

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра геодезії, картографії і кадастру

Допускається до захисту

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

Завідувач кафедри: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр»**

**«РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ЗНІМАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ НА  
ПРИКЛАДІ МЕРЕФ'ЯНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ»**

Виконала – студентка групи 31к-зм освітньої програми «Геодезія та землеустрій», спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Афанасьєва Наталія Іванівна

Науковий керівник – д. геогр. н., професор Кисельов Ю. О.

**Умань 2025**

## Уманський національний університет

Кафедра

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

геодезії, картографії і кадастру

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Ю.О. Кисельов

### ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу освітнього рівня «Бакалавр»

студентці групи З1к-зм \_\_\_\_\_ Н. І. Афанасьєва

(підпис)

(ініціали, прізвище)

1. Тема кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ «РОЗРОБКА ПРОЄКТУ  
ЗНІМАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ НА ПРИКЛАДІ МЕРЕФ'ЯНСЬКОЇ  
ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ»

затверджена наказом по університету №\_\_ від “\_\_” \_\_\_\_\_ р.

2. Термін здачі студентом закінченої кваліфікаційної роботи

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи:

науково-методична література, періодичні видання, матеріали конференцій,  
растрова підоснова, дані знімань місцевості.

4. Перелік питань, які необхідно розробити (наводиться зміст, який містить  
пункти і підпункти усіх розділів):

1. Дослідження об'єкта проєктування та району робіт

1.1. Призначення та особливості проведення проєктних робіт

1.2. Коротка фізико-географічна характеристика району робіт

1.3. Топографо-геодезична забезпеченість району робіт

2. Технологія виконання геодезичних робіт при розробці проєкту  
знімальної геодезичної мережі

2.1. Забезпеченість проєкту знімальними приладами

2.2. Методика польових робіт із розвитку тріангуляційної  
мережі

2.3. Порядок виконання польових робіт із розвитку знімальної

геодезичної мережі

2.4. Технологія виконання робіт при топографічному зніманні

3. Розробка проєкту знімальної геодезичної мережі

3.1. Обґрунтування необхідності та способу побудови геодезичної мережі

3.2. Створення розрядної геодезичної мережі

3.3. Проєкт створення знімальної геодезичної мережі

5. Дата видачі завдання “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ р.

Керівник \_\_\_\_\_ д. геогр. н., проф. Ю. О. Кисельов

Завдання прийняв до виконання “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ р.

Студент \_\_\_\_\_.

(підпис)

## Реферат

### РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ЗНІМАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ НА ПРИКЛАДІ МЕРЕФ'ЯНСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

Афанасьєва Наталія Іванівна – Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Бакалавр». Кафедра геодезії, картографії і кадастру. – Умань, Уманський НУ, 2025. 46 с. текст. част., 8 рис., 9 табл., 13 джерел.

**Об'єктом** роботи є ділянка місцевості селища Селекційне Мереф'янської територіальної громади.

**Предметом** роботи є засоби та технологія розробки проєктів знімальних геодезичних мереж та розробка комплексу робіт, що забезпечує їх точність.

**Мета** – закріпленні навичок геодезичних робіт при створенні планово-висотної геодезичної основи для топографічних знімань місцевості.

Кваліфікаційна робота передбачає етапи вирішення наступних завдань:

- проєктування полігонометричних мереж, рекогностування полігонометричних ходів;
- виготовлення і закладання центрів, вимірювання кутів і сторін;
- прив'язка полігонометричних мереж до пунктів вищого класу;
- попередня обробка результатів польових спостережень.

**Актуальність роботи** полягає в розробці проєктів знімальних геодезичних мереж на сучасному рівні з використанням електронних геодезичних приладів та сучасного програмного забезпечення.

**Ключові слова:** автоматизовані системи проєктування, район проєктування, планово-висотна геодезична мережа, координати, знімальні роботи, тріангуляція, хід.

## ЗМІСТ

|                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВСТУП.....</b>                                                                                        | <b>6</b>  |
| <b>1 Дослідження об'єкта проєктування та району робіт.....</b>                                           | <b>10</b> |
| 1.1 Призначення та особливості проведення проєктних робіт.....                                           | 10        |
| 1.2 Коротка фізико-географічна характеристика району робіт .....                                         | 10        |
| 1.3 Топографо-геодезична забезпеченість району робіт .....                                               | 13        |
| <b>2 Технологія виконання геодезичних робіт при розробці проєкту знімальної геодезичної мережі .....</b> | <b>16</b> |
| 2.1 Забезпеченість проєкту знімальними приладами.....                                                    | 16        |
| 2.2 Методика польових робіт із розвитку триангуляційної мережі .....                                     | 20        |
| 2.3. Порядок виконання польових робіт із розвитку знімальної геодезичної мережі .....                    | 24        |
| 2.4. Технологія виконання робіт при топографічному зніманні.....                                         | 25        |
| <b>3. Розробка проєкту знімальної геодезичної мережі.....</b>                                            | <b>31</b> |
| 3.1 Обґрунтування необхідності та способу побудови геодезичної мережі...                                 | 31        |
| 3.2 Створення розрядної геодезичної мережі.....                                                          | 33        |
| 3.3 Проєкт створення знімальної геодезичної мережі .....                                                 | 41        |
| <b>ВИСНОВКИ .....</b>                                                                                    | <b>41</b> |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>                                                                   | <b>45</b> |

## ВСТУП

Для проведення робіт, зв'язаних з використанням землі необхідно: вивчення земної поверхні (форм рельєфу, місця розміщення різноманітних об'єктів), виробництво спеціальних вимірювань, їх обчислювальна обробка та складання картографічних матеріалів, які служать основою продукції геодезичних робіт і дають представлення про форму і розміри поверхні всієї Землі чи окремих її частин.

Під час розробки кваліфікаційної роботи використовувались закони, постанови КМУ, інструкції, нормативи в галузі геодезії.

Особливу увагу при вивченні цього питання необхідно приділити Інструкції з топографічного знімання, яка обов'язкова для всіх суб'єктів підприємницької діяльності, незалежно від форм власності, які виконують топографічні знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500.

Згідно з Інструкцією, геодезичною основою топографічних знімань є [3]:

- державна геодезична мережа;
- розрядні геодезичні мережі згущення;
- знімальні геодезичні мережі.

Державна геодезична мережа є головною геодезичною основою топографічних знімань усіх масштабів.

Державна геодезична мережа – геодезична мережа, що забезпечує поширення координат на територію держави і є вихідною для побудови інших геодезичних мереж.

Розрядні геодезичні мережі згущення є основою топографічних знімань у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500 та інженерних робіт, які виконують у містах, селищах, на майданчиках промислового та житлового будівництва, при будівництві підземних комунікацій, в маркшейдерських роботах, при землевпорядкуванні, меліорації земель, земельному кадастрі тощо.

Розрядні геодезичні мережі згущення створюють методами полігонометрії, трилатерації, тріангуляції та поєднанням цих методів.

Розрядні геодезичні мережі згущення поділяються на:

- мережі полігонометрії, трилатерації і тріангуляції 4 класу;
- мережі полігонометрії, трилатерації, тріангуляції 1 і 2 розрядів;
- мережі технічного та тригонометричного нівелювання.

Тріангуляція 4 класу, 1 і 2 розрядів будується з метою згущення геодезичних мереж до щільності, що забезпечує розвиток знімальної основи великомасштабних знімань у відкритій і гірській місцевостях, або у випадках, коли з будь-яких причин застосування методу полігонометрії неможливе або недоцільне.

Залежно від розташування і густоти вихідних пунктів на об'єкті знімання мережу тріангуляції 4 класу, 1 та 2 розрядів будують у вигляді сіток, ланцюгів трикутників і вставок окремих пунктів у трикутники, що утворені пунктами мереж вищих класів або розрядів.

Кожен пункт тріангуляції 4 класу, 1 і 2 розрядів слід визначати із трикутників, в яких вимірюються всі кути.

Висотна основа мережі згущення виконується нівелюванням IV класу. Нівелювання IV класу виконується для згущення нівелірних мереж III класу. Нівелірні мережі IV класу можуть утворювати полігони периметром до 50 км у вигляді окремих ліній або систем із вузловими пунктами.

Нівелювання IV класу виконується нівелірами, що мають збільшення труби не менш 25х, ціну поділки рівня не більше 25" (контактного - не більше 30") на 2 мм та нівелірами з самовстановлювальною лінією візування (НЗКЛ, Ni-025) та їм рівноточними.

Знімальна геодезична мережа створюється для подальшого згущення пунктів планової та висотної державних геодезичних мереж та мереж згущення безпосередньо для виконання топографічних знімань місцевості та при розв'язанні інженерно-геодезичних задач під час зведення інженерних споруд.

Щільність пунктів знімальної мережі залежить від технології, масштабу знімання та рельєфу земної поверхні при виконанні знімальних робіт, від технології інженерно-геодезичних робіт.

Пункти знімальної мережі визначають побудовою знімальних триангуляційних мереж, прокладанням теодолітних, тахеометричних та мензульних ходів, прямими, оберненими та комбінованими засічками.

Висоти всіх пунктів знімальної основи визначають ходами технічного геометричного чи тригонометричного нівелювання з середньою квадратичною похибкою  $\pm 50$  мм на 1 км ходу.

Тахеометричний хід - це побудована на місцевості розімкнена або зімкнена лінія, в якій виміряно всі сторони, горизонтальні кути між ними, а також вертикальні кути з кожного пункту ходу на сусідні пункти.

Прокладаючи тахеометричні ходи на місцевості, створюють систему пунктів із відомими просторовими координатами ( $X_i$ ,  $Y_i$ ,  $H_i$ ). Оскільки планове та висотне положення пунктів знімальної основи має бути відоме в загальнодержавній системі координат та висот, то тахеометричні ходи прив'язують до пунктів Державної геодезичної мережі або мереж згущення.

Геодезичні мережі – це основа для виконання різних видів зйомок.

Зйомку характерних подробиць ситуації місцевості роблять залежно від конкретних умов місцевості і приладів, що є в наявності одним з наступних способів: прямокутних координат; полярним; прямих кутових засічок; лінійних засічок; обходу; створів; наземно-космічним.

Здебільшого при зйомочних роботах їх використовують разом, вибираючи для даних умов найзручніший, економічний і найточніший спосіб.

Спосіб обходу застосовують, як правило, в закритій місцевості для знімання відокремлених елементів ситуації (ліс, населений пункт), недоступних об'єктів значної площі: болота, заборонені зони, території господарських об'єктів і т. д., або для знімання лінійних об'єктів (дорога, канал тощо) [11].

