

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ**

Кафедра інженерної геодезії

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР**

на тему:

**ПРОЕКТ ПЛАНОВО-ВИСОТНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ОСНОВИ
МІСТА ВИШНЕВЕ**

Іщенко Юрія Олеговича

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ**

Кафедра інженерної геодезії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

доц., к.т.н. Дем'яненко Р.А.

“ ____ ” _____ 2025 року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР**

**ПРОЕКТ ПЛАНОВО-ВИСОТНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ОСНОВИ
МІСТА ВИШНЕВЕ**

Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволених допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач: Іщенко Юрій Олегович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

193 «Геодезія та землеустрій»

(спеціальність)

193.01 «Геодезія»

(освітня програма)

Група зГД- 20

Керівник Бондар С.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Геоінформаційних систем та управління територіями

Випускова кафедра: Інженерної геодезії

Ступінь вищої освіти : бакалавр

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма: 193.01 «Геодезія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

доц., к.т.н. Дем'яненко Р.А.

“ ___ ” _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВР**

Іщенко Юрію Олеговичу

1. Тема роботи «Проект планово-висотної геодезичної основи міста Вишневе» затверджена наказом ректора КНУБА № 565/22/25 від «09» травня 2025 року

2. Керівник роботи: Бондар Світлана Андріївна

(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Термін подання здобувачем роботи до захисту 6.06.2025 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Вступ

Р.1. Нормативно-правова база створення планово-висотної геодезичної основи

Р.2. Проектування планової геодезичної основи міста

Р.3. Проектування висотної геодезичної основи міста

Р.4.. Організація геодезичних робіт

5. Графічний матеріал за розділами
План існуючої мережі
Проект опорної GPS – мережі
Проект мережі згущення ходами полігонометрії
Проект висотної геодезичної основи
Прилади для виконання лінійно-кутових вимірів
Прилади для виконання нівелювання

5. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1.	01.05.2025
Розділ 2. 50%	16.05.2025
Розділ 2 100%	28.05.2025
Розділ 3.	06.06.2025
Остаточне оформлення роботи	09.06.2025
Направлення роботи для перевірки на плагіат	10.06.2025
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	16.06.2025
Направлення роботи на рецензування	16.06.2025

7. Дата видачі завдання 22.04.2025 р

Керівник

_____ (підпис)

Бондар С.А.

(прізвище та ініціали)

Здобувач

_____ (підпис)

Іщенко Ю.О.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1 Нормативно-правова база створення планово-висотної геодезичної основи	8
1.1. Структура Державної геодезичної мережі	8
1.2. Геодезична планова мережа.....	14
1.3. Нівелірна (висотна) мережа	18
1.4.. Вихідні дані для проектування геодезичної мережі міста Вишневе	21
Розділ 2 Проектування планової геодезичної основи міста	25
2.1. Проект опорної GPS – мережі.....	25
2.2. Методика вимірювання GPS – мережі.....	32
2.3. Проект мережі згущення ходами полігонометрії	36
2.4. Методика вимірювання ходів полігонометрії.....	45
Розділ 3 Проектування висотної геодезичної основи міста	53
3.1. Проект висотної геодезичної основи	53
3.2. Методика вимірювання висотної геодезичної основи	56
Розділ 4. Організація геодезичних робіт.....	61
4.1. Організація геодезичних робіт.....	61
4.2. Планування і визначення кошторисної вартості.	62
4.3. Охорона праці та техніка безпеки.	66
Висновки	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	70
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Важливість сучасної геодезичної мережі для України

Нам потрібні точніші карти та плани, щоб ефективно розвивати кадастри (земельні реєстри), географічні інформаційні системи (ГІС) та чітко визначати права власності. Але зробити це якісно без сучасної геодезичної основи майже неможливо.

Старі системи вже не працюють.

Головна проблема в тому, що старі координати точок (пунктів) часто недостатньо точні, а то й зовсім відсутні. Раніше міські геодезичні мережі будувалися кожна за своїми правилами, без єдиної системи. Це створює складнощі, коли ми намагаємося об'єднати інформацію в одну велику систему для цілих регіонів.

Також, хоча офіційно потрібно було використовувати пункти державної геодезичної мережі (ДГМ) в системі СК-42, це часто ігнорували, щоб уникнути поширення неточностей з СК-42 на міські мережі. Іноді ці неточності намагалися "виправити" шляхом зміни масштабу при переведенні з однієї системи в іншу.

