів полігонометричної мережі згущення, що забезпечить досягнення нормативної щільності геодезичної основи та підвищення точності виконання топографо-геодезичних робіт.

*Обґрунтування вибору розрядності полігонометрії.* За точністю геодезичні мережі згущення поділяються на 4 клас, 1 та 2 розряди. Кожен із зазначених видів має чітко визначені технічні характеристики, які регламентуються чинними нормативними документами, зокрема «Інструкцією з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500» та «Основними положеннями створення ДГМ України». Узагальнені вимоги до проектування полігонометрії 4 класу, 1 та 2 розрядів наведено в таблиці 3.1 (див. підрозділ 1.3). Для території дослідження, якою є земельна ділянка по вул. Тилігульській у с. Краснопілля та прилегла територія загальною площею близько 40 км<sup>2</sup>, вибір розрядності полігонометрії здійснювався на основі таких критеріїв:

- відстані між вихідними пунктами ДГМ перевищують 7 км, що для полігонометрії 1 та 2 розрядів є граничним або перевищує допустимі довжини ходів (7 км і 4 км відповідно);
- площа району робіт становить більше 5 км<sup>2</sup>, що вимагає створення розгалуженої мережі з кількома ходами;
- необхідна точність — для великомасштабного топографічного знімання потрібна висока точність геодезичної основи (похибка положення пунктів не більше 0,05 м на місцевості), що забезпечується полігонометрією 4 класу (СКП вимірювання кута – 3").

Враховуючи зазначене, у даному проекті прийнято рішення про створення полігонометричної мережі 4 класу. Це забезпечує необхідну

точність, відповідає вимогам до довжин ходів та створює надійну основу для подальшого топографічного знімання.

*Вибір форми полігонометричних ходів.* Основним завданням проектування є визначення такої конфігурації мережі, яка б забезпечувала оптимальне співвідношення між точністю, надійністю та економічністю виконання польових робіт. При цьому враховуються такі фактори: кількість та просторове розташування вихідних пунктів Державної геодезичної мережі (ДГМ), розміри та конфігурація території знімання, характер рельєфу, наявність природних та штучних перешкод, а також технічні характеристики наявного геодезичного обладнання.

Виходячи з аналізу території проектування (площа понад 5 км<sup>2</sup>, значна відстань між вихідними пунктами ДГМ, їх обмежена кількість), було прийнято рішення про проектування системи полігонометричних ходів з двома вузловими точками. Така схема забезпечує надійний контроль якості вимірювань, оскільки дозволяє виконати зрівнювання ходів за вузловими пунктами, а також забезпечує необхідну щільність пунктів на всій території дослідження.

При проектуванні пунктів полігонометрії враховано основні вимоги, які наведено на рисунку 3.2. Зокрема, забезпечено:

- взаємну видимість між сусідніми пунктами ходу;
- зручність встановлення геодезичних приладів та виконання вимірювань;
- розташування пунктів поза зонами можливих пошкоджень (дороги, будівництво тощо);
- рівномірний розподіл пунктів по території.

У результаті проектних рішень на картографічному матеріалі масштабу 1:20 000 було запроектовано 5 полігонометричних ходів 4 класу, які утворюють систему з двома вузловими пунктами. Технічні характеристики кожного ходу наведено в таблиці 3.1.

- 1) Окремий хід полігонометрії повинен опиратися на два вихідних пункти. На вихідних пунктах вимірюють прилеглі кути (прилеглі кути – кути між дирекційним і вимірним по ходу).
- 2) При створенні мереж полігонометрії 4 класу, 1 і 2 розрядів треба дотримуватися технічних вимог інструкції з топографічного знімання.
- 3) Полігонометричні ходи повинні прокладатись по місцевості найбільш сприятливій для кутових та лінійних вимірювань з врахуванням рельєфу місцевості.
- 4) Полігонометричні знаки слід намічати приблизно на рівних відстаней один від другого, що створює однакові умови при вимірюванні кутів.
- 5) При вимірюванні сторін полігонометрії слід уникати переходу від дуже коротких сторін до найдовших.
- 6) Місця встановлення пунктів полігонометрії повинні бути легкодоступні, добре розпізнаватися на місцевості і забезпечувати довготривале збереження центрів і знаків (обочини доріг, лінії передачі енергії, на межах землекористувань та ін.). Не можна вибирати місця на зсувних ділянках, на ріллі, на штучних насипах, на проїжджих частинах доріг, на територіях, які підлягають забудові тощо.
- 7) На забудованих територіях місця закладання пунктів вибирають переважно у фундаментах і стінах капітальних бетонних або цегляних споруд, з метою кращого збереження, але забороняється закріплювати пункти на розі споруди.
- 8) Візирний промінь між двома суміжними знаками повинен проходити від поверхні землі не нижче 0,5 м і не ближче 0,5 м від вертикальної поверхні предметів (стін будівель і споруд).
- 9) Повинна бути забезпечена видимість між пунктами полігонометрії із землі.

*Рисунок 3.2 – Критерії вибору пунктів при проектуванні полігонометричної мережі*

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики запроєктованої полігонометрії

| №                                              | Характеристика         | Показники         |                |
|------------------------------------------------|------------------------|-------------------|----------------|
|                                                |                        | за інструкцією, м | за проектом, м |
| Хід №1 в.т. $A_1 - 1 - 2 - 3 - 4 - A_3$        |                        |                   |                |
| 1                                              | Довжина ходу, м        | 9000.00           | 8818.40        |
| 2                                              | Мінімальна сторона, м  | 250.00            | 1105.60        |
| 3                                              | Максимальна сторона, м | 3000.00           | 2226.20        |
| 4                                              | Кількість сторін       | 15                | 5              |
| Хід №2 в.т. $A_1 - 5 - A_2 - 6 - \text{в.т.7}$ |                        |                   |                |
| 1                                              | Довжина ходу           | 7000.00           | 5290.80        |
| 2                                              | Мінімальна сторона, м  | 250.00            | 726.20         |
| 3                                              | Максимальна сторона, м | 3000.00           | 1784.20        |
| 4                                              | Кількість сторін       | 15                | 4              |
| Хід №3 $A_3 - 8 - 9 - 10 - 11 - \text{в.т.7}$  |                        |                   |                |
| 1                                              | Довжина ходу           | 9000.00           | 7668.20        |
| 2                                              | Мінімальна сторона, м  | 250.00            | 920.80         |
| 3                                              | Максимальна сторона, м | 3000.00           | 2260.60        |
| 4                                              | Кількість сторін       | 15                | 5              |
| $A_4 - 12 - 13 - 14 - \text{в.т.7}$            |                        |                   |                |
| 1                                              | Довжина ходу           | 9000              | 8372,80        |
| 2                                              | Мінімальна сторона, м  | 250               | 1748,20        |
| 3                                              | Максимальна сторона, м | 3000              | 2448,00        |
| 4                                              | Кількість сторін       | 15                | 4              |
| в.т. $A_1 - 15 - 16 - 17 - A_4$                |                        |                   |                |
| 1                                              | Довжина ходу           | 9000              | 8202,40        |
| 2                                              | Мінімальна сторона, м  | 250               | 1882,00        |
| 3                                              | Максимальна сторона, м | 3000              | 2390,80        |
| 4                                              | Кількість сторін       | 15                | 4              |

Аналіз наведених даних свідчить, що всі запроєктовані ходи мають довжину, меншу за гранично допустиму: між вихідним пунктом та вузловим не перевищує 9000м та між вузловими пунктами – 7000 м; кількість сторін не перевищує 15; мінімальна та максимальна довжини сторін знаходяться в межах нормативних значень (250 – 3000м). Це підтверджує відповідність проектних рішень вимогам чинних нормативних документів.

Схема запроєктованої полігонометричної мережі наведена на рисунку 3.3, де умовними позначеннями показано вихідні пункти ДГМ ( $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$ ) та запроєктовані пункти ходів (1 – 17).

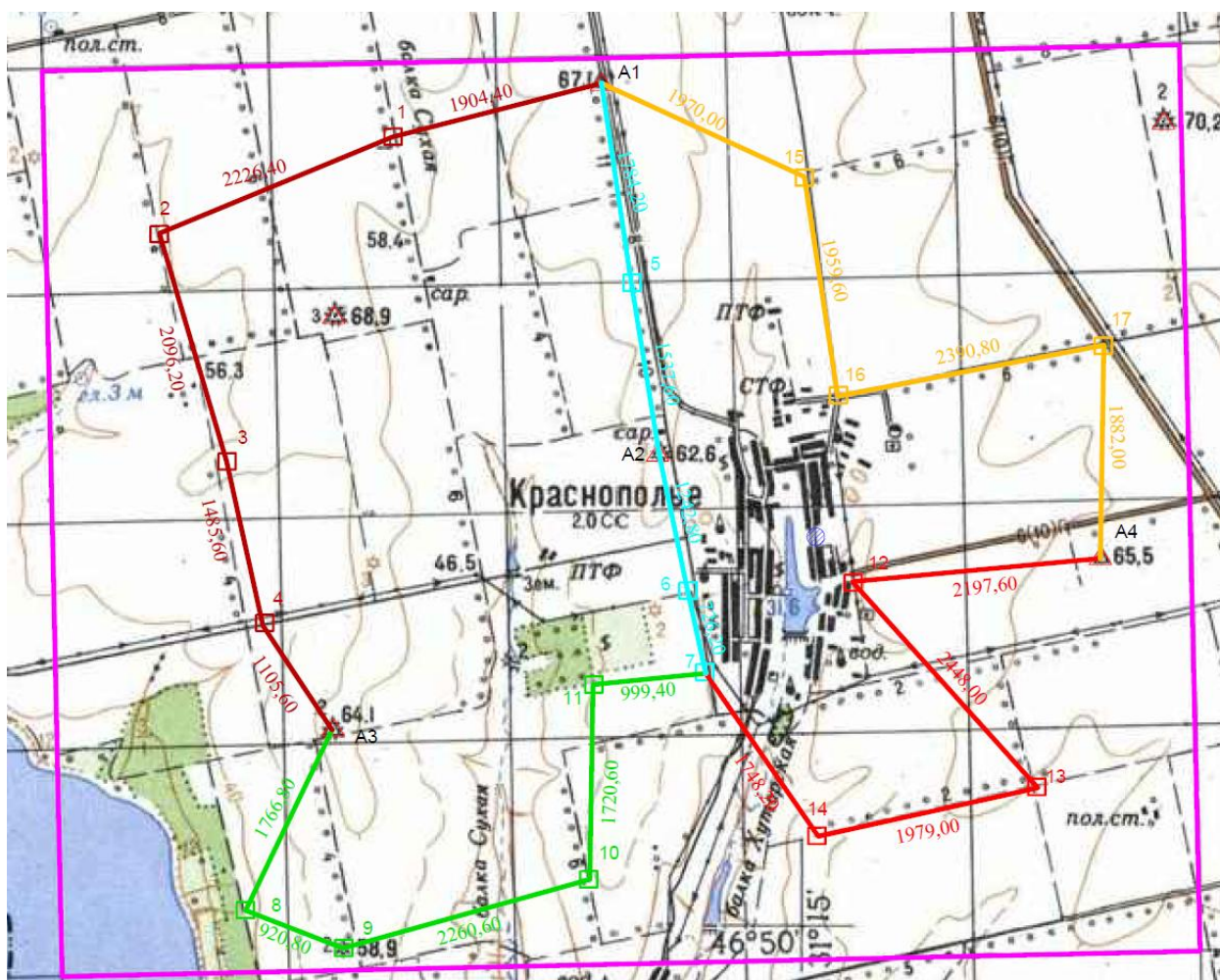


Рисунок 3.3 – Схема запроєктованої полігонометричної мережі

У результаті проектування геодезичної мережі згущення для території с. Краснопілля встановлено, що фактична щільність пунктів ДГМ (6,7 км<sup>2</sup> на один пункт) є недостатньою для виконання великомасштабного топографічного знімання. На основі аналізу площі району робіт, відстаней між вихідними пунктами та необхідної точності обґрунтовано вибір полігонометрії 4 класу. Розраховано, що для досягнення нормативної щільності (1 пункт на 2 км<sup>2</sup>) необхідно запроектувати додатково 14 пунктів. Запроектовано 5 полігонометричних ходів 4 класу, які включають 17 пунктів, об'єднаних у систему з двома вузловими точками. Технічні характеристики всіх ходів (довжина, кількість сторін, мінімальна та максимальна довжини сторін) повністю відповідають нормативним вимогам. Спроектована мережа забезпечує необхідну щільність та точність для виконання топографічного знімання земельної ділянки по вул. Тилігульській, що підтверджує її технічну обґрунтованість та практичну придатність.