Полярний спосіб заснований на системі полярних координат. Знімають від точок, координати яких уже визначені, звичайно з точок мереж зйомочного обґрунтування. Полярним способом знімають звивисті контури берегових ліній озер і струмків, будівлі, рельєф.

Спосіб прямокутних координат (перпендикулярів) застосовують при зйомці витягнутих, а також звивистих ліній, наприклад бровок ярів, берегових ліній річок і струмків, доріг.

Спосіб засічок поділяють на два види: кутові і лінійні. Спосіб кутових засічок застосовують у випадках, коли точка, яку знімають, важко доступна або недоступна для лінійних вимірювань.

Спосіб лінійних засічок застосовують в умовах, коли базисні відстані невеликі, а довжини ліній засічок не більші від довжини мірного приладу.

Суть методу створів полягає в тому, що на прямій між двома відомими точками, розміщеними на сторонах знімального обґрунтування (наприклад  $M$  і  $N$ ), за допомогою одного з мірних приладів визначають положення характерних ситуаційних точок місцевості. Метод створів знаходить застосування, головним чином, при вишукуванні аеродромів, для встановлення ситуаційних особливостей місцевості в ході топографічних зйомок методом геометричного нівелювання по квадратах. При проведенні вишукувань інших інженерних об'єктів метод створів застосовують вкрай рідко.

Проаналізувавши використані літературні джерела [1-15], можна зробити висновки, що тема даної кваліфікаційної роботи є актуальна, процес створення геодезичної мережі добре висвітлено у кожному з розглянутих нормативних документів.

## **1 ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ ТА РАЙОНУ РОБІТ**

### **1.1 Призначення та особливості проведення проєктних робіт**

Цільовим призначенням робіт є складання проєкту створення геодезичної основи для топографічного знімання в масштабі 1:1000, використовуючи пункти державної геодезичної мережі, місцезрештування яких визначається по топографічній карті М 1:25000. Район робіт знаходиться в Мереш'янській ТГ Харківського району Харківської області. При виконанні геодезичних робіт використовувався електронний тахеометр Sokkia.

Відповідно до завдання на кваліфікаційну роботу, спираючись на вихідні пункти ДГМ, створювалась розрядна геодезична мережа згущення і знімальна геодезична мережа в заданих квадратах карти.

Підставою для виконання топографо-геодезичних робіт є технічний проєкт або програма робіт, яка розробляється при незначних обсягах робіт. Технічний проєкт є документом, що визначає зміст, обсяги, трудові затрати, кошторисну вартість, основні технічні умови, строки і організацію виконання робіт, що проєктуються.

Проєктування робіт виконують відповідно до діючих державних і відомчих нормативних документів. Проєкт повинен містити текстову, графічну і кошторисну частини [2; 7; 10].

### **1.2 Коротка фізико-географічна характеристика району робіт**

Об'єктом кваліфікаційної роботи вибрано Мереш'янську ТГ, яка розташована в центральній частині Харківської області, і територія якої становить 99,5 км<sup>2</sup>.

Адміністративним центром є місто Мереша. Населення громади становить 25 734 мешканців (2016).

Громада утворена 31 липня 2016 року шляхом об'єднання Мереф'янської міської ради та Утківської селищної ради. Склад громади: місто Мерефа, селище Селекційне, селище Утківка, село Верхня Озеряна, село Кринички, село Лелюки, село Нижня Озеряна.

Землі Мереф'янської ТГ діляться на такі основні категорії:

1. Землі сільськогосподарського призначення (101125,07 га) в тому числі: рілля, перелоги — 78649,08 га; багаторічні насадження — 824,42 га; сіножаті — 2810,77 га; пасовища — 18653,70 га; під господарськими будівлями і дворами — 946,77 га; під господарськими шляхами і прогонами — 932,5 га.
2. Землі лісогосподарського призначення — 57,62 га.
3. Землі житлової та громадської забудови — 3772,07 га.
4. Землі водного фонду: болота — 138,7 га; відкриті землі без рослинного покриву або з незначним покривом — 1713,65 га; природні водотоки — 411,7 га; штучні водотоки — 99,3 га; озера, водойми, лимани — 26,3 га; ставки — 354,02 га.

Територією досліджень обрано селище Селекційне Мереф'янської ТГ.

Рельєф місцевості переважно рівнинний, іноді пересічений ярами і річковими долинами. На формування сучасної яружно-балкової мережі значного впливу завдає антропогенне навантаження на геоморфосферу, чого не можна не брати до уваги [6]. На південному сході ділянки присутні також маленькі форми рельєфу: ями, кам'яні і глиняні кар'єри. В районі робіт найближчими пунктами ДГМ є: М371920500 Мерефа з висотою 177 м над рівнем моря, М362433800 Рокитне з висотою 155 над рівнем моря та М371931200 Яковлівка з висотою 185 м над рівнем моря (рис.1.1). На заході від району робіт проходить вдосконалене шосе, а також протікає річка В цілому місцевість закрита, є невеликі населені пункти, луки, водойми, болота. Лісової рослинності майже нема. Через територію дослідження протікає невелика річка Мерефа [4].

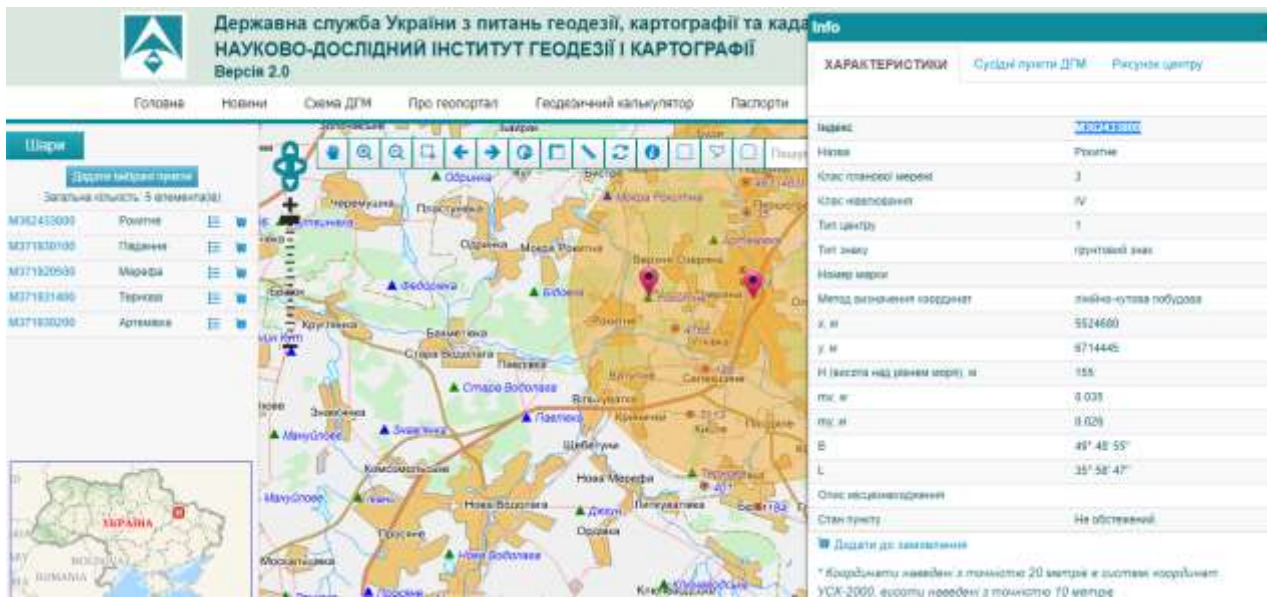


Рис. 1.1 Пункти Державної геодезичної мережі Мереф'янської ТГ

У центральній частині картографованої території знаходиться селище сільського типу Селекційне та Утківка, які включають 131 та 127 будинків.

Дорожня мережа на описуваній території досить розвинена: на сході ділянки майбутніх робіт проходить вдосконалене шосе з асфальтовим покриттям, його ширина складає 12 м. На південному сході території проходить поліпшена ґрунтова дорога, що сполучає селище Селекційне і селище Лелюки. Дрібні населені пункти і господарські об'єкти, що окремо стоять, з'єднуються між собою численними ґрунтовими дорогами.

У районах, де дороги перетинають труднопрохідні місця, такі як яри, річки і болота, споруджені дерев'яні і кам'яні мости (на вдосконаленому шосе: довжина - 50 м, ширина - 13 м, вантажопідйомність до 50 т). Поліпшену ґрунтову дорогу перетинають залізобетонні мости. По території, проходить одна лінія зв'язку, яка проходить уздовж селища Селекційне [4].

Про інші інженерні комунікації фактичних даних немає. Природна водозабезпеченість території, досить висока. На досліджуваній території знаходяться 2 знаки державної геодезичної мережі з висотами 185 м та 177 м.

Документальні дані про геологічну вивченість робіт відсутні. На підставі великої кількості ярів, промоїн, берегів річки, можна зробити висновок, що ділянка складена з м'яких осадових порід, в тому числі і глинястих порід. Максимальну глибину промерзання ґрунту прийнято рівній 1,2 м.

Таким чином заданий район робіт дуже сприятливий для проектування розрядної та знімальної геодезичних мереж.

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

Розробка кваліфікаційної роботи щодо створення розрядної геодезичної мережі згущення способом триангуляції 4 класу у вигляді центральної системи і знімальної геодезичної мережі прокладанням тахеометричних ходів для топографічного знімання в масштабі 1:1000 у вказаному районі місцевості виконується на основі зібраних польових відомостей про раніше виконані топографо-геодезичні і аерофотознімальні роботи, які проводилися на цій території.

Перед проведенням основних видів робіт, що передбачені проектом, необхідно провести збір і аналіз топографо-геодезичних матеріалів.

Для вивчення робіт по створенню планово-висотного обґрунтування, які проводяться на даній території вивчаються наступні матеріали:

- топографічні карти від М 1:25000 та крупніші;
- схеми всіх виконаних раніше триангуляцій, полігонометрії, нівелювання;
- матеріали оцінки якості раніше виконаних робіт;
- каталоги координат пунктів, характер і висота знаків, опис місць розміщення пунктів і рисунки центрів;
- каталоги висот пунктів з описом розміщення реперів.

В даному випадку маємо топографічну карту (рис. 1.2). Система висот – Балтійська.

Ділянка району робіт розташована в південно-західній частині карти і має квадратну форму площею 900 га.