За останні 20-25 років ситуація погіршилася: близько 70% геодезичних пунктів у містах було зруйновано. Наприклад, в Києві, наприкінці 2007 року, з 83 пунктів міської мережі залишився лише 21, тобто тільки 25%.

Отже, щоб забезпечити наші міста якісними картами та планами, нам потрібно "залатати дірки" у геодезичній мережі, які з'явилися через швидкий та не завжди контрольований розвиток міст та іноді не дуже якісний підхід до створення ДГМ.

Що таке Державна геодезична мережа і чому вона важлива?

Державна геодезична мережа (ДГМ) — це як основа, "скелет" для всієї країни. Вона закріплює на місцевості Державну систему координат (ДСК), яка потрібна для створення карт і планів на рівні всієї держави. Від того, наскільки

якісно побудована та вирівняна ця мережа, залежить, як її можна використовувати.

Якщо ці роботи виконані неякісно, в системі координат виникають спотворення. Коли ми намагаємося її ущільнювати (додавати нові пункти), ці спотворення стають більшими, ніж помилки наших вимірювань. У таких випадках ДГМ не може бути єдиною для всіх робіт. Це особливо помітно у великих містах, де потрібна дуже висока точність взаємного розташування точок. Тоді іноді доводиться створювати окремі, місцеві системи координат (МСК), які не пов'язані з ДСК.

Геодезичні мережі постійно розвиваються, як на глобальному, так і на місцевому рівні. Коли накопичується достатньо нових даних, ми оновлюємо каталоги координат. Нові ділянки мережі або вирівнюються разом з існуючими, або спираються на них в межах ДГМ. Якщо ж обсяг нових вимірів такий же або більший за початковий, то переурівнюється вся мережа. Так було, коли створювали системи координат 1932 року (СК-32) та 1942 року (СК-42), яка існує вже понад півстоліття.

Після СК-32 і СК-42 використовувалася полігональна схема (як ланцюжки), що призвело до значних спотворень. Помилка при передачі координат від одного пункту до іншого може бути 6-8 см, а в СК-42 вона може досягати 10-20 см. За останні 80 років методи вимірювань майже не змінилися.

У 1963 році для потреб господарства ввели систему СК-63, яка була ближчою до вимірів на поверхні Землі, але її використання було складним. Тому в багатьох країнах колишнього СРСР її скасували після 40 років використання. В Україні нею користуються лише землевпорядні організації.

Що змінилося?

З 1 січня 2007 року в Україні запровадили нову систему – Державну геодезичну референцну систему координат УСК-2000. Вона базується на використанні глобальних супутникових систем (як GPS). Щоб впровадити УСК-2000, нам потрібно пов'язати з нею місцеві системи координат, а це означає, що потрібно створювати та відновлювати міські геодезичні мережі.

РОЗДІЛ 1 НОРМАТИВНО-ПРАВОВА БАЗА СТВОРЕННЯ ПЛАНОВО-ВИСОТНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ОСНОВИ

1.1. Структура Державної геодезичної мережі

Закон України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність" чітко визначає, як повинна будуватися Державна геодезична мережа. Це робиться за допомогою сучасних супутникових систем, точних математичних розрахунків, комп'ютерних технологій, а також традиційних геодезичних методів.

У цьому Порядку терміни вживаються у такому значенні [4]:

аномалія висоти - різниця між значенням геодезичної та нормальної висоти у певній точці фізичної поверхні Землі;

банк геодезичних даних - система, що складається з баз геодезичних даних (супутникових, геодезичних, нівелірних, гравіметричних), системи керування базами даних і прикладного програмного забезпечення для оброблення, зберігання та захисту даних, організації доступу до геодезичної інформації;

відліковий еліпсоїд - математична модель референц-еліпсоїда, яка прийнята за поверхню відліку;

геодезична висота H - висота точки фізичної поверхні Землі над поверхнею відлікового еліпсоїда, відрахована по нормалі до його поверхні;

геодезична мережа згущення - пункти геодезичних мереж 4 класу та 1, 2 розряду, що будуються для згущення Державної геодезичної мережі;

геодезична інформація - інформація про пункти Державної геодезичної мережі, яка включає опис їх центрів, місцезнаходження, значення координат, висот і вимірів, якими вони зв'язані із суміжними геодезичними пунктами;