### **3.2 Попередній розрахунок точності запроектованої геодезичної основи**

Попередня оцінка точності є обов'язковим етапом проектування геодезичних мереж згущення, оскільки дає змогу на стадії підготовчих робіт визначити відповідність запроектованої мережі вимогам щодо точності топографічного знімання заданого масштабу. Основною метою цього етапу є прогнозування величин похибок визначення координат пунктів полігонометричних ходів з урахуванням встановлених точнісних характеристик кутових і лінійних вимірювань, а також геометричної структури мережі.

Методологічно попередній розрахунок точності ґрунтується на теорії похибок вимірювань, зокрема на використанні середньої квадратичної похибки (СКП) як основного критерію оцінки точності. Для полігонометричних ходів найбільш критичним є визначення похибки положення пункту, розташованого в найбільш слабкому місці ходу, яким

традиційно вважається його середина. Саме в цій точці накопичення похибок кутових і лінійних вимірювань досягає максимального значення, тому її використовують як контрольний показник для оцінки якості запроектованої мережі.

У даній роботі попередній розрахунок точності виконано для всіх п'яти запроектованих полігонометричних ходів 4 класу, об'єднаних у систему з двома вузловими пунктами. Математична обробка геодезичних вимірювань, яка включає попередні обчислення, польовий контроль та остаточне врівноваження, здійснюється за послідовністю, наведеною на рисунку 3.10.

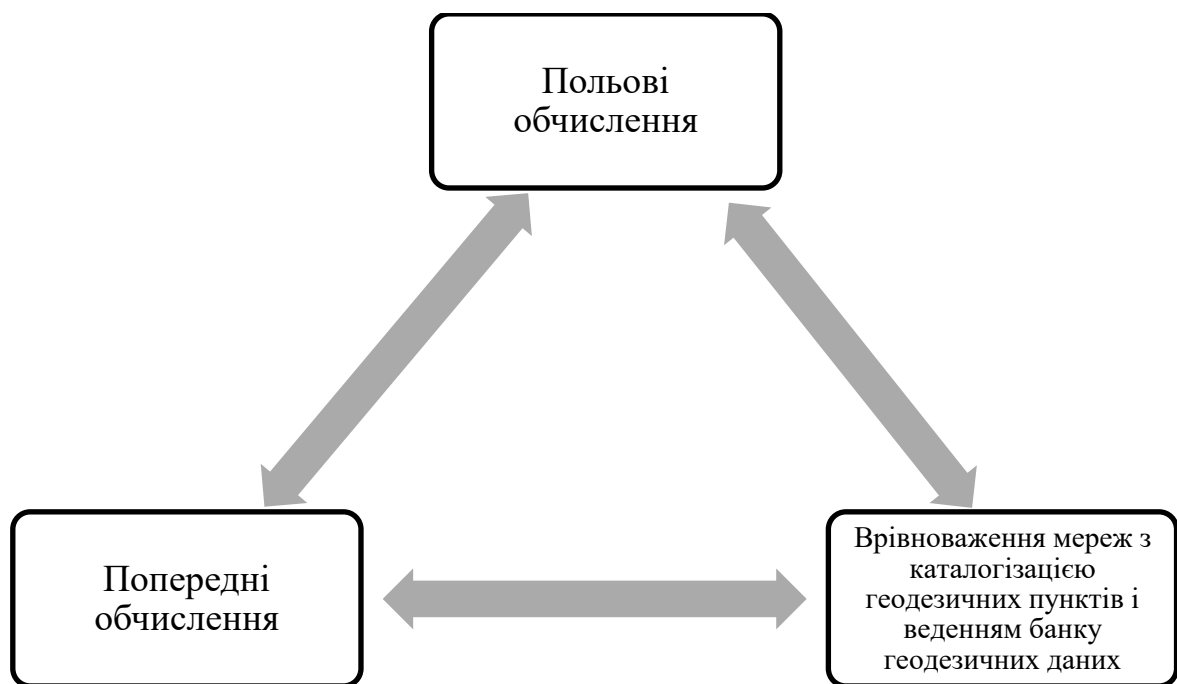


Рисунок 3.4 – Послідовність математичної обробки геодезичних вимірювань

Попередній розрахунок точності полігонометричної мережі згущення виконується в такій послідовності.

1. *Визначення СКП положення пункту ходу в найбільш слабкому місці.*  
Для розімкнутого ходу з приблизно рівними сторонами, яким є кожен із запроектованих ходів, СКП положення точки в середині ходу обчислюється за формулою:

$$M^2 = m_s^2 \times n + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \times [S]^2 \times \frac{(n+3)}{12} \quad (3.3)$$

де  $m_s$  – середня квадратична похибка вимірювання довжини лінії

(приймається рівною 0,05 м для електронного тахеометра);

$m_\beta$  – середня квадратична похибка вимірювання горизонтального кута

(для полігонометрії 4 класу – 3");

$n$  – кількість сторін у ході;  $[S]$  – загальна довжина ходу, м;

$\rho = 206264,8''$  – число секунд у радіані.

Попередній розрахунок точності виконується на етапі проектування до проведення польових вимірювань і базується на паспортних даних геодезичного обладнання та нормативних вимогах.

Формула (3.3) враховує сумарний вплив двох основних джерел похибок: випадкових похибок лінійних вимірювань (перший доданок) та систематичних похибок кутових вимірювань, які накопичуються пропорційно квадрату довжини ходу (другий доданок).

## *2. Розрахунок гранично допустимої похибки полігонометричного ходу.*

Гранична (допустима) похибка положення кінцевої точки ходу визначається як подвоєне значення СКП:

$$f_{S(\text{доп})} = 2 \times M \quad (3.4)$$

Відповідно до теорії похибок, використання подвоєного значення СКП відповідає рівню довірчої ймовірності приблизно 0.95, що є загальноприйнятим у геодезичній практиці для оцінки граничних значень.

*3. Обчислення відносної похибки ходу.* Відносна похибка, яка є безрозмірною характеристикою точності ходу, розраховується як відношення граничної похибки до загальної довжини ходу:

$$1 : T = f_{S(\text{доп})} : [S] \quad (3.5)$$

Отримане значення порівнюється з нормативним для відповідного класу полігонометрії. Для полігонометрії 4 класу гранично допустима відносна похибка становить не більше 1 : 25000. Якщо розрахована відносна похибка не перевищує цього значення, хід вважається таким, що відповідає нормативним вимогам.

4. *Визначення СКП положення пункту після врівноваження.* Після виконання зрівнювальних обчислень точність визначення координат пунктів підвищується. СКП положення точки в найбільш слабкому місці після врівноваження становить приблизно половину від СКП до врівноваження:

$$m = M \div 2 \quad (3.6)$$

Це пояснюється тим, що в процесі врівноваження мережі методом найменших квадратів відбувається перерозподіл похибок між усіма пунктами, і найбільш слабкий пункт отримує деяке «підсилення» за рахунок додаткових зв'язків.

За результатами виконаних розрахунків для кожного з п'яти полігонометричних ходів складено зведену таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати попередньої оцінки точності полігонометричних ходів 4 класу

| Полігонометричний хід                   | Загальна довжина ходу<br>[S], м | СКП виміру горизонтального кута, $m_\beta$ | СКП виміру довжин ліній, $m_S$ , м | СКП положення кінцевої точки ходу, $M$ , м | Гранична похибка ходу, $f_{S(\text{доп})}$ , м | Відносна похибка ходу $f_{S(\text{доп})}$ | СКП положення пункту ходу, m |
|-----------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|
| в.т. $A_1 - 1 - 2 - 3 - 4 - A_3$        | 8818.40                         | 3"                                         | 0.05                               | 0.023                                      | 0.047                                          | 1:187891                                  | 0,012                        |
| в.т. $A_1 - 5 - A_2 - 6 - \text{в.т.7}$ | 5290.80                         | 3"                                         | 0.05                               | 0.013                                      | 0.027                                          | 1:196622                                  | 0,007                        |
| $A_3 - 8 - 9 - 10 - 11 - \text{в.т.7}$  | 7668.20                         | 3"                                         | 0.05                               | 0.021                                      | 0.042                                          | 1:184398                                  | 0,010                        |
| $A_4 - 12 - 13 - 14 - \text{в.т.7}$     | 8372.80                         | 3"                                         | 0.05                               | 0.019                                      | 0.037                                          | 1:224464                                  | 0,009                        |
| в.т. $A_1 - 15 - 16 - 17 - A_4$         | 8202.40                         | 3"                                         | 0.05                               | 0.018                                      | 0.037                                          | 1:224083                                  | 0,009                        |

Аналіз отриманих результатів свідчить про наступне. Розраховані значення відносної похибки для всіх ходів знаходяться в межах від 1 : 184 398 до 1 : 224 464, що на порядок краще за нормативне значення

1:25 000, передбачене для полігонометрії 4 класу. Найбільшу відносну похибку має третій хід (1:184 398), однак вона все одно значно менша за допустиму. Найменшою відотною похибкою характеризується четвертий хід (1:224 464).

СКП положення пункту в найбільш слабкому місці (середина ходу) після врівноваження становить від 0.007 м до 0.012 м залежно від довжини ходу та кількості сторін. Такі значення є цілком прийнятними для забезпечення точності великомасштабного топографічного знімання, оскільки не перевищують допустимого значення похибки планового положення характерних точок (0,05 м).

Виконаний попередній розрахунок точності підтверджує, що запроектована полігонометрична мережа згущення, яка складається з п'яти ходів 4 класу, об'єднаних у систему з двома вузловими пунктами, повністю задовольняє нормативні вимоги Інструкції з топографічного знімання для мереж 4 класу. Відносні похибки всіх ходів не перевищують допустимого значення 1 : 25 000, а СКП положення найбільш слабких пунктів після врівноваження становить від 0.007 м до 0.012 м, що гарантує необхідну точність подальшого топографічного знімання для створення плану. Таким чином, запроектована мережа є технічно обґрунтованою та придатною до практичної реалізації.

### **3.3 Технологія виконання польових робіт**

Організація та виконання польових геодезичних робіт становлять один із найбільш відповідальних етапів створення полігонометричних мереж згущення. Якість отриманих у польових умовах вимірювань безпосередньо визначає достовірність кінцевих результатів, зокрема координат пунктів геодезичної основи, а відтак і точність побудови топографічного плану. Технологічні аспекти виконання польових робіт регламентуються чинними нормативно-правовими документами, зокрема Інструкцією з топографічного знімання, і враховують технічні параметри та функціональні можливості застосовуваного геодезичного обладнання.

Підготовчий етап польових робіт передбачає детальне обстеження району виконання з метою виявлення та оцінки стану вихідних пунктів Державної геодезичної мережі, які використовуються як опорна основа для прокладання полігонометричних ходів. У межах цього етапу здійснюється рекогносцирування території, що включає уточнення місцеположення запроєктованих пунктів полігонометрії, аналіз умов взаємної видимості між ними, виявлення природних і антропогенних перешкод, а також вибір раціональних місць для встановлення геодезичних приладів і закріплення пунктів на місцевості. За результатами рекогносцирування, у разі необхідності, здійснюється коригування схеми полігонометричних ходів, уточнення положення пунктів і визначення оптимальних умов для проведення вимірювань.