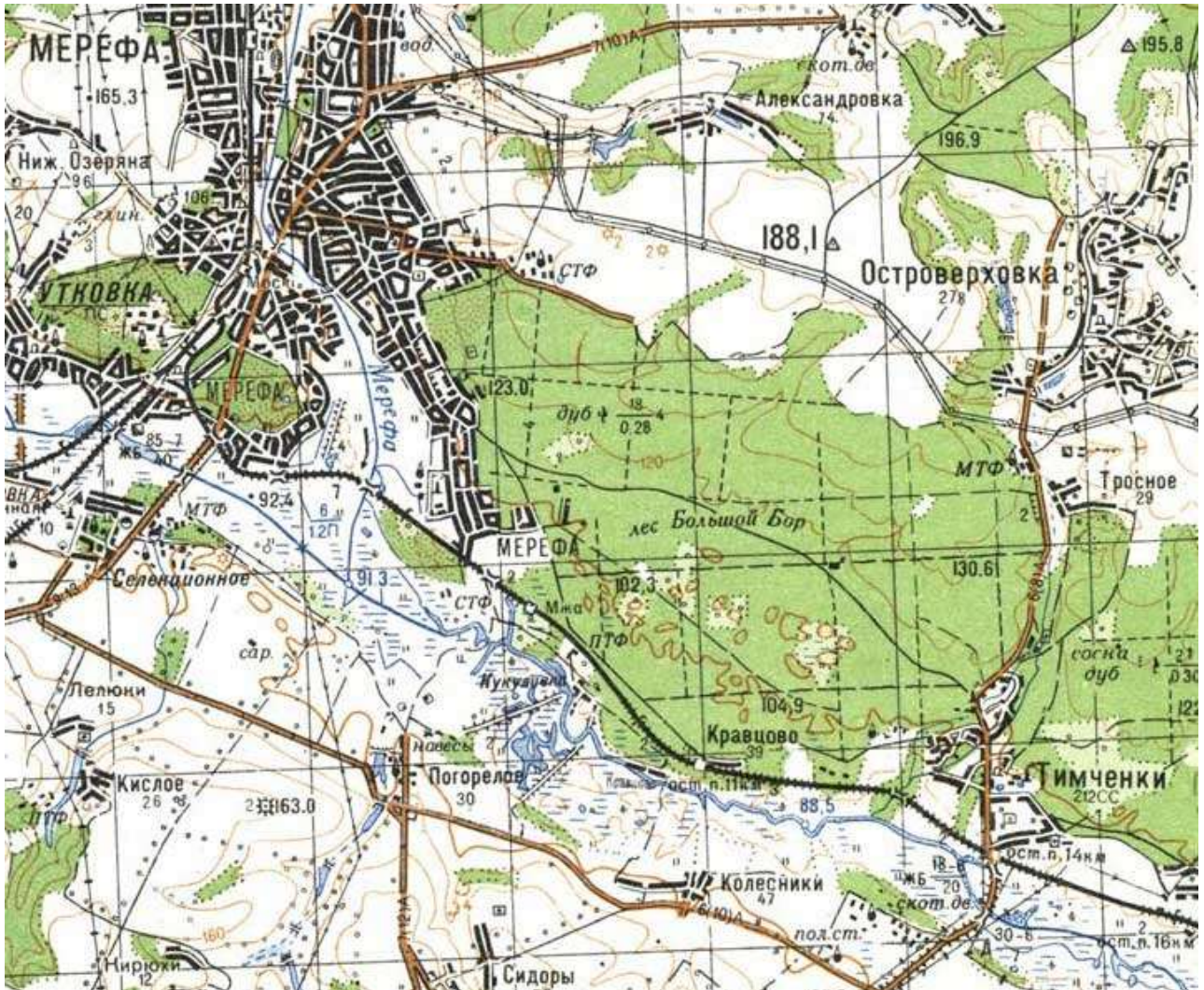


Рис.1.2 Топографічна карта Мереф'янської ТГ

Найближчий великий населений пункт селище Утківка, кількість жителів більше 1250 чол. Центр ділянки, знаходиться в 4 км на північний захід від центру селища Селекційне. Південна межа ділянки проходить 1,96 км на північний схід від селища Утківка.

Використовуючи дану карту складались відомості про топографо-геодезичну забезпеченість району робіт. Для цього вивчався лист карти, на якій знаходиться район робіт, і знаходились пункти геодезичної мережі.

Згідно з п. 2.15. Інструкції [3] при створенні геодезичної основи великомасштабних знімань вихідними пунктами для розвитку та побудови мереж даного класу (розряду) слугують тільки пункти геодезичної побудови вищих за точністю класів (розрядів), що задовольняють вимоги Основних положень про побудову державної геодезичної мережі (табл.. 1.1).

Таблиця 1.1

## Відомості про пункти ДГМ в районі робіт

| № пункту | Назва пункту | Координати |         |
|----------|--------------|------------|---------|
|          |              | Х          | У       |
| 1        | Мерефа       | 5523130    | 7293500 |
| 2        | Рокитне      | 5524680    | 6714445 |
| 3        | Яковлівка    | 5525025    | 7296605 |
| 4        | 214.3        | 5525575    | 7297225 |
| 5        | 201.6        | 5524875    | 7299625 |
| 6        | 171.8        | 5525100    | 7290300 |
| 7        | 197.1        | 5525575    | 7298700 |
| 8        | 198.4        | 5520575    | 7299275 |
| 9        | 164.7        | 5521425    | 7297525 |
| 10       | 167.7        | 5522625    | 7297100 |

Щоб забезпечити топографічне знімання в заданому масштабі, пунктів ДГМ недостатньо. Тому виникає необхідність доведення геодезичної основи до щільності достатньої для проведення знімання в М 1:1000.

Придатність пунктів до використання визначається в результаті рекогностування. Вибираємо пункти, які знаходяться в безпосередній близькості від ділянки знімання. А саме пункти з відмітками 214.3 м і 201.6 м.

## **2 ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОЄКТУ ЗНІМАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ**

### **2.1 Забезпеченість проєкту знімальними приладами**

Електронний тахеометр – це вимірювальний інструмент, у якому конструктивно об'єднані електронний теодоліт, світлодалекомір і мікропроцесор із прикладним геодезичним програмним забезпеченням. Мікропроцесор дозволяє зберігати дані вимірів у внутрішній пам'яті і робити обробку й аналіз результатів вимірів безпосередньо в полі.

Цифрові прецизійні нівеліри забезпечують високу точність визначення висот. Можуть використовуватися в тих випадках, коли точність визначення висот супутниковими системами й електронними тахеометрами недостатня. Обсяг таких робіт відносно невисокий, тому і приладів потрібно небагато.

Найбільш універсальними є, безумовно, електронні тахеометри. При всій привабливості супутникових систем вони не можуть гарантовано працювати у всіх випадках через необхідність «бачити чисте небо». Останнім часом чітко просліджується тенденція розвитку електронних тахеометрів - від «звичайних» приладів до роботизованих станцій. Прилад забезпечується сервоприводами, модулем наведення на візирну мету і радіокомунікаційним пристроєм. З їхньою допомогою він автоматично наводиться на точку, що спостерігається, а всі команди оператор подає з пульта дистанційного керування. Оператор забуває про необхідність змінювати фокусування зорової труби і ручному наведенні на точку. Він цілком зосереджений на показаннях дисплея. Різко збільшується якість кодування об'єктів при зйомці, що приводить до зниження часу камеральної обробки. Переваги при розбивочних роботах просто величезні - обчислюються редуції відбивача в проєктне положення, що обновляються в реальному часі [5].

Сьогодні випускається і ціле сімейство тахеометрів-автоматів. Це не просто роботизовані прилади із сервоприводами і пристроями автоматичного наведення на візирну мету, а свого роду датчики положення об'єкта, які можна використовувати як складений елемент комп'ютеризованої технології.

Електронні тахеометри Sokkia, які випускалися до 2003 року, оснащувалися інфрачервоним далекоміром з невидимим променем, що вимірює відстань до цілі з використанням призмових або плівкових відбивачів. Сучасні моделі тахеометрів Sokkia оснащені безвідбивним лазерним далекоміром з видимим променем, у якому використовується технологія RED-tech. Цей далекомір має найвищу швидкість і точність вимірів. Вузький лазерний промінь забезпечує можливість безвідбивного виміру відстаней до дрібних об'єктів (кути будинків, електричні проводи, ізолятори і т.п.), при великих кутах падіння на поверхню, що відбиває, (при зйомці каналізаційних люків), а також при наявності перешкод (сіткові огороження, дрібні галузі і листи дерев). Крім цього, лазерний далекомір, у порівнянні з інфрачервоним далекоміром, має значно велику (у 2.5 - 3 рази) дальність виміру відстаней з використанням традиційних призмових або плівкових відбивачів.

Тахеометри серій 130R, 130RT, 30R, 30RT, 30RK поставляються в двох модифікаціях: з лазерним далекоміром 2 класу або з більш могутнім лазерним далекоміром класу 3R.

Для виконання робіт було обрано електронний тахеометр Sokkia Set 530R з точністю вимірювання кута 5" (рис. 2.1).

Безвідбивачеві електронні тахеометри серії 30R - SET230R, SET330R, SET530R і SET630R - ці прилади призначені для виконання точних вимірювань, з вузьким видимим лазерним променем. Кожна модель оснащена багатим вибором програм. За допомогою тахеометрів серії Sokkia 30R вимірюють відстані без використання відбивачів.



Рис. 2.1 Електронний тахеометр Sokkia Set 530R з точністю вимірювання кута 5"

Це дуже важлива позитивна якість приладу, тому що з'являється можливість виконувати вимірювання на точки, на які неможливо або небезпечно для життя встановлювати відбивач. Видимий лазерний промінь має малий діаметр, тому вимірювання крізь листя дерев, паркани стали простими. Перемикання режимів роботи «плівка» - «без відбивача» - «призма» здійснюється однією кнопкою. Живлення електронного тахеометра здійснюється від Li-Ion акумулятора [9].

Електронні тахеометри оснащені панеллю керування з 15 клавішами. Можна використовувати бездротову клавіатуру SF14, при необхідності швидкого введення координат, імен точок. Вимірювання і збереження даних здійснюється натисненням однієї кнопки. Об'єм внутрішньої пам'яті досить значний, 10000 точок. Можлива установка зчитувача SCRC2 для Compact Flash карт (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

## Характеристи електронного тахеометру Sokkia Set \*\*\*R

| Характеристика                                  | SET 230R                             | SET 330R                             | SET 530R                             | SET 530R-L                                              |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Точність виміру кутів                           | 2"                                   | 3"                                   | 5"                                   | 5"                                                      |
| Збільшення, крат                                | 30                                   | 30                                   | 30                                   | 30                                                      |
| Компенсатор / діапазон роботи компенсатора      | двухосевой, $\pm 3'$                 | двухосевой, $\pm 3'$                 | двухосевой, $\pm 3'$                 | двухосевой, $\pm 3'$                                    |
| Мінімальна віддаль фокусування, м               | 1,3                                  | 1,3                                  | 1,3                                  | 1,3                                                     |
| Мінімальна вимірювана віддаль, м                | 1,3                                  | 1,3                                  | 1,3                                  | 1,3                                                     |
| Дальність вимірювання віддалі на одну призму, м | 5000                                 | 5000                                 | 5000                                 | 5000                                                    |
| Дальність вимірювання віддалі на три призми, м  | 6000                                 | 6000                                 | 6000                                 | 6000                                                    |
| Дальність вимірювання віддалі без відбивача, м  | 150                                  | 150                                  | 150                                  | до 200                                                  |
| Точність вимірювання віддалі на призму, мм      | $\pm(2 + 2 \times 10^{-6} \times D)$ | $\pm(2 + 2 \times 10^{-6} \times D)$ | $\pm(2 + 2 \times 10^{-6} \times D)$ | $\pm(2 + 2 \times 10^{-6} \times D)$                    |
| Точність вимірювання віддалі без відбивача, мм  | $\pm(3 + 2 \times 10^{-6} \times D)$ | $\pm(3 + 2 \times 10^{-6} \times D)$ | $\pm(3 + 2 \times 10^{-6} \times D)$ | $\pm(3 + 2 \times 10^{-6} \times D)$                    |
| Час вимірювання віддалі, сек                    | 1,3                                  | 1,3                                  | 1,3                                  | 1,3                                                     |
| Клавіатура                                      | с двух сторон, 15 клавиш             | с двух сторон, 15 клавиш             | с двух сторон, 15 клавиш             | внешняя полная алфавитно-цифровая клавиатура, 37 клавиш |
| Дисплей                                         | ЖК, 192 x 80 точек                   | ЖК, 192 x 80 точек                   | ЖК, 192 x 80 точек                   | ЖК, 192 x 80 точек                                      |
| Кількість рядків / символів в рядку             | 6 строк по 20 символів               | 6 строк по 20 символів               | 6 строк по 20 символів               | 6 строк по 20 символів                                  |
| Захист від пилу та води                         | IP66                                 | IP66                                 | IP66                                 | IP66                                                    |
| Внутрішня пам'ять                               | примерно 10000 точок                 | примерно 10000 точок                 | примерно 10000 точок                 | примерно 10000 точок                                    |
| Робоча температура, °C                          | от -20 до +50                        | от -20 до +50                        | от -20 до +50                        | от -30 до +50                                           |
| Час роботи від одного аккумулятора, часов       | 6                                    | 5                                    | 5                                    | 6                                                       |
| Час заряду одного аккумулятора, часов           | 2                                    | 2                                    | 2                                    | 2                                                       |
| Вага, кг                                        | 5,4                                  | 5,3                                  | 5,3                                  | 5,3                                                     |

## 2.2 Методика польових робіт із розвитку тріангуляційної мережі

Кути в тріангуляції 4 класу, 1 і 2 розрядів вимірюють круговими прийомами теодолітами точністю 2" та 5".

Кількість прийомів, яка залежить від розряду мережі і типу теодоліта, та допустимі коливання результатів вимірів наведено в табл. 2.2.

Прийоми, що не задовольняють установлених допусків, повторюють на тих же установках лімба.

До обробки приймається середнє значення з основного і повторного прийомів, якщо воно задовольняє установлені допуски, в противному разі до обробки приймається повторний прийом [13].

Таблиця 2.2

Параметри мережі і типу теодоліта

| Показники                                                                                          | Теодоліти з точністю 2" |          |          | Теодоліти з точністю 5" |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------|----------|-------------------------|----------|
|                                                                                                    | 4 клас                  | 1 розряд | 2 розряд | 1 розряд                | 2 розряд |
| Кількість прийомів                                                                                 | 6                       | 3        | 2        | 4                       | 3        |
| Розбіжність між результатами спостережень на початковий напрямок на початку і в кінці напівприйому | 6"                      | 8"       | 8"       | 0.2'                    | 0.2'     |
| Колівання значень напрямків, приведених до загального нуля, в окремих прийомах                     | 6"                      | 8"       | 8"       | 0.2'                    | 0.2'     |

При вимірюванні кутів у тріангуляції 4 класу, 1 і 2 розрядів на (вихідних) пунктах у програму вимірювань треба включити один-два напрямки вихідної мережі.

Якщо на пункті більше семи напрямків або якщо через погану видимість немає можливості виконати спостереження всіх напрямків в одній групі, дозволяється виконувати спостереження в двох і більше групах з одним загальним напрямком.

Теодоліт на штативі центрують над центром пункту тріангуляції з точністю не нижче 2 мм.

Вимірювання при польових роботах по розвитку тріангуляційної мережі виконують способом кругових прийомів [13].

Якщо з одного пункту спостерігається більше двох напрямків, то часто застосовують спосіб кругових прийомів. Для виміру кутів цим способом необхідно виконати наступні операції (рис. 2.1):

При КЛ установити на лімбі відлік, близький до нуля, і навести трубу на перший пункт; зняти відлік з лімбу.

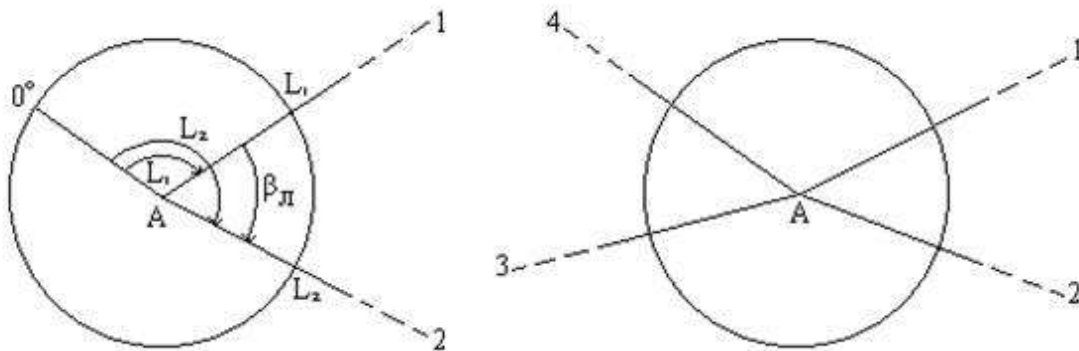


Рис. 2.1 Схема вимірювання кутів

Обертаючи алідаду за ходом годинникової стрілки, навести трубу послідовно на другий, третій і т.д. пункти і потім знову на перший пункт, щоразу знімаючи відліки з лімбу.

Перевести трубу через зеніт і при КП навести неї на перший пункт; узяти відлік з лімбу.

Обертаючи алідаду проти ходу годинникової стрілки, навести трубу послідовно на (n-1), ..., третій, другий пункти і знову на перший пункт; щоразу знімаючи відліки з лімбу.

Відлік з лімбу знімають двічі – кожного разу суміщаючи штрихи барабаном оптичного мікрометра (табл. 2.2).

Потім для кожного напрямку обчислюють середні з відліків при КЛ і КП і після цього - значення кутів щодо першого (початкового) напрямку.

Спосіб кругових прийомів дозволяє послабити вплив помилок, що діють пропорційно часу, тому що середні відліки для всіх напрямків стосуються одного фізичного моменту часу.

Залишивши круг закріпленим, обертають алідаду по ходу годинникової стрілки і, наводячи трубу послідовно на всі орієнтирні пункти, включаючи початковий, роблять відліки. Цим закінчується перший напівприйом. Середні значення відліків при візуванні на початковий пункт на початку і кінці напівприйому повинні сходитися між собою. Допустимі розбіжності вказані в інструкціях.

Другий напівприйом після переведення труби через зеніт починають також з візування на початковий пункт. Далі візують послідовно на всі пункти, але в зворотному порядку, обертаючи алідаду проти годинникової стрілки. Запис в другому напівприйомі ведеться знизу вгору. Останнє візування роблять також на початковий пункт (табл 2.3).

Закінчивши прийом, обчислюють величини  $2\sigma$  та  $\frac{L + \Pi}{2}$ .

З двох  $\frac{L + \Pi}{2}$ , значень, отриманих для початкового напрямку в початку і кінці прийому, виводять середнє значення, яке записують зверху графі, після чого обчислюють значення напрямків.

Порядок роботи на станції при вимірюванні кутів способом кругових прийомів:

1. Приводять теодоліт в робоче положення.
2. Наводять візирну вісь при КЛ на задню по ходу марку – початковий напрямок.
3. Встановлюють відлік на лімбі та мікрометрі близький до нуля.(Спочатку, гвинтом мікрометра, а тоді закріпним гвинтом лімба). Знімають відлік та записують в журнал спостережень відлік - а1.

Таблиця 2.3

Допуски при вимірюванні кутів способом кругових прийомів

| Елементи вимірювання                                                                               | Допуски при вимірюванні кутів з точністю |     |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----|------|
|                                                                                                    | 1''                                      | 2'' | 5''  |
| Розходження між значеннями одного і того самого кута, що отримані з двох напівприймів              | 6''                                      | 8'' | 0.2' |
| Коливання значення кута, що отримане з різних прийомів                                             | 5''                                      | 8'' | 0.2' |
| Розходження між результатами спостережень на початковий напрямок на початку і в кінці напівприйому | 6''                                      | 8'' | 0.2' |
| Коливання значень напрямків, що приведені до спільного нуля, в окремих прийомах                    | 5''                                      | 8'' | 0.2' |

4. Розводять гвинтом мікрометра зображення суміщених штрихів і знову з'єднують. Записують відлік в журнал - а2. Різниця між відліками а1 та а2 має бути в межах +3''.
5. Відкріплюють алідаду і наводять візирну вісь труби на другу за годинниковою стрілкою марку, а далі на третю і т.д. При двох суміщеннях знімають відліки.
6. Наводять візирну вісь знову на задню по ходу марку та знімають відліки. Повторне наведення на першу марку називається замиканням. Розходження між результатом спостережень в кінці і на початку півприйому не повинно перевищувати 8''.

7. Переводять трубу через зеніт КП- другий півприйм. Наводять вісь зорової труби на початковий напрямок і при двох суміщеннях штрихів знімають відліки.

8. Далі вимірювання проводять проти годинникової стрілки: третя, друга і знову перша марки.