Паралельно з рекогносцируванням виконується підготовка геодезичного обладнання до польових робіт, яка включає перевірку його технічного стану, проведення метрологічної повірки (за потреби), калібрування та налаштування відповідно до вимог експлуатаційної документації. Важливим складником підготовчого етапу є також забезпечення необхідним комплектом допоміжних засобів, зокрема відбивачами, штативами, рулетками, польовими журналами та іншими матеріалами, а також організація транспортування персоналу і обладнання до місця виконання робіт.

*Технологія виконання польових вимірювань при прокладанні полігонометричних ходів.* Польові вимірювання при прокладанні полігонометричних ходів виконуються за допомогою електронного тахеометра, який забезпечує одночасне вимірювання горизонтальних кутів, вертикальних кутів та довжин ліній з високою точністю. Технологічний процес вимірювань на кожному пункті полігонометричного ходу передбачає чітку послідовність операцій.

*1. Встановлення обладнання на станції.* Електронний тахеометр встановлюють на пункті полігонометричного ходу (станції стояння), а на суміжних пунктах (задньому та передньому по ходу) розміщують відбивачі

на штангах. Висоту встановлення відбивачів фіксують однаковою з висотою приладу, що забезпечує спрощення подальших обчислень та зменшення впливу систематичних похибок. Відбивачі утримують у вертикальному положенні за допомогою круглого рівня, закріпленого на штанзі.

*2. Центрування та горизонтування електронного тахеометра.* Перед початком вимірювань прилад приводять у робоче положення, що включає центрування та горизонтування. Центрування виконують для суміщення вертикальної осі обертання приладу з центром пункту на місцевості. Процедура центрування включає: встановлення штатива над точкою станції стояння; закріплення електронного тахеометра на штативі за допомогою станового гвинта; регулювання чіткості зображення сітки ниток оптичного центрира та центру пункту; суміщення перехрестя оптичного центрира із зображенням центру станції за допомогою підйомних гвинтів приладу.

Горизонтування приладу, тобто приведення його вертикальної осі у прямовисне положення, виконується в такій послідовності: за допомогою зміни довжини ніжок штатива бульбашку круглого рівня приводять у нуль-пункт; потім вісь циліндричного рівня встановлюють паралельно напрямку двох підйомних гвинтів і, обертаючи їх у протилежні сторони, виводять бульбашку циліндричного рівня на середину; повертають прилад на  $90^\circ$  і за допомогою третього підйомного гвинта повторно виводять бульбашку рівня в нуль-пункт; після цього виконують контрольне повернення приладу на  $90^\circ$  для перевірки положення бульбашки – якщо вона відхилилася від нуль-пункту більше ніж на дві поділки шкали, операцію повторюють. Слід зазначити, що для сучасних електронних тахеометрів з компенсаторами нахилу горизонтування є менш критичним, однак його виконання в межах робочого діапазону компенсатора є обов’язковим.

*3. Підготовка приладу до вимірювань.* Після завершення центрування та горизонтування виконують вмикання електронного тахеометра та індексування його основних вузлів. Індиксування вертикального круга (ВК) здійснюється шляхом розкріплення закріпного гвинта зорової труби та обертання труби у вертикальній площині на  $360^\circ$ , що забезпечує визначення

нуль-пункту вертикального круга. Індиксування горизонтального круга (ГК) виконується аналогічним обертанням зорової труби в горизонтальній площині на  $360^\circ$ , після чого алідада горизонтального круга фіксує нульовий відлік. Процес індексації є критичним для забезпечення правильності всіх подальших вимірювань, оскільки саме від нього залежить точність визначення кутів.

#### *4. Налаштування параметрів вимірювань та введення вихідних даних.*

На дисплеї електронного тахеометра вибирають режим роботи, який передбачає вимірювання горизонтальних кутів, вертикальних кутів та горизонтальних прокладань. Вибирають або створюють файл для запису результатів вимірювань, у якому фіксуватимуться всі отримані дані. До пам'яті приладу вводять такі вихідні дані: координати та висоту станції стояння (визначаються за результатами попередніх обчислень або прив'язки до вихідних пунктів), висоту приладу (вимірюється рулеткою з точністю до 1 см), а також висоту встановлення відбивачів на суміжних пунктах. Ці дані зберігаються в пам'яті приладу навіть після вимкнення живлення.

*5. Вимірювання горизонтальних кутів та довжин ліній.* Процес вимірювання на кожній станції виконується в такій послідовності: зорову трубу приладу наводять на задній за ходом пункт (або на вихідний пункт ДГМ) і встановлюють відлік на горизонтальному крузі  $0^\circ 00'$  (для цього використовують відповідну функцію приладу «Встановити 00»). Після цього трубу повертають за ходом годинникової стрілки і наводять на передній пункт полігонометричного ходу. За командою «MEAS» (виміряти) прилад виконує вимірювання горизонтального та вертикального кутів, а також похилої відстані до відбивача. Одночасно на дисплеї відображаються значення горизонтального кута, вертикального кута та горизонтального прокладання (обчислюється автоматично за результатами вимірювання похилої відстані та вертикального кута). Всі отримані дані автоматично фіксуються в пам'яті приладу.

Після завершення вимірювання на передній пункт, процедуру повторюють з наведенням на той самий пункт при іншому положенні

вертикального круга (наприклад, при КП – коло право), що дозволяє контролювати якість вимірювань і зменшувати вплив систематичних похибок приладу. Для кожного напрямку виконують не менше двох прийомів.

*6. Контрольні вимірювання та оцінка допустимих розбіжностей.* Довжини сторін полігонометричного ходу вимірюють у прямому та зворотному напрямках. Для визначення перевищень між пунктами обов'язково вимірюють висоту приладу та висоту відбивача на кожній станції з точністю до 1 см, а отримані значення вводять у пам'ять приладу. З метою спрощення обчислень та зменшення похибок, висоти приладу та візування намагаються робити однаковими на всіх станціях.

Допустиме розходження між результатами вимірювань у прямому та зворотному напрямках для одного й того ж перевищення не повинно перевищувати 4 см на кожні 100 м відстані. Якщо розбіжність перевищує допустиме значення, виконують повторні вимірювання до отримання прийнятних результатів.

*7. Фіксація результатів вимірювань.* По завершенню роботи на станції, електронний тахеометр вимикають натисканням клавіш «ON-OFF» (або відповідної комбінації). Всі результати вимірювань, отримані під час роботи на станції, зберігаються у внутрішній пам'яті приладу та можуть бути зчитані під час камеральної обробки. Додатково, для забезпечення надійності даних, результати вимірювань записують у польовий журнал, де фіксують номер станції, виміряні кути, довжини ліній, перевищення, а також усі супутні дані (погодні умови, час вимірювань, особливості місцевості).

*8. Контроль якості польових вимірювань.* У процесі виконання польових робіт здійснюється постійний контроль якості вимірювань, що включає перевірку допустимих розбіжностей між вимірами в різних прийомах, контроль змикання кутів у ходах, а також попередню оцінку нев'язок. У разі виявлення невідповідностей проводяться додаткові вимірювання або перевіряються умови виконання робіт (правильність центрування, стабільність штатива, наявність перешкод тощо).

Завершальним етапом польових робіт є передача даних з електронного тахеометра до персонального комп'ютера для подальшої камеральної обробки, що здійснюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Розроблена технологія виконання польових робіт при прокладанні полігонометричних ходів 4 класу з використанням електронного тахеометра передбачає чітку послідовність операцій на кожній станції, що забезпечує необхідну точність кутових і лінійних вимірювань. Центрування та горизонтування приладу, індексування кругових шкал, вимірювання кутів і довжин ліній у прямому та зворотному напрямках, а також контроль допустимих розбіжностей є обов'язковими елементами технологічного процесу, що гарантують достовірність отриманих результатів. Дотримання описаної технології, а також вимог нормативних документів, забезпечує якісне створення геодезичної основи, що є необхідною умовою для подальшого топографічного знімання.

### **3.4 Розробка висотної мережі згущення**

Висотне обґрунтування топографічних зніманих є невід'ємною складовою геодезичних робіт, оскільки саме від точності визначення висот пунктів знімальної основи залежить якість зображення рельєфу на топографічному плані. Для території дослідження, якою є земельна ділянка по вул. Тилігульській у с. Краснопілля, створення надійної висотної основи є обов'язковою умовою для подальшого виконання топографічного знімання.

Висоти пунктів геодезичних мереж згущення можуть визначатися двома основними методами: геометричним нівелюванням (з використанням нівеліра та рейок) та тригонометричним нівелюванням (з використанням тахеометра або теодоліта). У даній кваліфікаційній роботі для розвитку висотної основи обрано геометричне нівелювання IV класу методом «із середини». Цей вибір зумовлений наступними факторами:

- висока точність методу (середня квадратична похибка визначення перевищення на 1 км ходу – не більше 5 мм);

- надійність контролю вимірювань на кожній станції (можливість порівняння перевищень за чорними та червоними сторонами рейок);
- поширеність методу в практиці створення висотних мереж згущення для топографічних знімачів;
- наявність необхідного обладнання (високоточних нівелірів та інварних або дерев'яних рейок).

Вихідними пунктами нівелірної мережі слугують пункти тріангуляції 3 класу ДГМ (позначені на схемі як А1, А2, А3, А4), висоти яких визначені нівелюванням III класу і є надійною основою для подальшого згущення. Ці пункти розташовані на території району робіт та мають стабільне закріплення на місцевості, що забезпечує довготривале збереження їхнього положення як у плані, так і по висоті.

Оскільки запроєктована полігонометрична мережа 4 класу складається з п'яти ходів, об'єднаних у систему з двома вузловими точками, нівелірна мережа будується за аналогічною схемою. Це забезпечує єдність планової та висотної основи, а також спрощує виконання польових робіт, оскільки нівелювання виконується безпосередньо по точках полігонометричних ходів.

Проектом передбачено створення системи з п'яти нівелірних ходів IV класу з двома вузловими точками (рис. 3.4). Кожен хід прокладається між вихідними пунктами ДГМ та вузловими пунктами, що забезпечує надійний контроль якості вимірювань та можливість врівноваження результатів за вузловими пунктами методом послідовних наближень.

Технологія виконання нівелювання IV класу передбачає чітку послідовність дій на кожній станції, що забезпечує високу точність та надійність отриманих результатів.

*Порядок роботи на станції нівелювання IV класу.* Нівелювання виконується методом «із середини», при якому нівелір встановлюють приблизно посередині між задньою та передньою точками ходу. Така схема вимірювань дозволяє мінімізувати вплив систематичних похибок, зокрема

похибки за кривизну Землі та рефракцію, оскільки вони однаково впливають на обидва плеча.