9. Наступні прийоми виконують так само, змінивши початковий відлік. Коливання напрямків в прийомах має бути в межах  $+8''$ .

Якщо незамикання початкових напрямків  $> 0,1''$ , необхідно розподілити його пропорційно номерам напрямків [1].

### **2.3 Порядок виконання польових робіт із розвитку знімальної геодезичної мережі**

Тахеометричний хід – це побудована на місцевості розімкнена або зімкнена лінія, в якій виміряно всі сторони, горизонтальні кути між ними, а також вертикальні кути з кожного пункту ходу на сусідні пункти.

Отже, прокладаючи тахеометричні ходи на місцевості, створюють систему пунктів із відомими просторовими координатами ( $X_i$ ,  $Y_i$ ,  $H_i$ ). Оскільки планове та висотне положення пунктів знімальної основи має бути відоме в загальнодержавній системі координат та висот, то тахеометричні ходи прив'язують до пунктів Державної геодезичної мережі або мереж згущення.

Кути в тахеометричних ходах вимірюють одним повним прийомом. Коливання значень, що одержані із повного прийому, не повинні перевищувати  $2''$ .

При вимірюванні ліній електронними тахеометрами відносна лінійна похибка не повинна перевищувати  $1/2000$  за умови, що абсолютні лінійні похибки не повинні перевищувати  $0,6\text{м}$  для масштабу  $1:1000$ .

При виконанні робіт з використанням електронних тахеометрів та польових комп'ютерів з необхідним програмним забезпеченням результати

знімання реєструють у терміналі цифрових даних електронних тахеометрів та створюють безпосередньо в полі електронний план місцевості.

Знімання проводимо в масштабі 1:1000, максимальна довжина ходу дорівнює 3000 м., максимальна довжина лінії-500 м., максимальна кількість ліній в ході-25.

Пікетні точки повинні бути без пропусків і рівномірно покривати територію знімання. Для забезпечення цієї вимоги детально оглядають місцевість, що підлягає зніманню з даної станції, і порівнюють дані огляду з абрисами суміжних точок [12].

## **2.4 Технологія виконання робіт при топографічному зніманні**

Топографічне знімання – комплекс робіт, що виконується для отримання оригіналу топографічної карти та плану, або топографічної інформації в іншій формі.

Метою топографічного знімання (створення планів та карт) є вивчення в топографічному відношенні території всієї держави для:

- правильного використання та розвитку виробничих сил країни;
- економії технічних засобів;
- економії коштів;
- економії часу;
- оборони країни.

До великомасштабного топографічного знімання відносяться знімання в масштабах 1:10000, 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

Топографічні плани можуть бути представлені:

- у графічному вигляді;
- у вигляді цифрової моделі місцевості (ЦММ) або цифрових моделей рельєфу (ЦМР).

Побудова ЦММ та ЦМР виконується з використанням комп'ютера шляхом:

- перетворення початкової топографічної інформації (журналів польового знімання);
- перетворення картографічного (графічного) зображення в цифрову форму.

Топографічні плани масштабів 1:5000-1:500 створюються:

- шляхом топознімання;
- картоскладанням за матеріалами більшого масштабу (крім масштабу 1:500).

Зніманню підлягають усі об'єкти й контури місцевості та рельєфу.

Наприклад, на планах масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 зображаються: пункти тріангуляції, полігонометрії, трилатерації, реperi нівелювання, пункти робочої та знімальні основи, закріплені на місцевості. Ці об'єкти наносяться на плани за своїми координатами.

Роботи при топографічному зніманні виконується за допомогою тахеометричного знімання [8].

Тахеометричне знімання виконує бригада, яка складається з 3-4 осіб: виконавця, помічника, який описує одного або двох реєчників.

Послідовність роботи на окремій станції така:

1. Тахеометр центрують над центром пункту знімальної основи, горизонтують (нівелюють) та орієнтують при КЛ1 на задній пункт ходу.
2. Вимірюють рулеткою (або рейкою) висоту приладу і. Його значення записують в журнал та відкладають на рейках. У журналі вказують дату, погоду, прізвище спостерігача та його помічника.

Під час знімання рельєфу пікети розташовують на характерних точках і лініях рельєфу місцевості: вершині гори, дні улоговини, сідловини, вододілі, перегині схилів, підосві підвищення, урізах водойм та інших точках, що характеризують форми рельєфу.

Пікети, розміщені на мостах, роздоріжжях, рогах будівель тощо, є одночасно контурними і висотними. Одночасно з набором пікетів ведуть абрис. Від його якості залежить достовірність відображення на карті контурів та рельєфу місцевості. На абрисі показують опорні геодезичні пункти, пікети, об'єкти, характерні точки та лінії рельєфу місцевості, напрями схилів, а деколи схематично горизонталі, стрілками позначають напрямки між пікетними точками, між якими необхідно інтерполювати горизонталі. Напрямок стрілок вказує на пониження рельєфу. На абрисі біля пунктів планово-висотної основи й пікетів вказують їхні номери. У нумерації пікетів спочатку вказують номер станції, а поруч номер пікету для неї. Наприклад, 5.01, де 5 - номер станції, 01 - номер пікету.

На абрисі не викреслюють масштабних умовних знаків, а лише записують їх назви, наприклад, рілля, лука, фруктовий сад тощо. На абрисі вказують назви населених пунктів, річок, водойм, ширину річок, доріг, глибину канав та інші відомості, потрібні для складання карти. Пікетні точки повинні рівномірно покривати поверхню знімання і їхня густота має відповідати вимогам Інструкції, їх кількість залежить від складності ділянки знімання, мікрорельєфу тощо.

На рис. 2.2 наведено приклад абрису з нескладною ситуацією та рельєфом. На цій ділянці є польова дорога, яка є межею між луками та ріллею. Тахеометричне знімання можна виконувати як під час прокладання тахеометричного ходу, так і окремо, тобто тоді, коли хід вже прокладено. У такому разі треба визначити місце нуля на станції. Для цього центр сітки ниток наводять на добре видну точку при крузі праворуч і ліворуч відлічують вертикальний круг. Відліки записують у журнал тахеометричного знімання. Обчислюють місце нуля МО і записують його в журнал. Для контролю знаходять за трьома формулами значення кута нахилу.

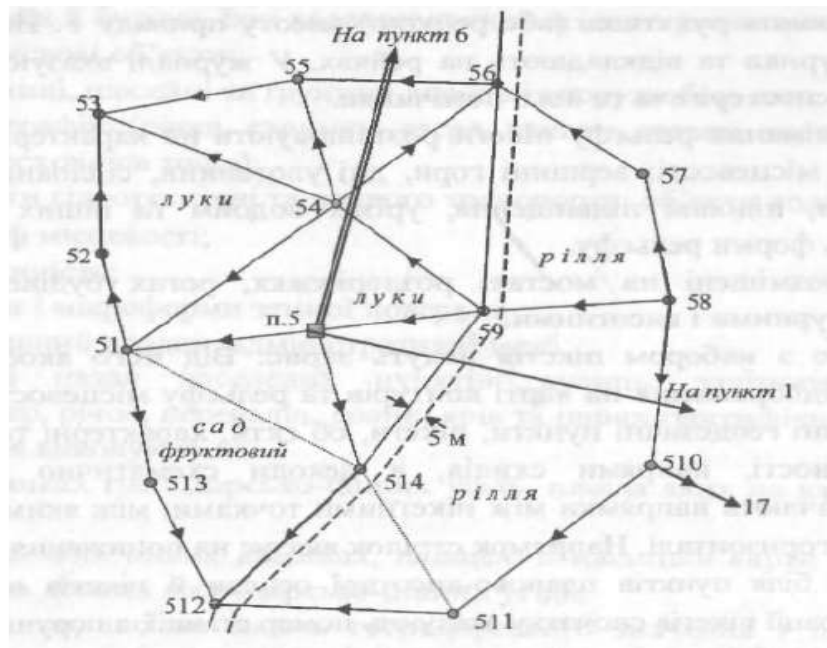


Рис. 2.2 Абрис на ст.5 тахеометричного знімання

При крузі ліворуч перевіряють орієнтування на пункт 6 (відлік горизонтального круга має дорівнювати  $0^{\circ}00,0'$ ) і записують у журналі "орієнтовано на станцію 6".

Після цього виконують знімання пікетних точок:

- встановлюють прямовисно рейку на вибраний пікет;
- записують у графу 1 журналу і на абрисі номер пікету. У графі 'Примітка' зазначають, де встановлено рейку;
- спрямовують сітку ниток на цю рейку так, щоб вертикальна нитка потрапляла на середину поділок рейки, а середня горизонтальна нитка була близько до відліку висоти приладу;
- спрямовують віддалемірний штрих сітки ниток на початок ближнього цециметра, а другим відлічують шкалу рейки, тобто вимірюють віддаль і записують її значення у графу 2 журналу;
- спрямовують середню горизонтальну нитку на відкладену на рейці висоту приладу, відлічують горизонтальний та вертикальний круг і відліки записують у колонки 3 і 4 журналу відповідно (рис. 3.3).

Якщо неможливо навести горизонтальний штрих сітки ниток на висоту приладу, відкладену на рейці (наприклад, ця поділка закрита рослинністю, забудовами, огорожами тощо), середній горизонтальний штрих сітки ниток наводять на іншу ділянку рейки, як правило, на відліки 2 м чи 2,5 м на рейці. У такому разі у журналі навпроти пікету у колонці "Примітка" записують висоту наведення.