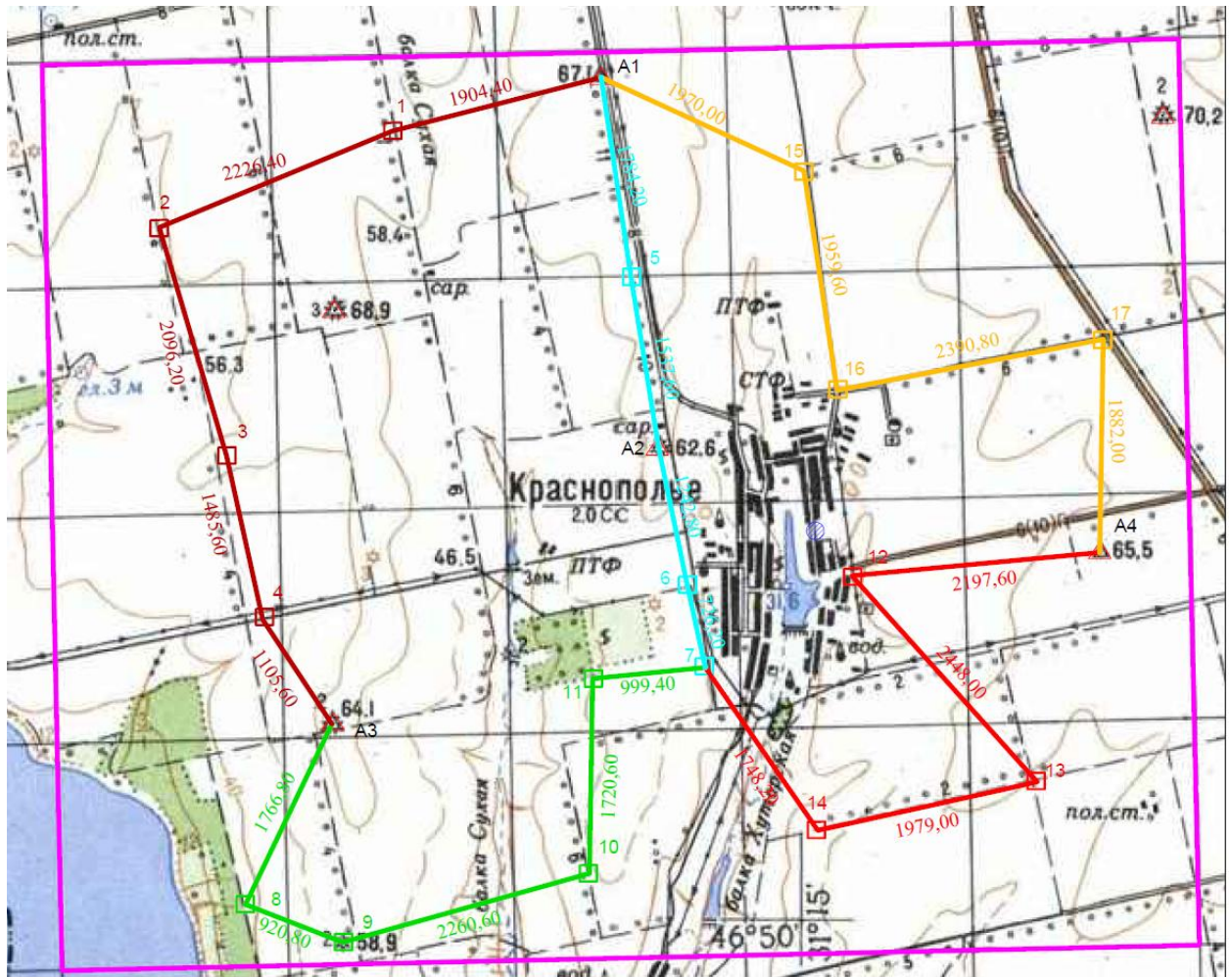


Рисунок 3.4 – Схема запроєктованої нівелірної мережі IV класу

На кожній станції виконується наступна послідовність дій:

1. *Встановлення нівеліра.* Прилад центрують над точкою станції за допомогою схилу або оптичного центрира (залежно від типу нівеліра) та приводять у робоче положення за допомогою підйомних гвинтів та циліндричного рівня або компенсатора.

2. *Встановлення рейок.* Нівелірні рейки встановлюють на задній та передній точках ходу строго вертикально, використовуючи рівні, закріплені на рейках.. Рейки повинні бути стійко закріплені на твердому ґрунті або спеціальних констукціях – башмаках.

3. *Зняття відліків.* Відліки знімають за наступною схемою:

- за чорною стороною задньої рейки: по верхній (далекомірній) та середній нитках сітки ниток;
- за чорною стороною передньої рейки: по верхній (далекомірній) та середній нитках;
- за червоною стороною передньої рейки: по середній нитці;
- за червоною стороною задньої рейки: по середній нитці.

Відліки за верхньою ниткою використовуються для визначення відстаней до рейок (далекомірне визначення) та контролю рівності плечей, що є критичним для якості нівелювання. Відліки за середньою ниткою використовуються для обчислення перевищень.

4. *Контроль рівності плечей.* За відліками верхньої нитки обчислюють відстані до задньої та передньої рейок. Нерівність плечей на станції (різниця відстаней до задньої та передньої рейок) не повинна перевищувати встановлених допусків, що забезпечує мінімізацію впливу систематичних похибок.

5. *Обчислення перевищень.* За відліками середньої нитки визначають два перевищення:

- за чорними сторонами рейок:

$$h_{\text{чорн}} = \text{відлік}_{\text{задній(чорна)}} - \text{відлік}_{\text{передній(чорна)}}$$

- за червоними сторонами рейок:

$$h_{\text{черв}} = \text{відлік}_{\text{задній(червона)}} - \text{відлік}_{\text{передній(червона)}}$$

6. *Контроль вимірювань на станції.* Розходження між двома перевищеннями ( $h_{\text{чорн}}$  та  $h_{\text{черв}}$ ) з урахуванням різниці висот нулів пари рейок не повинно перевищувати 5мм. Якщо розбіжність перевищує допустиме значення, вимірювання на станції повторюють після зміни висоти нівеліра на 2–3см. Цей контроль є критичним для виявлення грубих помилок та забезпечення достовірності результатів.

7. *Фіксація результатів.* Усі відліки та обчислені перевищення записують у польовий нівелірний журнал (або в пам'ять електронного

нівеліра), де також фіксують номери станцій, точки ходу, відстані до рейок та інші необхідні дані.

*Контроль якості нівелірних робіт.* Після завершення польових вимірювань виконується камеральна обробка результатів, яка включає:

- обчислення нев'язок у нівелірних ходах – різниці між сумою отриманих перевищень та теоретичним значенням (різницею висот кінцевого та початкового пунктів);
- порівняння нев'язок з допустимими значеннями – якщо нев'язка не перевищує допустимого значення, хід вважається якісним і придатним для подальшого врівноваження;
- врівноваження результатів методом найменших квадратів для визначення найбільш надійних значень висот усіх пунктів нівелірної мережі;
- оцінку точності визначення висот пунктів після зрівнювання.

Запроектована нівелірна мережа IV класу має тісний зв'язок з полігонометричними ходами: нівелювання виконується по всіх точках полігонометричних ходів, що забезпечує визначення висот кожного пункту геодезичної основи. Такий підхід дозволяє отримати повну планово-висотну характеристику всіх пунктів знімальної основи, що є необхідною умовою для виконання топографічного знімання.

Для створення висотної основи топографічного знімання масштабу на території с. Краснопілля розроблено систему нівелірних ходів IV класу, яка будується за аналогічною з полігонометричною мережею схемою – п'ять ходів із двома вузловими точками, що спираються на вихідні пункти ДГМ (А1–А4) з відомими висотами III класу. Нівелювання виконується методом «із середини» за технологією, яка передбачає контроль на кожній станції (розходження між перевищеннями за чорними та червоними сторонами рейок не більше 5 мм), що забезпечує високу достовірність результатів. Визначення висот усіх пунктів полігонометричних ходів у єдиній висотній системі створює повноцінну планово-висотну основу, достатню для якісного виконання топографічного знімання.

## РОЗДІЛ 4

### ТОПОГРАФІЧНЕ ЗНІМАННЯ ОБ'ЄКТУ РОБІТ

#### 4.1 Обґрунтування способу виконання топографічного знімання, масштабу і перерізу рельєфу

Для розроблення проєктної документації залежно від площі об'єкта та фізико-географічних умов місцевості виконують великомасштабне топографічне знімання із застосуванням різних наземних і супутникових методів та сучасних геодезичних приладів. Топографічне знімання є одним із основних видів геодезичних робіт, результатом якого є створення топографічного плану або карти місцевості, що відображають як ситуацію (контури, об'єкти, комунікації), так і рельєф території. Вибір оптимального методу знімання, його масштабу та висоти перерізу рельєфу є визначальними факторами, що впливають на точність, детальність та економічну ефективність виконання робіт.

*Обґрунтування способу виконання топографічного знімання.* Залежно від способу отримання просторових даних, методи топографічних знімань поділяються на дві основні групи: контактні (наземні) та безконтактні (дистанційні), як схематично зображено на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Методи топографічних знімань територій

До контактних методів належать тахеометричне, теодолітне, мензульне знімання та нівелювання, при яких вимірювання виконуються безпосередньо на місцевості з використанням геодезичних приладів. Безконтактні методи охоплюють аерофотознімання, космічне знімання, лазерне сканування (LIDAR) та наземне лазерне сканування, які дозволяють отримувати просторові дані дистанційно, без безпосереднього контакту з об'єктом.

Вибір конкретного методу знімання визначається низкою факторів: технічним завданням на виконання робіт, необхідною точністю кінцевих результатів, масштабом плану, характером рельєфу та забудови території, наявністю геодезичного обладнання, а також економічними міркуваннями. Для території с. Краснопілля, де передбачено виконання топографічного знімання земельної ділянки по вул. Тилігульській з метою подальшого проектування пожежного депо, найбільш раціональним є застосування тахеометричного знімання з використанням електронного тахеометра.

Тахеометричне знімання є одним із найбільш поширених наземних методів великомасштабного топографічного знімання, яке забезпечує одночасне визначення планового та висотного положення точок місцевості. Його перевагами є висока точність, оперативність виконання польових робіт, можливість автоматизації процесу вимірювань та подальшої камеральної обробки, а також універсальність – метод придатний для знімання як відкритих, так і забудованих територій. Використання сучасних електронних тахеометрів дозволяє значно скоротити час польових робіт та мінімізувати вплив людського фактору на точність вимірювань.

*Обґрунтування масштабу знімання.* Основними критеріями якості топографічного плану є точність, повнота та детальність зображення. Точність плану характеризується відповідністю середньої квадратичної похибки положення контурних точок встановленим нормативним вимогам. Згідно з чинними нормативними документами, гранична похибка положення об'єктів та контурів на топографічному плані не повинна перевищувати 0,2

мм у масштабі плану на відкритій місцевості та 0,3 мм – на закритій (залісненій, забудованій).

Повнота плану визначається мінімальним розміром об'єктів або відстаней між ними, які повинні бути відображені на плані. Детальність плану залежить від ступеня генералізації та характеризується подібністю зображення елементів контурів на плані та їхньому реальному положенні на місцевості. Вибір оптимального співвідношення між повнотою та детальністю є важливим завданням при проектуванні топографічних робіт.

Масштаб топографічного знімання визначається насамперед цільовим призначенням робіт, для яких виконується знімання, стадією проектування, характером забудови та складністю ситуації і рельєфу території. Згідно з чинними нормативними документами, що регулюють виконання топографічних знімань, масштаб плану обирається залежно від типу території, яка підлягає картографуванню.

Відповідно до рекомендацій, наведених у таблиці 4.1, топографічне знімання населених пунктів виконується в масштабах, які диференціюються залежно від типу території. До I типу належать території з багатоповерховою забудовою та території великих міст, до II типу – території переважно з малоповерховою забудовою (садибна забудова), а також незабудовані території.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані масштаби топографічних знімань залежно від типу території

| Масштаби<br>топографічних планів | Тип I    | Тип II  |
|----------------------------------|----------|---------|
| 1:500                            | 1:500    | -       |
| 1:1 000                          | -        | 1:1 000 |
| 1:2 000                          | 1:2 000  | -       |
| 1:5 000                          | -        | 1:5 000 |
| 1:10 000                         | 1:10 000 | -       |

На території с. Краснопілля переважає малоповерхова садибна забудова або незабудовані території, що дозволяє віднести її до II типу. Враховуючи тип території та цільове призначення топографо-геодезичних робіт (проектування пожежного депо), яке потребує детального відображення ситуації та рельєфу на відносно невеликій ділянці, проектом передбачено виконання топографічного знімання в масштабі 1:1 000. Такий масштаб забезпечує необхідну детальність для проектування будівлі та інженерних мереж, дозволяє чітко відобразити існуючу ситуацію (існуючі будівлі, споруди, дороги, зелені насадження) та рельєф місцевості.

*Обґрунтування висоти перерізу рельєфу.* Наступним важливим етапом проектування топографічних робіт є визначення висоти перерізу рельєфу, яка визначає вертикальну детальність зображення рельєфу на топографічному плані. Висота перерізу рельєфу залежить від масштабу знімання, характеру рельєфу місцевості та призначення плану. Для великомасштабних знімань рівнинних ділянок переріз рельєфу зазвичай становить 0,5–1,0 м, для горбистої місцевості – 1,0–2,0 м, для гірської – 2,0–5,0 м.