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

| № станції<br>і пікетів                                                                                                                                                         | Відліки        |                          |                        | Кут нахилу $\nu$ | Горизонтальна<br>проекція<br>$d = K \cdot \cos \nu$ | Перевищення<br>$h = d \cdot \tan \nu + i - l$ , м | Висота<br>$H = H_{\text{пр}} + h$ , м | Примітка      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------|------------------------|------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------|
|                                                                                                                                                                                | рейки $l$ , см | горизонтального<br>круга | вертикального<br>круга |                  |                                                     |                                                   |                                       |               |
| 1                                                                                                                                                                              | 2              | 3                        | 4                      | 5                | 6                                                   | 7                                                 | 8                                     | 9             |
| Назва станції 5; Коефіцієнт віддалеміра $K = 100$ ; Висота приладу $i = 1,26$ м;<br>Орієнтовано на станцію 6; $MO_{\text{сер}} = +0^\circ 00,5'$ ; $H_{\text{ст}} = 245,17$ м. |                |                          |                        |                  |                                                     |                                                   |                                       |               |
| КП                                                                                                                                                                             |                |                          |                        |                  |                                                     |                                                   |                                       |               |
| 6                                                                                                                                                                              |                |                          | $-1^\circ 43,0'$       | $+1^\circ 43,5'$ |                                                     |                                                   |                                       |               |
| Величина<br>гор. кута                                                                                                                                                          |                |                          |                        |                  |                                                     |                                                   |                                       |               |
| КЛ                                                                                                                                                                             |                |                          |                        |                  |                                                     |                                                   |                                       |               |
| 6                                                                                                                                                                              |                | $0^\circ 00,0'$          | $+1^\circ 44,0'$       | $+1^\circ 43,5'$ |                                                     |                                                   |                                       |               |
| Величина<br>гор. кута                                                                                                                                                          |                |                          |                        |                  |                                                     |                                                   |                                       |               |
| Сер. знач.<br>гор. кута                                                                                                                                                        |                |                          |                        |                  |                                                     |                                                   |                                       |               |
| КЛ                                                                                                                                                                             |                |                          |                        |                  |                                                     |                                                   |                                       |               |
| 51                                                                                                                                                                             | 47,2           | 262° 40'                 | $-2^\circ 44'$         |                  |                                                     |                                                   |                                       | Межа<br>садів |
| 52                                                                                                                                                                             | 54,3           | 285 53                   | $-3 51$                |                  |                                                     |                                                   |                                       | $l = 2.0$ м   |
| 53                                                                                                                                                                             | 86,5           | 307 22                   | $-4 38$                |                  |                                                     |                                                   |                                       | рельєф        |
| Ст.Б                                                                                                                                                                           |                | 0 01                     |                        |                  |                                                     |                                                   |                                       |               |

Рис.2.3 Сторінка журналу тахеометричного знімання

Тахеометричне знімання номограмним та електронним тахеометрами виконують в такій самій послідовності, як і круговим тахеометром. Відмінність ще у тому, що ці тахеометри дають змогу відразу отримати горизонтальні проекції ліній та перевищення і значно спрощують процес вимірювання і опрацювання польових результатів. Зауважимо, що абрис ведеться завжди, навіть коли знімання виконують електронним тахеометром [9].

## 3 РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ЗНІМАЛЬНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ

### 3.1 Обґрунтування необхідності та способу побудови геодезичної мережі

В основі організації та виконання геодезичних робіт лежать два принципи:

- 1) «від загального до часткового», або «від головного до другорядного»;
- 2) усі види робіт (польові й камеральні) обов'язково мають контролюватися: «ні кроку без контролю» [5].

Перший принцип полягає у тому, що будь-який вид геодезичних робіт має спиратися на достатню кількість раціонально розміщених і надійно (точно) визначених опорних точок. Ці точки становлять основу або опорну мережу задачі, що вирішується. Від них визначають положення всіх інших точок, які характеризують положення елементів ситуації або рельєфу місцевості.

Такий принцип організації і виконання геодезичних робіт дає змогу, з одного боку, уникнути швидкого накопичення похибок вимірів, з іншого, – постійно контролювати правильність і точність польових робіт. Точки опорної мережі, що мають високу точність визначення свого положення, є основою, на яку нанизуються другорядні точки деталей.

За іншої організації геодезичних робіт, наприклад, при визначенні кожної наступної точки від попередньої у формі неперервного і довгого ланцюга не дуже точних вимірювань, відбувається швидке накопичення похибок вимірів і немає можливості контролювати роботи, оскільки вони не спираються на "головні" точки.

Другий принцип організації і виконання геодезичних робіт потребує постійного і систематичного їх контролю. Згідно з цим принципом усі польові вимірювання (кутові, лінійні, висотні тощо) для контролю і підвищення точності виконують кілька разів. Так само всі обчислювальні та інші

камеральні роботи супроводжуються контрольними обчисленнями, порівнянням результатів із допусками і нормами точності.

До початку роботи потрібно вияснити необхідну густину забезпечення території геодезичними пунктами з врахуванням перспективи розвитку території згідно генерального плану і плану освоєння земель, а також точність визначення положення пунктів, дерекційних кутів і довжин ліній.

Виходячи з теми кваліфікаційної роботи, планову геодезичну мережу на даному об'єкті створено методом тріангуляції 4 класу

Тріангуляція - один з методів створення планових геодезичних мереж на основі побудови і рішення трикутників по виміряних кутах. Тріангуляція являє собою систему примикають або перекривають один одного трикутників, які можуть утворювати тріангуляційний ряд або тріангуляційну мережу. Сторону одного з трикутників вимірюють безпосередньо або отримують непрямым шляхом, побудувавши так звану базисну мережу, що складається, як правило, з ромбів з різними по довжині діагоналями. Решта боку тріангуляційного ряду або мережі знаходять шляхом послідовного вирішення трикутників по кутах і стороні, використовуючи терему синусів [9].

Відомо, що для вирішення трикутника досить виміряти в ньому, крім сторони, два кути. Однак при побудові тріангуляції в кожному трикутнику вимірюють всі три кути. Це дозволяє проконтролювати результати кутових вимірювань і, крім того, у результаті спеціальних зрівняльних обчислень підвищити точність кінцевого результату. З цією ж метою вимірюють довжину не одного боку ряду або мережі, а двох і більше. У разі необхідності в схемі тріангуляції передбачають перекриття трикутників, що також покращує якість побудови.

Вихідними пунктами для розвитку тріангуляції 4 класу, служать пункти геодезичної мережі вищих класів або розрядів відповідно.

Залежно від розташування і густоти вихідних пунктів на об'єкті знімання мережу тріангуляції 4 класу, будують у вигляді сіток, ланцюгів трикутників і

вставок окремих пунктів у трикутники, що утворені пунктами мереж вищих класів або розрядів.

За допомогою геодезичних сигналів теодоліт при вимірюванні кутів встановлюється високо над землею. Для геодезиста на рівні, зручному для роботи з теодолітом, споруджується спеціальний майданчик з огорожею, сходами і дахом. На даху встановлюється візирний барабан для наведення на дану точку з суміжних пунктів мережі. По конструкції сигнали діляться на прості і складні. Прості сигнали мають висоту до 15 м, складні - 40 м і більше. Геодезичні піраміди влаштовані простіше. Їх висота, як правило, не перевищує 10 м. матеріалом для виготовлення сигналів і пірамід зазвичай служить дерево і метал [12].

### **3.2 Створення розрядної геодезичної мережі**

Одним з основних процесів створення планово-висотної основи топографічних знімів є проєктування. Проєктні роботи служать для згущення існуючої державної геодезичної мережі. Основна задача проєктування полягає в тому, щоб із всіх можливих варіантів вибрати той варіант, який по точності відповідав би поставленим задачам, а для його здійснення потрібно було б мінімальних робочих і грошових затрат [1].

Комплекс робіт у побудові планових геодезичних мереж методом тріангуляції складається із таких процесів:

1. проєктні роботи;
2. рекогностування пунктів тріангуляції;
3. закладання центрів та будівництво зовнішніх знаків;
4. астрономічні спостереження на вихідних пунктах;
5. вимірювання базисів або вихідних сторін;
6. кутові спостереження на пунктах тріангуляції і їх попередня обробка;

7. вимірювання зенітних відстаней і їх попередня обробка;
8. вирівнювальні обчислення у тріангуляції;
9. вирівнювальні обчислення у тригонометричному нівелюванні.

Тріангуляція 4 класу, має задовольняти основні вимоги, що викладені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Основні вимоги до проектування тріангуляційної мережі

| Показники                                                                                                       | 4 клас   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Довжина сторони трикутника, км, не більше                                                                       | 5.0      |
| Мінімально допустима величина кута, кутові градуси:                                                             |          |
| у суцільній мережі                                                                                              | 20       |
| сполучного в ланцюжку трикутників                                                                               | 30       |
| у вставці                                                                                                       | 30       |
| Кількість трикутників між вихідними сторонами або між вихідними пунктом і вихідною стороною, не більше          | 10       |
| Мінімальна довжина вихідної сторони, км                                                                         | 2        |
| Граничне значення середньої квадратичної помилки кута, що обчислена за нев'язками у трикутниках, кутові секунди | 2        |
| Гранично допустима нев'язка в трикутнику, кутові секунди                                                        | 8        |
| Відносна помилка вихідної (базисної) сторони, не більше                                                         | 1:200000 |
| Відносна помилка визначення довжини сторони в найбільш слабкому місці, не більше                                | 1:50000  |

Дотримуючись вимог, на картографічному матеріалі відшукуються найбільш доцільні ділянки місцевості, на яких проектується розрядна

геодезична мережу згущення способом тріангуляції 4 класу у вигляді центральної системи (рис. 3.1).

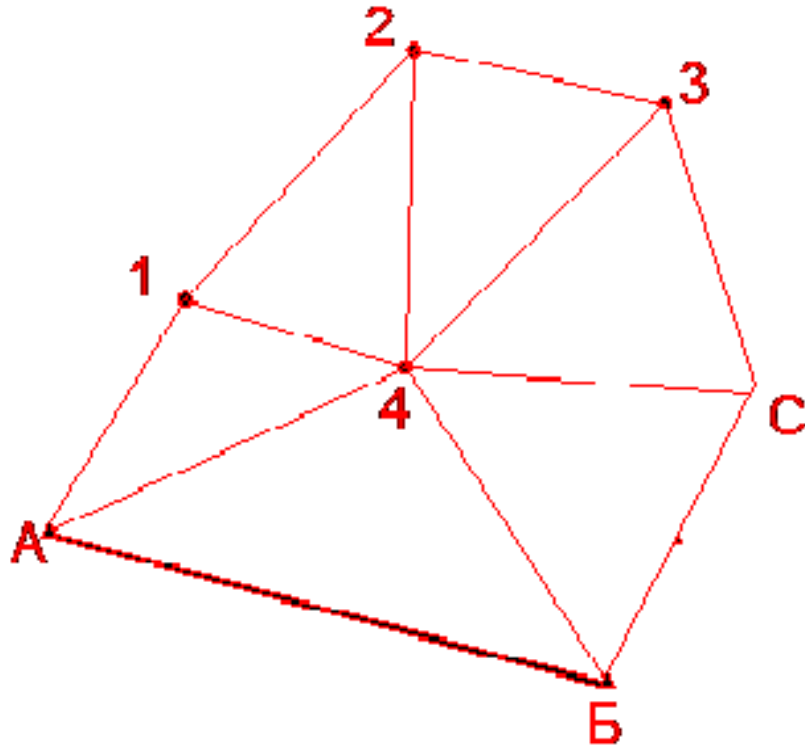


Рис. 3.1 Схема центральної системи

Вихідними пунктами тріангуляції є пункт А з відміткою 214,3 м та Б з відміткою 201,6 м. Закладання ще п'яти пунктів даної геодезичної мережі намічалось таким чином, щоб з них забезпечити хороший круговий огляд і видимість по кожному із напрямків між пунктами.

Технічні вимоги до запроєктованої розрядної мережі представлені в таблиці 3.2.

В даній кваліфікаційній роботі було запроєктовано 4 пункти тріангуляції – це пункти 1 з відміткою 181,5 м, пункт 2 з відміткою 176,0 м, пункт 3 з відміткою 177,7 м та пункт 4 з відміткою 183,0 м.

Через те що тріангуляційної мережі виявилось не достатньо для згущення ДГМ, було прийнято рішення додатково прокласти розрядну полігонометрію.

Полігонометрія — побудова на місцевості у вигляді системи ламаних ліній, у яких вимірюються сторони і кути при вершинах

Полігонометрія - один із традиційних, найбільш поширених методів створення планових геодезичних мереж усіх класів і розрядів.

Таблиця 3.2

## Технічні характеристики запроєктованої розрядної мережі

| Показники                                                                                                                   | По інструкції  | По проекту |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|
| Довжина сторони трикутника, км, не більше                                                                                   | 5.0            | 2.5        |
| Мінімально допустима величина кута, кутові градуси:<br>у суцільній мережі<br>сполучного в ланцюжку трикутників<br>у вставці | 20<br>30<br>30 | 33° 56'    |
| Кількість трикутників між вихідними сторонами або між вихідними пунктом і вихідною стороною, не більше                      | 10             | 5          |
| Мінімальна довжина вихідної сторони, км                                                                                     | 2              | 2.5        |

Комплекс робіт при створенні планових геодезичних мереж методом полігонометрії розроблено за послідовним виконанням таких процесів (рис. 3.2; 3.3):

- проектування полігонометричних мереж;
- рекогностування полігонометричних ходів;
- виготовлення і закладання центрів;
- вимірювання кутів;
- вимірювання сторін;
- прив'язка полігонометричних мереж до пунктів вищого класу;

- попередня обробка результатів польових спостережень;
- вирівнювальні обчислення в полігонометрії.

Полігонометричні мережі 4 класу, 1 і 2 розрядів створюють для згущення державних планових геодезичних мереж 1, 2 і 3 класів, яких недостатньо для виконання топографічних знімів. Згущення здійснюють до тих пір, поки не буде забезпечена необхідна щільність пунктів, яка забезпечить умови для виконання топографічного знімання 1:1000.

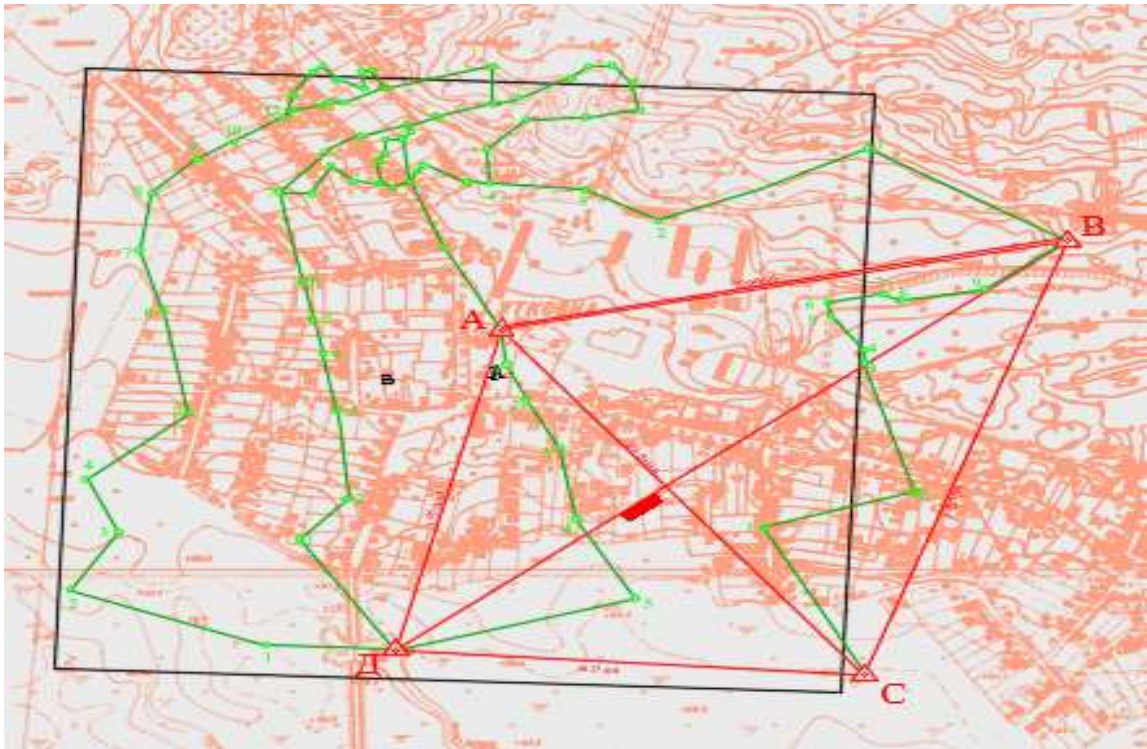


Рис. 3.2 Розробка полігонометричних мереж

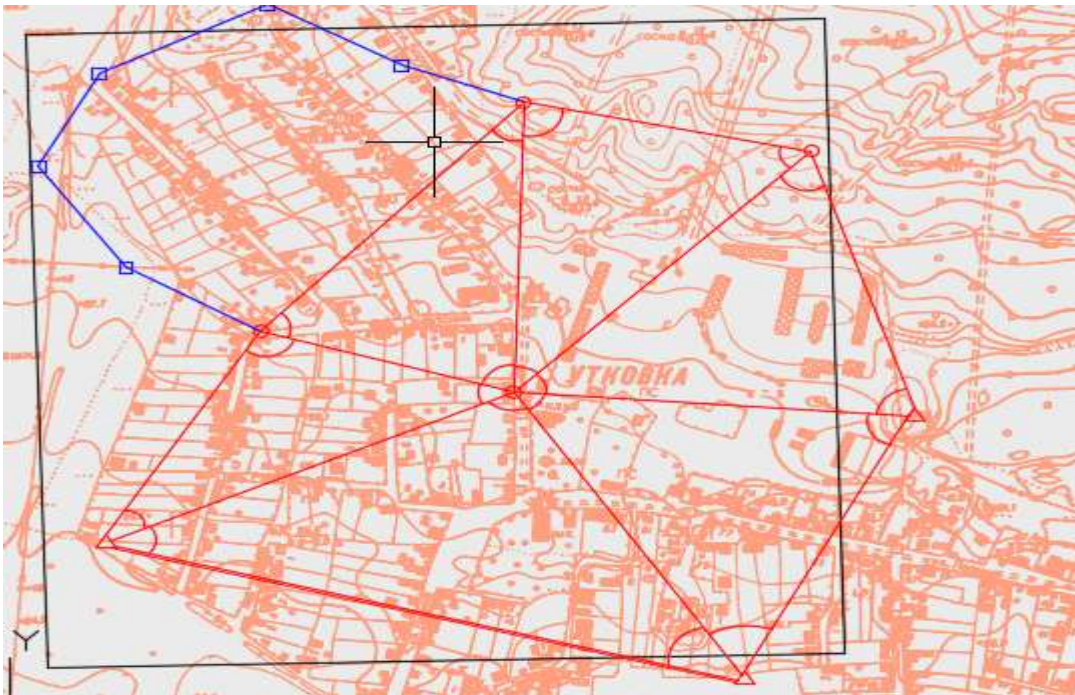


Рис.3.3 Проєкт знімальної геодезичної мережі

Таблиця 3.3

## Основні вимоги до проєктування полігонометрії

| №  | Характеристики                                         | І розряд     |
|----|--------------------------------------------------------|--------------|
| 1  | 2                                                      | 4            |
| 1. | Допустима довжина ходу, км                             |              |
|    | - розімкнутого                                         | 7,0          |
|    | - між вихідною і вузловою точкою                       | 5,0          |
|    | - між вузловими точками                                | 4,0          |
| 2. | Граничний периметр полігону, км                        | 20           |
| 3. | Довжина сторони ходу, м                                |              |
|    | - найбільша                                            | 800          |
|    | - найменша                                             | 120          |
|    | - середня                                              | 300          |
| 1  | 2                                                      | 4            |
| 4. | Кількість сторін в ході, не більше                     | 15           |
| 5. | Відносна похибка ходу, не більше                       | 1: 10 000    |
| 6. | СКП вимірювання кута, не більше (в секундах )          | 5            |
| 6. | Допустима кутова нев'язка в ході з кількістю кутів „n” | $10\sqrt{n}$ |
| 7. | СКП вимірювання довжини сторони, см                    |              |
|    | - до 500 м                                             | 1            |
|    | - від 500 до 1000 м                                    | 2            |
|    | - більше 1000 м                                        | —            |

Полігонометричні мережі проєктують у вигляді окремих ходів або систем з однією або кількома вузловими точками. Висячі ходи не допускаються [5].

У зв'язку з не достатньою кількістю пунктів триангуляції, було запроєктовано 5 пунктів полігонометричної мережі 1 розряду (табл 3.4).

Висотну прив'язку центрів триангуляції 4 класу, здійснено нівелюванням IV класу або технічним нівелюванням.

Таблиця 3.4

Дані проєктування пунктів полігонометричної мережі 1 розряду

| №  | Характеристики                                                    | 1розряд           | 1розряд           |
|----|-------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| 1  | 2                                                                 | По інструкції     | По проєкту        |
| 1. | Допустима довжина ходу, км<br>- розімкнутого                      | 7,0               | 3,4               |
| 2. | Граничний периметр полігону, км                                   | 20                |                   |
| 3. | Довжина сторони ходу, м<br>- найбільша<br>- найменша<br>- середня | 800<br>120<br>300 | 750<br>450<br>600 |
| 1  | 2                                                                 | 4                 |                   |
| 4. | Кількість сторін в ході, не більше                                | 15                | 6                 |

Нівелювання IV класу виконується нівелірами, що мають збільшення труби не менш 25х, ціну поділки рівня не більше 25" (контактного - не більше 30") на 2 мм та нівелірами з самовстановлювальною лінією візування (НЗКЛ, Ні-025) та їм рівноточними.