Для обґрунтованого вибору висоти перерізу рельєфу необхідно визначити тип рельєфу на території проектування. З цією метою виконується оцінка стрімкості схилів на досліджуваній ділянці. На основі аналізу топографічної ситуації встановлено, що максимальна висота на об'єкті знімання становить 70,2 м, а мінімальна – 38,5 м. Горизонтальне прокладання між цими точками становить 6784,8 м. За цими даними визначається ухил місцевості за формулою:

$$i = \frac{H_{\text{макс}} - H_{\text{мін}}}{L} \quad (4.1)$$

У нашому випадку:

$$i = \frac{70,2 - 38,5}{6784,8} = 0,00467.$$

Для визначення стрімкості схилу в градусній мірі обчислюємо арктангенс ухилу:

$$\alpha = \arctan(0,00467) \approx 0^{\circ}16'04''$$

Отримане значення кута нахилу (близько  $0,27^{\circ}$ ) свідчить про те, що територія дослідження є рівнинною (згідно з класифікацією, до рівнинної місцевості належать території з кутами нахилу менше  $2^{\circ}$ ). Відповідно до вимог нормативних документів для рівнинної місцевості при топографічному зніманні масштабу 1:1000 висота перерізу рельєфу приймається рівною 0,5 м. Така висота перерізу забезпечує детальне відображення форм рельєфу на плані та є достатньою для вирішення проектних завдань, пов'язаних із будівництвом пожежного депо.

#### **4.2 Технологія проведення польових робіт при тахеометричному зніманні**

Тахеометричне знімання є одним із найбільш поширених та ефективних наземних методів великомасштабного топографічного знімання, яке забезпечує одночасне визначення планового положення та висот точок місцевості. Назва методу походить від грецьких слів «тахис» (швидкий) та «метрео» (вимірюю), що в повній мірі відображає його сутність – оперативне отримання топографічного плану території з високою точністю. Сутність тахеометричного знімання полягає у визначенні просторових координат характерних точок рельєфу та ситуації полярним способом з пунктів геодезичної основи (рис. 4.2).

Перевагами тахеометричного знімання є: можливість одночасного отримання планових координат та висот точок; висока продуктивність польових робіт (до 300–500 пікетів за зміну); забезпечення точності, достатньої для створення планів масштабів 1:500–1:5000; можливість подальшої автоматизованої камеральної обробки та побудови цифрових моделей рельєфу (ЦМР).

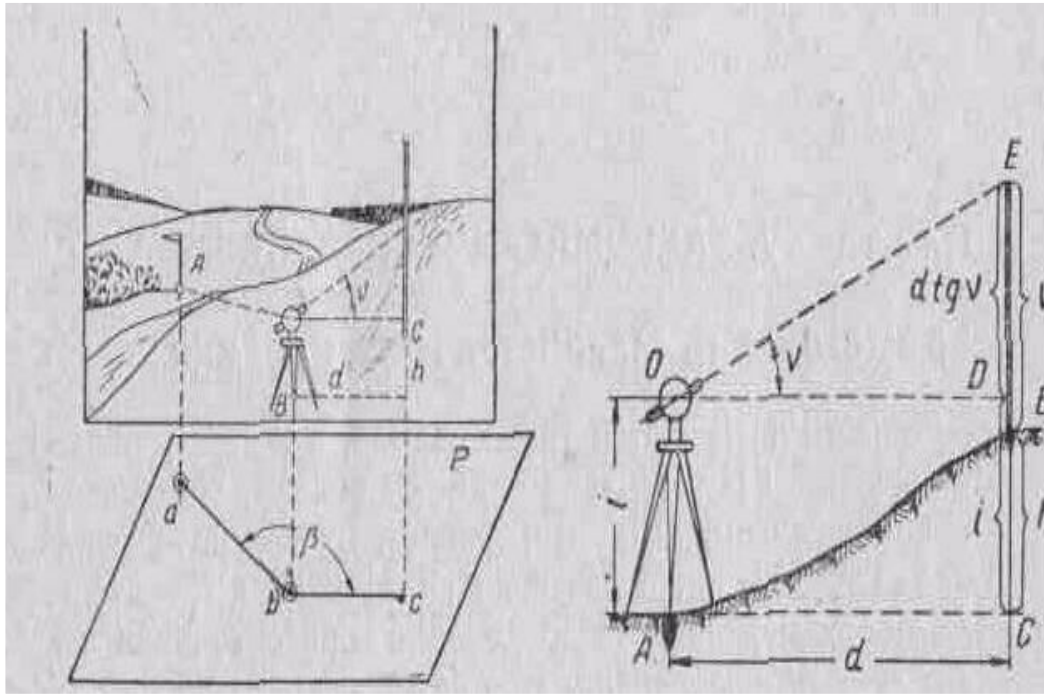


Рисунок 4.2 – Схема полярного методу тахеометричного знімання

Використання сучасних електронних тахеометрів дозволяє повністю автоматизувати процес вимірювань, фіксації даних та їх первинної обробки, що суттєво скорочує час виконання робіт та мінімізує вплив людського фактору.

Технологічний процес тахеометричного знімання складається з трьох основних етапів: підготовчих робіт, польових вимірювань та камеральної обробки результатів. Кожен із цих етапів має свою специфіку та вимагає чіткого дотримання встановлених вимог.

На підготовчому етапі виконується рекогносцирування території з метою визначення оптимального розташування знімальних станцій, з яких забезпечується максимальна видимість на ділянці знімання. При цьому враховуються такі фактори: наявність перешкод (будівлі, дерева, лінії електропередач), характер рельєфу, конфігурація та розміри земельної ділянки. Кількість станцій обирається такою, щоб забезпечити знімання всієї території з мінімальною кількістю переходів та з дотриманням вимог щодо максимальної відстані до пікетів. Важливим елементом підготовчого етапу є

також перевірка геодезичного обладнання, його калібрування та налаштування відповідно до інструкцій з експлуатації.

*Технологічна послідовність польових вимірювань.* Польові вимірювання при тахеометричному зніманні з використанням електронного тахеометра виконуються в такій послідовності.

1. *Встановлення приладу та приведення його в робоче положення.* Тахеометр встановлюють над пунктом знімальної геодезичної основи (полігонометричний пункт) та виконують його центрування та горизонтування згідно з вимогами, описаними в підрозділі 3.3. Точність центрування має бути не гіршою за 1–2 мм, що забезпечується використанням оптичного центриру.

2. *Налаштування приладу та створення проекту.* На дисплеї електронного тахеометра створюють новий проект (файл) для збереження результатів вимірювань. Вводять необхідні параметри: дату, час, номер об'єкта, прізвище виконавця. Кориguють значення атмосферних параметрів (температури повітря, атмосферного тиску та вологості), оскільки від них залежить точність вимірювання відстаней (поправки за атмосферні умови вводяться автоматично приладом згідно з формулою, закладеною в програмному забезпеченні). Вводять координати та висоту станції стояння (відомі з результатів полігонометричних та нівелірних робіт), а також висоту приладу (вимірюється рулеткою з точністю до 1 см).

3. *Орієнтування горизонтального круга.* Зорову трубу тахеометра наводять на вихідний напрямок (як правило, на сусідній пункт геодезичної основи або на інший орієнтир з відомими координатами). Встановлюють відлік на горизонтальному крузі рівним відомому дирекційному куту цього напрямку. Це забезпечує правильне орієнтування приладу в системі координат та можливість обчислення координат знімальних пікетів.

4. *Визначення координат знімальних пікетів полярним способом.* Безпосереднє знімання виконується полярним методом (рис. 4.2), при якому координати точки визначаються за виміряним горизонтальним кутом  $\beta$  від

вихідного напрямку, похилою відстанню  $D$  та вертикальним кутом  $\nu$ . Для кожної точки рельєфу або ситуації виконуються наступні дії:

- зорову трубу наводять на відбивач, встановлений на знімальному пікеті (рейці з призмою);
- за командою «MEAS» (виміряти) прилад автоматично визначає горизонтальний кут, вертикальний кут та похилу відстань;
- на дисплеї відображаються обчислені значення горизонтального прокладання, перевищення та координати точки (за умови введених координат станції);
- результати вимірювань автоматично зберігаються в пам'яті приладу з присвоєнням унікального номера пікету.

Знімання виконується з дотриманням таких правил:

- пікети обираються на всіх характерних точках рельєфу (вершини, підосви схилів, вододіли, тальвеги, перегини схилів) та ситуації (кути будівель, перехрестя доріг, опори ЛЕП тощо);
- відстань від станції до пікету не повинна перевищувати встановлених нормативних значень (для масштабу 1:1000 – не більше 150–200 м на відкритій місцевості);
- кількість пікетів на 1 км<sup>2</sup> має бути достатньою для достовірного відображення рельєфу та ситуації (орієнтовно 200–500 пікетів на 1 км<sup>2</sup> залежно від складності території).

5. *Контроль якості вимірювань.* Для забезпечення достовірності результатів виконується контроль знімання шляхом повторного вимірювання окремих пікетів з інших станцій (контрольні вимірювання). Розбіжності між координатами контрольних точок не повинні перевищувати встановлених допусків (для масштабу 1:1000 – не більше 0,2 м у плані та 0,1 м за висотою). Крім того, під час роботи на станції періодично виконується перевірка орієнтування за вихідним напрямком (контрольне наведення).

Відповідно до вимог чинних нормативних документів [11], при виконанні тахеометричного знімання з використанням електронних тахеометрів повинні дотримуватися норми, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Нормативні вимоги до тахеометричного знімання при використанні електронного тахеометра (масштаб 1:1000)

| № | Показник                                                             | Нормативне значення               |
|---|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Максимальна довжина візирного променя, м                             | 150–200 (залежно від умов)        |
| 2 | Гранична похибка положення контурних точок на плані, мм (у масштабі) | 0,2 (0,2 м на місцевості)         |
| 3 | Гранична похибка висотного положення точок рельєфу, мм (у масштабі)  | 0,3 (0,3 м на місцевості)         |
| 4 | Максимальна відстань між пікетами на рівнинній місцевості, м         | 20 – 40                           |
| 5 | Кількість станцій на 1 км <sup>2</sup>                               | 4 – 6<br>(залежно від складності) |
| 6 | Розходження між контрольними вимірюваннями, м (план/висота)          | 0,2 / 0,1                         |

6. *Завершення робіт на станції.* Після завершення знімання з усіх запланованих станцій виконується контрольний перегляд отриманих даних, перевіряється наявність усіх необхідних пікетів, відсутність пропусків. Дані з пам'яті приладу переносяться на персональний комп'ютер для подальшої камеральної обробки за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (наприклад, Digitals або інших програмних комплексів). Додатково, для забезпечення надійності даних, результати вимірювань можуть дублюватися у польовому журналі.

*Цифрова модель рельєфу та автоматизація камеральної обробки.* Однією з ключових переваг сучасного тахеометричного знімання є можливість автоматизованого створення цифрової моделі рельєфу (ЦМР). ЦМР являє собою математичне представлення рельєфу місцевості у вигляді тривимірної поверхні, що будується за координатами знімальних пікетів. У геоінформаційних системах (ГІС) ЦМР використовується для розв'язання широкого кола задач: від візуалізації рельєфу до виконання інженерних

розрахунків (визначення об'ємів ґрунту, проектування вертикального планування тощо).

Порядок автоматизованої обробки інформації, отриманої в результаті тахеометричного знімання, наведено на рисунку 4.3.