При нівелюванні IV класу ходи прокладають в одному напрямку. Довжина ліній не повинна перевищувати 8 км на забудованій території і 12 км на незабудованій.

Перед початком польових робіт виконують польові перевірки та дослідження нівелірів і компарування рейок.

Для нівелювання IV класу застосовують триметрові двосторонні рейки з шашковою шкалою.

Відліки по чорних та червоних сторонах рейок беруть по середній нитці. Для визначення відстані від нівеліра до рейки проводять відлік по віддалемірній нитці по чорній стороні рейки.

Порядок спостережень на станції наступний:

- відлік по чорній стороні задньої рейки;
- відлік по чорній стороні передньої рейки;
- відлік по червоній стороні передньої рейки;
- відлік по червоній стороні задньої рейки.

Розходження значень перевищення на станції, що визначені по чорній та червоній сторонах рейок, допускається до 5 мм.

Нерівність відстаней від нівеліра до рейок на станції допускається до 5 м, а накопичення їх у секції - до 10 м.

Нормальна довжина променя візування 100 м. Якщо нівелювання виконують нівеліром, труба якого має збільшення не менше  $30\times$ , то при відсутності коливань зображень дозволяється збільшувати довжину візирного променя до 150 м. Висота променя над підстильною поверхнею повинна бути не менш як 0.2 м.

Нев'язки в ходах між вихідними пунктами та в полігонах повинні бути не більше  $20\sqrt{L}$  (мм) при кількості станцій менше 15 на 1 км ходу і  $5\sqrt{n}$  (мм) на місцевості із значними кутами нахилу, коли кількість станцій більше 15 на 1 км ходу, де  $L$  - довжина ходу (полігону) в км;  $n$  - кількість станцій в ході (полігоні).

Після закінчення нівелювання IV класу здають такі матеріали:

- схему ходів нівелювання;
- журнали нівелювання або його результати в реєстраторах чи накопичувачах інформації;
- матеріали дослідження приладів та компарування рейок;

- абриси місцезнаходження нівелірних марок, стінних та ґрунтових реперів (у т.ч. раніше закладених);
- акти здачі знаків нівелювання для нагляду за збереженням;
- відомості перевищень;
- матеріали обчислень та оцінки точності;
- каталог висот;
- пояснювальну записку [8].

### 3.3 Проєкт створення знімальної геодезичної мережі

Знімальна геодезична основа являє собою мережу пунктів, які використовуються в якості станцій при зйомці ситуації рельєфу. Густота таких пунктів і спосіб їх побудови залежать від масштабу і методики зйомки, а також від характеру місцевості. Вихідними даними для побудови знімальної геодезичної основи є пункти і сторони опорних мереж. При картографуванні невеликих територій знімальна мережа може розвиватися самостійно. У будь-якому випадку густота знімальної мережі має бути достатньою для виробництва зйомки місцевості в заданому масштабі.

Гранична похибка визначення координат точок знімальної основи щодо вихідних пунктів не повинна перевищувати 0.2 мм в масштабі зйомки, тобто 10, 20, 40, 100 см в масштабах відповідно 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000. Для несприятливих умов місцевості (заліснення або порита поверхню) ці допуски збільшуються в півтора рази [9].

Побудова знімальної мережі виконують шляхом прокладання теодолітних, нівелірних, теодолітно-нівелірних, теодолітно-висотних, тахеометричних, мензульних ходів, рядів мікро-тріангуляції і чотирикутників без діагоналей, а також різноманітними геодезичними засічками. У знімальних мережах значення координат обчислюють з точністю до 0.01 м (в

ходах тригонометричного нівелювання). Точки знімальної мережі закріплюють на місцевості звичайно тимчасовими центрами.

Згідно завдання на кваліфікаційну роботу побудова знімальної мережі виконується шляхом прокладання тахеометричних ходів.

Тахеометричні ходи повинні відповідати технічним вимогам, із застосуванням електронних тахеометрів та оптичних теодолітів з світловіддалемірними насадками, що наведені в таблиці 3.5.

Закріплення на місцевості пунктів державної геодезичної планової мережі виконується спеціальними стійкими і довготривалими центрами. Залежно від характеру ґрунту та інших фізико-географічних умов місцевості застосовують різні конструкції центрів.

Найважливішою частиною будь-якого центру є чавунна марка з невеликим, розташованому посередині, отвором, що позначає закріплюється точку геодезичної мережі. Кожен центр має декілька дублюючих один одного чавунних марок, розташованих на різній глибині, але на одній прямовисної лінії.

Таблиця 3.5

Технічні вимоги до прокладання тахеометричних ходів

| Масштаб<br>знімання | Максимальна<br>довжина ходу, м | Максимальна<br>довжина лінії, м | Максимальна<br>кількість лінії в ході |
|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| 1:1000              | 3000                           | 500                             | 25                                    |

Оскільки в державних геодезичних мережах відстані між пунктами становлять від двох до двадцяти і більше кілометрів, то забезпечити видимість між такими пунктами з землі неможливо. Крім того, атмосфера в безпосередній близькості від землі істотно впливає на похибки результатів вимірювань. З цих причин на пунктах державних планових геодезичних мереж будують спеціальні споруди, геодезичні сигнали або піраміди.

Зовнішні геодезичні знаки служать для проведення кутових та лінійних вимірювань при побудові мережі. Вони обов'язково містять візирний пристрій, необхідний для вимірювання кутів, а також можуть містити пристрої для встановлення приладів (інструментальний столик) та платформу для спостерігача. Тип зовнішнього знака залежить від висоти, на яку потрібно підняти прилад при виконанні вимірювань. Головними типами геодезичних знаків є: тур, піраміда, простий сигнал, складний сигнал.

Тури будують в тих випадках, коли видимість відкривається з землі по всіх напрямках, а скельний ґрунт знаходиться на глибині, не більшій 1.5м. Тур являє собою кам'яні, цегляні, бетонні або залізобетонні стовпи, які зводяться над маркою, закладеною в скелю. Прилад під час вимірювань встановлюється безпосередньо над маркою на площадці тура.

Прості піраміди будують тоді, коли на сусідні пункти є видимість з землі, і вимірювання можна виконувати з інструментального штативу, що встановлюється над центом знака. Піраміда служить для закріплення візирного циліндра 1 і фіксації центра пункту. На пунктах державної геодезичної мережі будують три- і чотиригранні піраміди, причому як дерев'яні, так і металеві. Висота пірамід, як правило, не перевищує 5-10 м.

Прості сигнали будують в тих випадках, коли для виконання вимірювань прилад потрібно підняти на висоту 4-10 м. Простий сигнал складається з двох ізольованих одна від одної пірамід: внутрішньої 2, яка є підставкою для приладу 4, і зовнішньої 3, котра несе візирну ціль 1 та площадку для спостерігача 5. Внутрішня піраміда будується тригранною, зовнішня, як правило, - чотиригранною. Прості сигнали можуть бути дерев'яними і металевими, постійними або розбірними.

Складні сигнали будують у тих випадках, коли прилад потрібно підняти на висоту, більше ніж 10 м. Складний сигнал відрізняється від конструкції простого тим, що його внутрішня піраміда 2, яка несе столик 4 для

встановлення приладу, спирається не на землю, а на основні стовпи сигналу 3 на відстані 6 м від площадки для спостерігача 5.

В даній кваліфікаційній роботі видимість між пунктами тріангуляції визначалась за допомогою графічної побудови профілю місцевості. В результаті було визначено, що відсутня видимість між пунктами 1-4, Б-4, 3-4, 2-3, 1-2. Проектним рішенням було прийнято побудувати над пунктами 1, Б, 3, 2 просту піраміду, а над пунктом 4 – простий сигнал [12].

Конструкції центрів пунктів тріангуляції та полігонометрії 1 і 2 розрядів також залежить від фізико-географічних умов району робіт.

## ВИСНОВКИ

Проектування робіт виконано відповідно до діючих державних і відомчих нормативних документів.

Досліджена розробка проектів знімальних геодезичних мереж на сучасному рівні з використанням електронних геодезичних приладів та сучасного програмного забезпечення.

Отже, основна мета кваліфікаційної роботи, що полягала у закріпленні навичок геодезичних робіт при створенні планово-висотної геодезичної основи для топографічних знімань місцевості, досягнута.

У роботі вирішено наступні питання:

- запроєктовано полігонометричну мережу,
- проведено рекогностування полігонометричних ходів;
- розглянуті питання виготовлення і закладання центрів;
- досліджена послідовність вимірювання кутів та сторін;
- виконано прив'язку полігонометричних мереж до пунктів вищого класу;
- здійснена попередня обробка результатів польових спостережень та проведені вирівнювальні обчислення в полігонометрії.

За час роботи над темою більш детально були розглянуті стандарти, які регламентують проєктну документацію.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Афанасьєва Н. І.
2. Землеустрій: Історія земельних відносин в Україні: Навч. посібник. Вид. 2-ге, допов. Луцьк: Надстир'я, 2016. 239 с.
3. Інструкція з топографічного знімання в масштабах 1:5000; 1:2000; 1:1000 та 1:500 (ГКНТА – 2.04 – 02 – 98). К.: ГУГК України, 1998. 97 с.
4. Історія міста Мерефа. Мерефа, 1998. 132 с.
5. Калинич І.В., Гриник Г.Г., Ничвид М.Р. Геодезія. Львів-Ужгород: ДВНЗ «УЖНУ», ДВНЗ «НЛТУ України», 2021. 280 с.
6. Ковальчук І.П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. Львів: Інститут українознавства, 1997. 440 с.
7. Мартин А.Г., Тихенко О.В., Паламарчук Л.В. Земельний кадастр. К.: Медінформ, 2015. 550 с.
8. Олійник Л.М. Геодезія з основами землевпорядкування / Режим доступу: <http://buklib.net/books/35749/>
9. Островський А.Л., Мороз О.І., Тартачинська З.Т., Герасимчук І.Ф. Геодезія. Частина перша. Топографія: навч. посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. 440 с.
10. Перович Л.М., Перович І.Л., Сай В.М. Кадастр територій. Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2019. 242 с.
11. Розум Р.І., Буряк М.В., Вітровий А.О., Волошин Р.В. [та ін.] Геодезія та землеустрій: монографія; за заг. ред. Р.І. Розума. Тернопіль: ТНЕУ, 2020. 247 с.
12. Романчук С.В. Інженерна геодезія. Рівне, 2019. 646 с.
13. Романчук С.В., Кирилюк В.П., Шемякін М.В. Геодезія. Умань: Уманський ДАУ, 2008. 294 с.