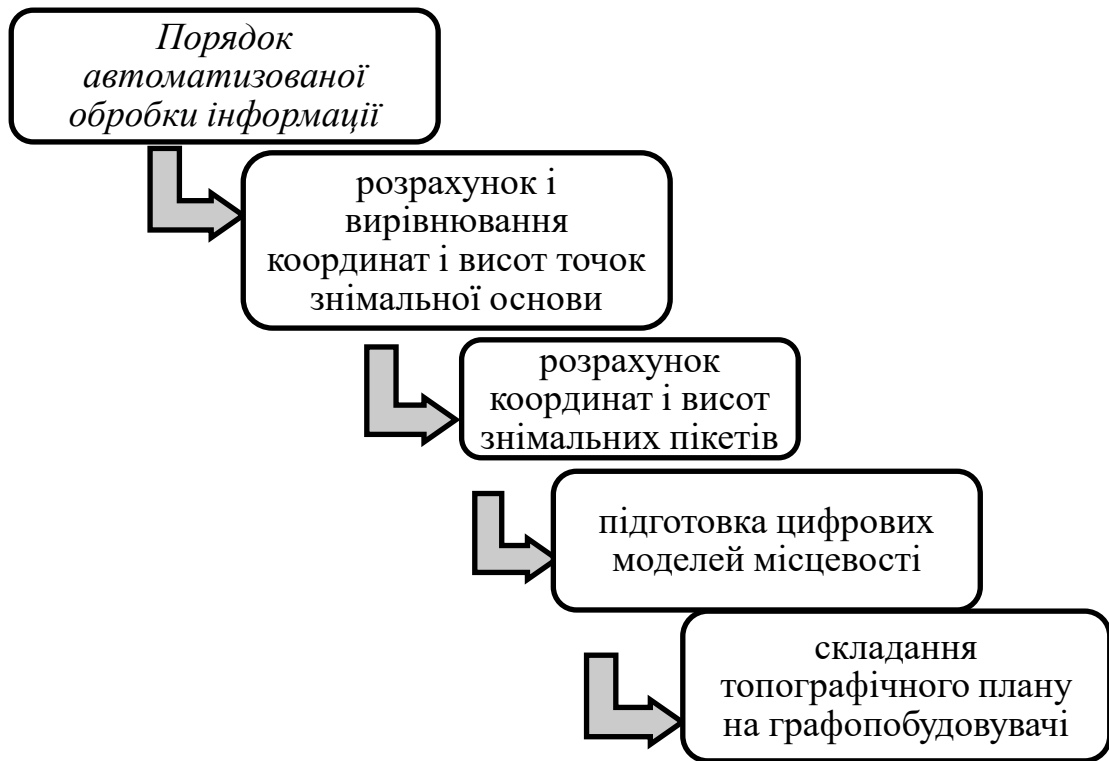


Рисунок 4.3 – Порядок автоматичної обробки інформації

Процес включає такі основні етапи: імпорт даних з електронного тахеометра до комп'ютера; перевірка та фільтрація даних (видалення помилкових або сумнівних пікетів); побудова триангуляційної моделі рельєфу (TIN – Triangulated Irregular Network) за методом Делоне; генерація горизонталей із заданою висотою перерізу; оформлення топографічного плану згідно з вимогами умовних знаків.

Автоматизація камеральної обробки дозволяє суттєво скоротити час виконання робіт, підвищити точність побудови плану (усуваються похибки ручних побудов), забезпечити можливість багаторазового використання даних та їх інтеграції в інші геоінформаційні системи. Застосування програмного забезпечення також дозволяє автоматично виконувати контроль

якості отриманих матеріалів, зокрема перевіряти відповідність щільності пікетів нормативним вимогам.

*Висновок.* Розроблена технологія виконання польових робіт при тахеометричному зніманні з використанням електронного тахеометра передбачає чітку послідовність дій на кожній станції – від підготовчих робіт до завершальної обробки даних. Тахеометричний метод забезпечує високу продуктивність та необхідну точність визначення координат точок рельєфу та ситуації, що повністю відповідає вимогам створення топографічного плану масштабу 1:1000 на території земельної ділянки по вул. Тилігульській у с. Краснопілля. Застосування сучасних електронних тахеометрів та спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє автоматизувати процес знімання та камеральної обробки, забезпечуючи високу точність, швидкість та надійність отриманих результатів. Дотримання нормативних вимог (максимальна довжина візирного променя, щільність пікетів, контрольні вимірювання) гарантує достовірність топографічного плану, достатню для подальшого використання при проектуванні пожежного депо на досліджуваній території.

#### **4.3 Камеральна обробка результатів тахеометричного знімання та створення топографічного плану**

Камеральна обробка результатів топографо-геодезичних вимірювань є завершальним, але не менш важливим етапом виконання геодезичних робіт, оскільки саме на цьому етапі польові дані трансформуються в кінцевий графічний документ – топографічний план. Камеральні роботи виконуються в лабораторних (офісних) умовах із використанням спеціалізованого програмного забезпечення та охоплюють комплекс операцій з математичної обробки результатів вимірювань, побудови цифрових моделей рельєфу, складання та оформлення топографічних планів. Послідовність виконання камеральних робіт при тахеометричному зніманні наведена на рисунку 4.4.



*Рисунок 4.4 – Етапи камеральної обробки результатів тахеометричного знімання*

Основними етапами камеральної обробки результатів тахеометричного знімання є: перенесення даних з електронного тахеометра до комп'ютера, врівноваження полігонометричних ходів, обчислення координат знімальних пікетів, побудова цифрової моделі рельєфу (ЦМР) та генерування горизонталей, нанесення ситуації, оформлення топографічного плану згідно з вимогами умовних знаків. Усі ці операції виконуються із застосуванням сучасного програмного забезпечення, що дозволяє автоматизувати обчислювальні процеси та забезпечити високу точність кінцевих результатів.

*Перенесення даних та їх первинна обробка.* Результати польових вимірювань, отримані під час тахеометричного знімання, зберігаються у внутрішній пам'яті електронного тахеометра у вигляді електронного польового журналу. Для подальшої обробки дані експортуються на персональний комп'ютер за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (у даній роботі використано програму Sokkia Link) у форматі SDR, який є стандартним для більшості сучасних тахеометрів. Цей формат

забезпечує збереження всієї необхідної інформації: номерів пікетів, виміряних горизонтальних та вертикальних кутів, похилих та горизонтальних відстаней, перевищень, а також даних про станцію (координати, висота, висота приладу).

*Врівноваження полігонометричних ходів.* Після імпорту даних виконується врівноваження полігонометричних ходів, яке є критичним етапом для забезпечення точності всієї геодезичної основи. У даній роботі цю операцію виконано за допомогою компонента AutoCAD Geodesy, який дозволяє автоматизувати процес зрівнювання кутових та лінійних вимірювань. Послідовність дій включає: введення координат вихідних пунктів ДГМ (А1–А4), імпорт даних польових вимірювань, виконання функції «Врівноважити», яка реалізує метод найменших квадратів для отримання зрівняних координат усіх пунктів полігонометричних ходів. Результатом врівноваження є каталог скоригованих координат пунктів геодезичної основи, які використовуються як вихідні для обчислення координат знімальних пікетів.

*Обчислення координат знімальних пікетів.* На основі врівноважених координат станцій та виміряних полярних координат (горизонтальний кут, горизонтальне прокладання, вертикальний кут) виконується обчислення планових координат (X, Y) та висот (H) усіх знімальних пікетів. Розрахунки виконуються автоматично за допомогою програмного забезпечення за формулами прямої геодезичної задачі. У таблиці 4.3 наведено каталог координат точок тахеометричного знімання (для масштабу 1:1000), який включає номери пікетів, їхні координати в системі УСК-2000 та горизонтальні кути, виміряні на станціях.

Таблиця 4.3 – Каталог координат точок тахеометричного знімання

| №  | X          | Y          | Кути       | №   | X          | Y          | Кути       |
|----|------------|------------|------------|-----|------------|------------|------------|
| 1  | 5190463,94 | 4204261,32 | 111°01'14" | 81  | 5190007,81 | 4204514,52 | 183°43'34" |
| 2  | 5190462,61 | 4204264,78 | 113°29'24" | 82  | 5189978,06 | 4204512,58 | 259°31'12" |
| 3  | 5190461,50 | 4204267,35 | 124°34'12" | 83  | 5189969,80 | 4204467,93 | 15°14'48"  |
| 4  | 5190458,63 | 4204271,52 | 238°41'41" | 84  | 5189990,99 | 4204473,70 | 263°21'16" |
| 5  | 5190436,75 | 4204235,54 | 175°12'22" | 85  | 5189988,30 | 4204450,62 | 216°26'43" |
| 6  | 5190429,33 | 4204236,16 | 130°05'43" | 86  | 5189967,09 | 4204434,96 | 327°18'11" |
| 7  | 5190427,28 | 4204238,60 | 89°12'27"  | 87  | 5190383,71 | 4204167,52 | 357°34'38" |
| 8  | 5190427,35 | 4204243,24 | 121°33'28" | 88  | 5190425,58 | 4204165,75 | 295°28'36" |
| 9  | 5190425,17 | 4204246,79 | 120°18'09" | 89  | 5190446,82 | 4204121,17 | 80°51'12"  |
| 10 | 5190422,88 | 4204250,71 | 167°17'53" | 90  | 5190453,36 | 4204161,77 | 77°14'44"  |
| 11 | 5190396,9  | 4204256,57 | 276°07'02" | 91  | 5190463,67 | 4204207,31 | 44°00'13"  |
| 12 | 5190398,91 | 4204237,85 | 303°40'18" | 92  | 5190504,10 | 4204246,36 | 272°12'38" |
| 13 | 5190402,53 | 4204232,41 | 310°16'40" | 93  | 5190505,55 | 4204208,81 | 264°22'33" |
| 14 | 5190402,86 | 4204232,03 | 340°02'51" | 94  | 5190501,31 | 4204165,80 | 265°21'25" |
| 15 | 5190406,61 | 4204230,67 | 269°42'02" | 95  | 5190496,61 | 4204107,92 | 11°25'41"  |
| 16 | 5190406,59 | 4204226,46 | 298°08'36" | 96  | 5190554,07 | 4204119,54 | 80°53'23"  |
| 17 | 5190408,09 | 4204223,64 | 353°44'21" | 97  | 5190559,01 | 4204150,36 | 80°57'14"  |
| 18 | 5190410,16 | 4204223,42 | 309°25'29" | 98  | 5190564,86 | 4204187,09 | 79°27'57"  |
| 19 | 5190410,35 | 4204223,18 | 302°15'23" | 99  | 5190570,14 | 4204215,51 | 82°52'59"  |
| 20 | 5190411,88 | 4204220,76 | 352°49'47" | 100 | 5190576,06 | 4204262,88 | 350°29'31" |
| 21 | 5190436,03 | 4204217,72 | 259°57'18" | 101 | 5190637,48 | 4204252,59 | 256°45'25" |
| 22 | 5190429,84 | 4204182,77 | 149°17'11" | 102 | 5190629,48 | 4204218,59 | 258°10'08" |
| 23 | 5190387,91 | 4204207,68 | 131°19'07" | 103 | 5190619,92 | 4204172,98 | 256°58'35" |
| 24 | 5190383,6  | 4204212,58 | 149°44'55" | 104 | 5190612,63 | 4204141,45 | 256°24'16" |
| 25 | 5190379,97 | 4204214,70 | 131°32'31" | 105 | 5190604,49 | 4204107,82 | 340°42'19" |
| 26 | 5190378,44 | 4204216,42 | 109°52'45" | 106 | 5190672,68 | 4204083,94 | 77°40'24"  |
| 27 | 5190375,94 | 4204223,34 | 131°15'28" | 107 | 5190681,44 | 4204124,02 | 81°00'25"  |
| 28 | 5190362,75 | 4204238,37 | 109°30'03" | 108 | 5190687,47 | 4204162,13 | 78°20'42"  |
| 29 | 5190356,64 | 4204255,64 | 145°39'20" | 109 | 5190694,66 | 4204196,99 | 82°16'30"  |
| 30 | 5190310,91 | 4204286,88 | 269°34'13" | 110 | 5190701,16 | 4204244,86 | 350°52'03" |
| 31 | 5190310,7  | 4204258,35 | 209°38'45" | 111 | 5190770,69 | 4204233,68 | 257°49'51" |
| 32 | 5190287,22 | 4204244,99 | 320°35'20" | 112 | 5190761,48 | 4204190,98 | 257°37'15" |
| 33 | 5190313,04 | 4204223,77 | 332°51'15" | 113 | 5190752,12 | 4204148,34 | 257°07'31" |
| 34 | 5190330,83 | 4204214,65 | 284°19'56" | 114 | 5190743,76 | 4204111,75 | 257°03'54" |
| 35 | 5190335,21 | 4204197,49 | 305°47'23" | 115 | 5190734,08 | 4204069,62 | 349°05'41" |
| 36 | 5190338,89 | 4204192,40 | 303°11'29" | 116 | 5190803,20 | 4204056,30 | 81°10'11"  |
| 37 | 5190340,16 | 4204190,45 | 290°54'51" | 117 | 5190809,05 | 4204093,94 | 79°51'49"  |
| 38 | 5190341,55 | 4204186,82 | 309°50'21" | 118 | 5190817,54 | 4204141,44 | 77°29'15"  |
| 39 | 5190345,09 | 4204182,57 | 128°52'30" | 119 | 5190826,22 | 4204180,51 | 84°18'12"  |
| 40 | 5190270,85 | 4204274,67 | 126°02'02" | 120 | 5190830,92 | 4204227,69 | 348°23'19" |
| 41 | 5190246,41 | 4204308,26 | 150°09'36" | 121 | 5190903,76 | 4204212,72 | 258°30'25" |
| 42 | 5190216,57 | 4204325,38 | 110°12'02" | 122 | 5190896,16 | 4204175,33 | 258°34'57" |

Продовження таблиці 4.3

| №  | X          | Y          | Кути       | №   | X          | Y          | Кути       |
|----|------------|------------|------------|-----|------------|------------|------------|
| 43 | 5190204,82 | 4204357,30 | 120°35'45" | 123 | 5190885,8  | 4204124,04 | 255°35'10" |
| 44 | 5190186,88 | 4204387,65 | 125°05'11" | 124 | 5190874,60 | 4204080,46 | 257°29'30" |
| 45 | 5190147,35 | 4204443,92 | 264°35'30" | 125 | 5190865,61 | 4204039,93 | 02°37'08"  |
| 46 | 5190144,57 | 4204414,58 | 119°38'03" | 126 | 5190936,48 | 4204043,17 | 77°46'57"  |
| 47 | 5190122,39 | 4204453,57 | 118°31'51" | 127 | 5190946,21 | 4204088,09 | 78°47'01"  |
| 48 | 5190101,44 | 4204492,12 | 182°02'49" | 128 | 5190952,63 | 4204120,47 | 79°36'16"  |
| 49 | 5190071,92 | 4204491,07 | 114°37'39" | 129 | 5190960,09 | 4204161,14 | 82°24'02"  |
| 50 | 5190060,72 | 4204515,51 | 277°12'04" | 130 | 5190965,63 | 4204202,65 | 350°50'53" |
| 51 | 5190066,94 | 4204466,25 | 287°10'59" | 131 | 5191041,86 | 4204190,37 | 253°24'39" |
| 52 | 5190083,23 | 4204413,59 | 29°23'23"  | 132 | 5191029,13 | 4204147,62 | 258°33'47" |
| 53 | 5190094,81 | 4204420,12 | 330°57'08" | 133 | 5191022,16 | 4204113,15 | 258°14'53" |
| 54 | 5190121,8  | 4204405,13 | 305°57'10" | 134 | 5191013,49 | 4204071,52 | 256°00'09" |
| 55 | 5190138,16 | 4204382,57 | 12°09'37"  | 135 | 5191001,66 | 4204024,05 | 347°29'19" |
| 56 | 5190175,88 | 4204390,70 | 233°01'10" | 136 | 5191083,55 | 4204005,88 | 81°00'04"  |
| 57 | 5190152,81 | 4204360,06 | 344°01'00" | 137 | 5191094,97 | 4204077,99 | 77°34'47"  |
| 58 | 5190181,93 | 4204351,72 | 211°02'10" | 138 | 5191102,35 | 4204111,51 | 84°49'31"  |
| 59 | 5190156,10 | 4204336,18 | 332°25'09" | 139 | 5191104,00 | 4204129,64 | 80°59'55"  |
| 60 | 5190192,00 | 4204317,42 | 329°31'28" | 140 | 5191110,39 | 4204169,99 | 338°46'09" |
| 61 | 5190221,36 | 4204300,14 | 340°34'41" | 141 | 5191162,01 | 4204149,94 | 259°28'14" |
| 62 | 5190240,83 | 4204293,28 | 221°56'06" | 142 | 5191154,07 | 4204107,24 | 249°32'42" |
| 63 | 5190229,92 | 4204283,48 | 143°02'31" | 143 | 5191139,27 | 4204067,57 | 262°28'00" |
| 64 | 5190120,07 | 4204366,14 | 252°07'48" | 144 | 5191132,31 | 4204014,91 | 350°59'55" |
| 65 | 5190114,55 | 4204349,04 | 126°44'44" | 145 | 5191142,91 | 4204013,23 | 83°27'57"  |
| 66 | 5190100,51 | 4204367,85 | 126°19'38" | 146 | 5191148,63 | 4204063,13 | 335°43'41" |
| 67 | 5190079,35 | 4204396,62 | 248°00'38" | 147 | 5191155,90 | 4204059,85 | 75°31'48"  |
| 68 | 5190069,56 | 4204372,38 | 170°08'42" | 148 | 5191167,91 | 4204106,39 | 87°02'56"  |
| 69 | 5190044,80 | 4204376,68 | 73°00'44"  | 149 | 5191170,05 | 4204147,91 | 01°22'16"  |
| 70 | 5190061,93 | 4204432,74 | 181°39'28" | 150 | 5191177,31 | 4204148,09 | 296°45'55" |
| 71 | 5190043,03 | 4204432,20 | 241°20'57" | 151 | 5191209,47 | 4204084,34 | 228°28'03" |
| 72 | 5190041,44 | 4204429,30 | 297°15'03" | 152 | 5191170,61 | 4204040,47 | 302°38'53" |
| 73 | 5190045,79 | 4204420,85 | 232°30'23" | 153 | 5191195,26 | 4204002,00 | 307°59'36" |
| 74 | 5190031,35 | 4204402,01 | 207°16'16" | 154 | 5191215,51 | 4203976,07 | 82°40'05"  |
| 75 | 5190013,41 | 4204392,76 | 138°02'41" | 155 | 5191223,59 | 4204038,88 | 76°35'13"  |
| 76 | 5189985,38 | 4204417,96 | 25°59'38"  | 156 | 5191239,98 | 4204107,61 | 108°53'56" |
| 77 | 5190016,61 | 4204433,19 | 79°58'46"  | 157 | 5191227,93 | 4204142,81 | 340°32'15" |
| 78 | 5190023,59 | 4204472,73 | 22°47'46"  | 158 | 5191267,81 | 4204128,72 | 260°29'59" |
| 79 | 5190044,85 | 4204481,66 | 94°40'43"  | 159 | 5191258,45 | 4204072,77 | 260°48'56" |
| 80 | 5190042,39 | 4204511,71 | 175°21'44" | 160 | 5191244,88 | 4203988,84 | 160°45'55" |

Повний каталог координат містить усі 160 пікетів, знімання яких виконано на території земельної ділянки. Кожна точка має унікальний номер,

що забезпечує однозначну ідентифікацію при побудові топографічного плану.

*Побудова цифрової моделі рельєфу та генерування горизонталей.* Для створення топографічного плану необхідно відобразити рельєф місцевості у вигляді горизонталей. Наступним етапом після імпорту даних та обчислення координат є побудова цифрової моделі рельєфу (ЦМР) на основі координат знімальних пікетів. У даній роботі цю операцію виконано в середовищі AutoCAD Civil 3D, яке є потужним інструментом для автоматизованого проєктування та створення топографічних планів. Процес побудови ЦМР передбачає наступні кроки:

1. *Імпорт координат пікетів.* В AutoCAD Civil 3D створюють групу точок, до якої імпортують дані з польового журналу. Програма підтримує імпорт даних із більшості сучасних електронних тахеометрів у різних форматах, що забезпечує універсальність застосування.

2. *Створення поверхні.* На основі групи точок створюють поверхню (Triangulated Irregular Network, TIN), яка являє собою трикутну нерегулярну сітку, побудовану за методом Делоне. Ця модель є базою для подальшого генерування горизонталей.

3. *Генерування горизонталей.* Для створюваної поверхні задають стиль відображення «Горизонталі 0,5 м», що відповідає прийнятій висоті перерізу рельєфу (0,5 м). Програма автоматично будує горизонталі із заданим кроком, які точно відображають форми рельєфу території.

4. *Підписування горизонталей.* За допомогою інструментів анотацій («Додати мітки» → «Поверхня» → «Додати мітки поверхні») виконується підписування горизонталей з позначенням їхніх висотних відміток. Тип мітки обирається «Горизонталь-Декілька», що дозволяє підписувати горизонталі вздовж лінії, яка їх перетинає.

*Нанесення ситуації та оформлення топографічного плану.* Після побудови рельєфу наступним етапом є нанесення ситуації – всіх об'єктів та контурів, що існують на території знімання. За допомогою інструментів AutoCAD викреслюються:

- існуючі будівлі та споруди (з позначенням матеріалів стін, кількості поверхів);

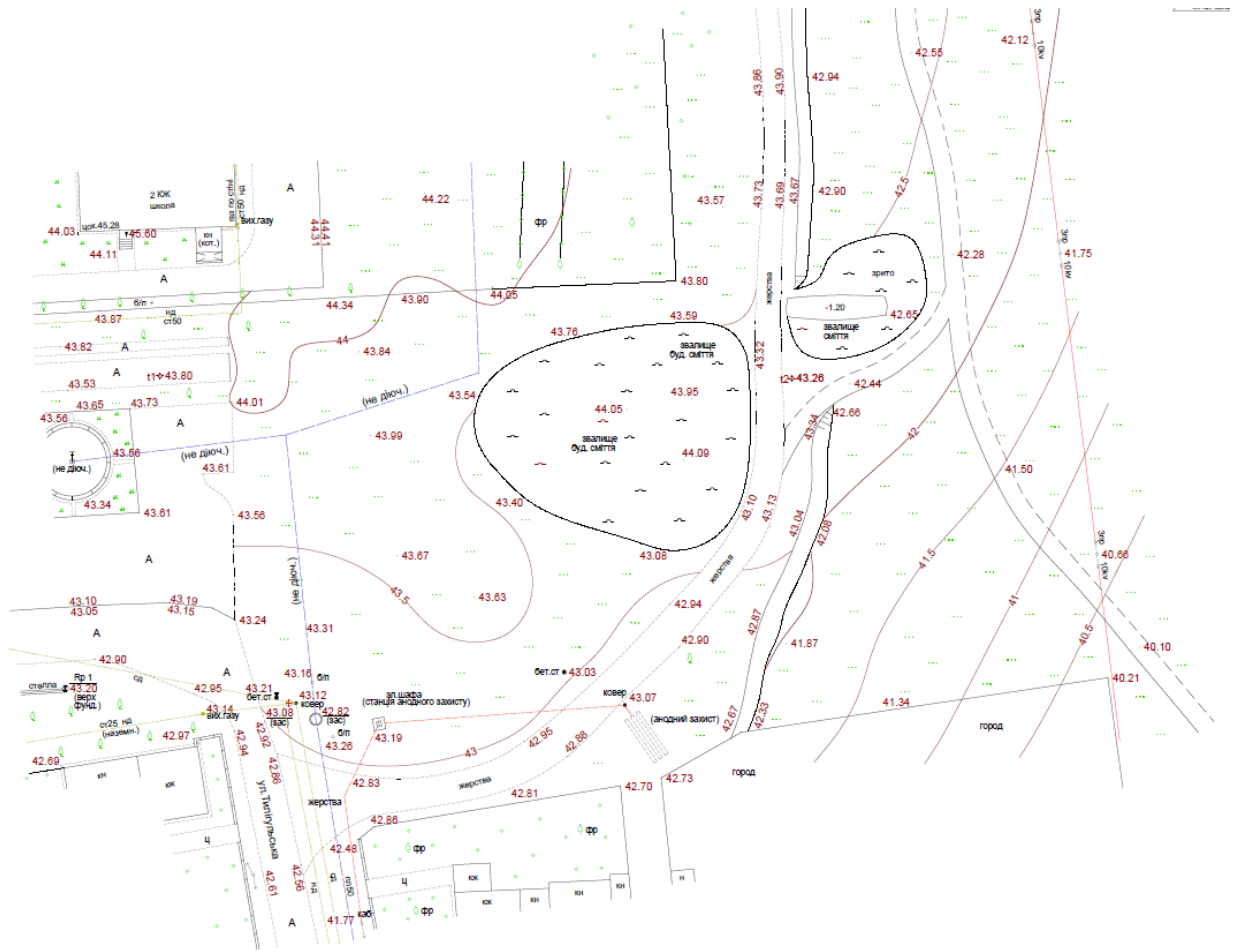
- дороги, тротуари, пішохідні доріжки;
- зелені насадження (дерева, чагарники, газони);
- інженерні комунікації (за наявності);
- межі земельної ділянки та інші контури.

Кожен елемент ситуації наноситься згідно з вимогами «Умовних знаків для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500» із застосуванням відповідного кольору, типу лінії та умовного позначення.

Завершальним етапом є оформлення топографічного плану, яке включає:

- нанесення рамок та штампу (із зазначенням назви об'єкта, масштабу, системи координат, висоти перерізу рельєфу, дати виконання робіт, виконавців);
- розміщення експлікації угідь (за наявності);
- перевірку відповідності плану нормативним вимогам (відсутність пропусків, правильність умовних позначень).

Готовий топографічний план території земельної ділянки по вул. Тилігульській у с. Краснопілля масштабу 1:1000 з висотою перерізу рельєфу 0,5 м показано на рисунку 4.5.



*Рисунок 4.5 – Топографічний план земельної ділянки по вул. Тигульській у с. Краснопілля*

**Висновок.** У результаті виконання камеральних робіт з обробки результатів тахеометричного знімання із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення (Sokkia Link, AutoCAD Geodesy, AutoCAD Civil 3D) отримано каталог координат 160 знімальних пікетів у системі УСК-2000. Виконано врівноваження полігонометричних ходів, побудовано цифрову модель рельєфу та згенеровано горизонталі з висотою перерізу 0.5м, нанесено елементи ситуації. Кінцевим результатом камеральної обробки є топографічний план земельної ділянки масштабу 1:1000, оформлений згідно з вимогами чинних нормативних документів. Застосування автоматизованих методів обробки даних забезпечило високу точність, оперативність та надійність отриманих результатів, що робить створений топографічний план придатним для подальшого використання при проектуванні пожежного депо на території с. Краснопілля.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи на тему «Проект створення полігонометричної мережі згущення для топографічного знімання земельної ділянки по вул. Тилігульській в с. Краснопілля Березанської селищної громади Миколаївського району Миколаївської області» виконано комплекс досліджень та розробок, які дозволяють зробити такі висновки.

*1. Нормативно-правове забезпечення.* Проведений аналіз нормативно-правової бази та спеціалізованих наукових джерел показав, що в Україні сформовано достатньо розвинене правове й методичне забезпечення для проектування полігонометричних мереж згущення та виконання топографічних знімів. Визначальну роль у регулюванні цієї сфери відіграють Закони України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» та «Про метрологію та метрологічну діяльність», а також чинний Порядок топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (наказ № 1675 від 17.04.2025), який встановлює сучасні вимоги до точності та методики виконання робіт.

*2. Фізико-географічна характеристика.* Територія дослідження – с. Краснопілля Березанської селищної громади – характеризується помірно-континентальним кліматом з вираженими рисами посушливості, рівнинним рельєфом у межах Причорноморської низовини, переважанням темно-каштанових та каштанових ґрунтів. Земельна ділянка має некомпактну форму з ламаними межами, що ускладнює її геодезичну фіксацію.

*3. Топографо-геодезична забезпеченість.* Аналіз вихідної топографічної карти масштабу 1:100000 (L-36-39) дозволив виявити 78 пунктів ДГМ, з яких лише 6 пунктів (номери 1, 2, 3, 13, 38, 53) визнано придатними до використання. Фактична щільність пунктів становить 6,7 км<sup>2</sup> на один пункт, що значно перевищує нормативне значення (2 км<sup>2</sup> на один пункт для незабудованої території), що зумовлює необхідність створення геодезичної мережі згущення.

4. *Проектування полігонометричної мережі.* На основі аналізу площі району робіт (40 км<sup>2</sup>), відстаней між вихідними пунктами ДГМ та необхідної точності обґрунтовано вибір полігонометрії 4 класу. Для досягнення нормативної щільності розраховано необхідність створення 14 додаткових пунктів. Запроектовано систему з 5 полігонометричних ходів 4 класу з двома вузловими точками, об'єднаних у єдину мережу. Технічні характеристики всіх ходів (довжина, кількість сторін, мінімальна та максимальна довжини сторін) повністю відповідають нормативним вимогам.

5. *Оцінка точності.* Попередній розрахунок точності підтвердив, що запроектована полігонометрична мережа задовольняє нормативні вимоги. Відносні похибки всіх ходів знаходяться в межах від 1:184398 до 1:224464, що на порядок краще за нормативне значення 1:25000 для полігонометрії 4 класу. СКП положення найбільш слабких пунктів після врівноваження становить від 0,007 м до 0,012 м, що гарантує необхідну точність подальшого топографічного знімання.

6. *Висотна мережа згущення.* Для створення висотної основи розроблено систему з 5 нівелірних ходів IV класу з двома вузловими точками, яка будується за аналогічною з полігонометричною мережею схемою та спирається на вихідні пункти ДГМ (А1–А4) з відомими висотами III класу. Нівелювання виконується методом «із середини» з контролем на кожній станції (розходження між перевищеннями за чорними та червоними сторонами рейок не більше 5 мм), що забезпечує високу достовірність результатів.

7. *Топографічне знімання.* Для виконання топографічного знімання земельної ділянки обрано тахеометричний метод з використанням електронного тахеометра, який забезпечує високу точність та оперативність робіт. Враховуючи тип території (II тип – малоповерхова забудова та незабудовані ділянки) та цільове призначення знімання (проектування пожежного депо), обґрунтовано вибір масштабу 1:1000. На основі аналізу висотних характеристик (ухил 0,00467, кут нахилу 0°16'04") встановлено, що

територія є рівнинною, що дозволило прийняти висоту перерізу рельєфу 0,5 м, яка відповідає нормативним вимогам.

8. *Камеральна обробка.* За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (Sokkia Link, AutoCAD Geodesy, AutoCAD Civil 3D) виконано врівноваження полігонометричних ходів, побудовано цифрову модель рельєфу, згенеровано горизонталі з висотою перерізу 0,5 м, нанесено елементи ситуації. Отримано каталог координат 160 знімальних пікетів у системі УСК-2000.

Розроблений проєкт полігонометричної мережі згущення та створений на його основі топографічний план масштабу 1:1000 є достатньою основою для подальшого проектування пожежного депо на території с. Краснопілля. Отримані результати можуть бути використані при виконанні аналогічних геодезичних робіт на території Березанської селищної громади та інших сільських населених пунктів Миколаївської області.

Доцільним є впровадження GNSS-методів (RTK-знімання) для створення геодезичної основи на додаток до класичної полігонометрії, а також розробка рекомендацій щодо оптимізації структури полігонометричних ходів для різних типів територій та впровадження сучасних програмних комплексів для автоматизації камеральної обробки результатів геодезичних вимірювань.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баран П.І. Інженерна геодезія: монографія. К.: ПАТ «ВІПОЛ», 2012. 618 с.
2. Ващенко В., Літинський В., Перій С. Геодезичні прилади та приладдя: навчальний посібник. Київ: Євросвіт, 2003. 160 с.
3. Геодезія. Частина перша: підручник. 3-тє вид., виправл. та доп. / за заг. ред. Могильного С.Г. і Гавриленка Ю.М. Донецьк: Технопарк ДонНТУ «УНІТЕХ», 2009. 514 с.
4. Грабовий В.М. Геодезія Київ: ДНВП «Аерогеодезія», 2004. 293 с.
5. Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність»: Постанова Кабінету Міністрів України від 07.08.2013р. №646. Дата оновлення: 18.12.2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/646-2013-%D0%BF#Text>
6. ДСТУ 2393:2014. Геодезія. Терміни та визначення понять. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014.
7. ДСТУ 2393-94. Геодезія. Терміни та визначення. [Чинний від 01.01.1995]: Національний стандарт України. Київ: Держстандарт України, 1994. URL: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_2393\\_94\\_geodezija\\_termini\\_ta\\_viznachennja/5-1-0-994](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_2393_94_geodezija_termini_ta_viznachennja/5-1-0-994)
8. ДСТУ 7169:2010. Геодезія. Польові роботи. Загальні технічні вимоги. [Чинний від 01.01.2011]: Національний стандарт України. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2010. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=)
9. Електронний архів-репозитарій Одеського державного аграрного університету. URL: <http://lib.osau.edu.ua/jspui>.
10. Земельний кодекс України: Закон України від 25.10.2001 № 2768-III. Дата оновлення: 15.02.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2768-14>

11. Інженерна геодезія. Основи інженерної геодезії: підручник / Войтенко С.П., Шульц Р.В., Самойленко О.М., Адаменко О.В., Александровський І.Р., Малащук О.С., Юрковський Р.Г., Мовчан Т.В., Булишева Д.В. / за ред. Войтенка С.П. Одеса: Прес-кур'єр, 2021. 632 с.
12. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98): Наказ Кабінету Міністрів України від 23.06.1998 р. № 393/2833. Київ: Головне управління геодезії, картографії та кадастру України, 1999. 156 с.
13. Інтернет сайт «Науково-дослідний інститут геодезії і картографії». URL: <http://gki.com.ua>.
14. Крохмаль Є.М., Левицький І.Ю., Благодіра Л.О. П'ятимовний словник основних термінів і визначень в геодезії, фотограмметрії та картографії: навчальний посібник. Харків: Харк. держ. агрн. ун-т ім. В.В. Докучаєва, 1995. 146 с.
15. Літнарів Р.М. Геодезія. Планові державні геодезичні мережі: консп. лекц. Чернігів: ЧДІУ, 2002. 71 с.
16. Лозинський В.В. Топографічний практикум. Львів: В.Ц. ЛНУ імені Івана Франка, 2006. 100 с.
17. Нормативно-правові акти в сфері геодезії та картографії. *Інформаційно-довідковий ресурс GeoGuide.com.ua.* URL: <https://geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php>
18. Основні положення створення Державної геодезичної мережі України: Постанова Кабінету Міністрів України №844 від 8 червня 1998р. *Зібрання законодавства України. Серія 1. Постанови та розпорядження Кабінету Міністрів України.* 1998. №9. 416 с.
19. Островський А. Л., Мороз О. І., Тартачинська З. Р., Герасимчук І. Ф. Геодезія. Частина перша. Топографія : навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. 428 с.
20. Пен'ков В. О. Геодезія. Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 96 с.

21. Про затвердження Порядку обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 03.11.2014 р. №435. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1467-14#Text>
22. Про затвердження Порядку топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500: Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 17.04.2025 № 1675. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0868-25>
23. Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України від 05.06.2014р. №1314-VII. Дата оновлення: 15.11.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>
24. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність: Закон України від 23.12.1998р. №353-XIV. Дата оновлення: 15.11.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text>.
25. Терещук О., Боровий В., Мовенко В., Клим С., Тартачинська З., Торубара І. Практикум з геодезії: навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів / за ред. О.І. Терещука. Чернігів: ЧДІЕіУ, 2008. 256 с.