геодезична основа – пункти Державної геодезичної мережі 1, 2 та 3 класу, геодезичних мереж згущення 4 класу, 1, 2 розряду та геодезичних мереж спеціального призначення;

геометричне нівелювання - нівелювання за допомогою геодезичного приладу з горизонтальною візирною віссю;

геопросторові дані - набір даних про геопросторовий об'єкт;

знімальна геодезична мережа - геодезична мережа згущення, що створюється для топографічної зйомки;

моніторинг геодезичних пунктів - система спостереження за станом схоронності геодезичних пунктів з метою аналізу стійкості їх просторового положення у часі для встановлення можливості використання таких пунктів як геодезичної основи;

нівелірна мережа - геодезична мережа, нормальні висоти пунктів якої над рівнем моря визначені за результатами геометричного нівелювання;

нівелірний репер - геодезичний знак, що закріплює пункт нівелірної мережі та є носієм нормальної системи висот;

нормальна висота - висота точки фізичної поверхні Землі над поверхнею квазігеоїда. На рівні океану нормальна висота дорівнює нулю;

нормальна система висот - система висот, яка визначає положення геодезичних пунктів по висоті відносно квазігеоїда;

полігон - система нівелірних ходів, які утворюють замкнену фігуру;

полігон I класу - система нівелірних ходів I класу, які утворюють замкнену фігуру;

полігон II класу - система нівелірних ходів I та II класу, які утворюють замкнену фігуру;

полігонометрія - метод побудови геодезичної мережі шляхом вимірювання віддалей і горизонтальних кутів між пунктами ходу;

просторова геодезична мережа - мережа, в якій взаємне положення геодезичних пунктів визначено у тривимірному просторі;

пункт-супутник - пункт, що закріплює на місцевості напрямок та віддаль з геодезичного пункту до такого пункту;

рекогносцирування пунктів - етап геодезичних робіт, спрямований на вибір місця розташування пунктів геодезичної мережі;

тригонометричне нівелювання - нівелювання за допомогою геодезичного приладу з похилою візирною віссю та визначенням віддалі;

трилатерація - метод побудови геодезичної мережі у формі трикутників, у яких виміряні всі сторони;

тріангуляція - метод побудови геодезичної мережі у формі трикутників, у яких виміряні кути і деякі із сторін;

GPS-нівелювання - нівелювання за допомогою геодезичного приладу спостережень супутників глобальної навігаційної супутникової системи.

3. Державна геодезична мережа складається з мережі геодезичних пунктів, рівномірно розміщених на території держави, що забезпечує поширення систем координат і висот та гравіметричної системи і є вихідною для створення інших мереж [4].

Державна геодезична мережа закріплюється на місцевості геодезичними, гравіметричними пунктами та нівелірними реперами, положення яких визначено в установлених системах координат і висот.

4. Проектування Державної геодезичної мережі здійснюється з урахуванням результатів попередніх робіт з її побудови.

Місця побудови геодезичних пунктів визначаються виходячи з необхідності забезпечення їх тривалого планово-висотного положення, збереження та зручного використання з урахуванням фізико-географічних умов району робіт, глибини промерзання ґрунтів, гідрогеологічного режиму та інших особливостей місцевості.

Що таке ДГМ простими словами?

Державна геодезична мережа — це мережа точок (пунктів), які рівномірно розташовані по всій країні. Вона потрібна, щоб поширювати єдині системи координат, висот та гравіметричну систему і є вихідною точкою для всіх інших геодезичних робіт. Ці точки закріплюються на місцевості спеціальними знаками.

При проектуванні ДГМ враховують попередні роботи. Місця для пунктів вибирають так, щоб вони зберігалися довго, були зручними для

використання, а також зважають на природні умови (промерзання ґрунту, воду тощо).

Процес створення ДГМ включає:

Проектування: планування, де і як будувати.

Розвідка та будівництво: вибір місць та встановлення геодезичних знаків.

Вимірювання: проведення точних вимірювань між пунктами.

Обробка даних: математичні розрахунки отриманих вимірювань.

Складання каталогів: створення списків з координатами пунктів.

Ведення банку даних: зберігання всієї геодезичної інформації.

Моніторинг: постійний контроль за станом пунктів та їх положенням.

Щільність пунктів: в середньому, має бути не менше одного пункту на кожні 30 квадратних кілометрів. Для детальніших карт (великих масштабів) щільність пунктів збільшується. Середня щільність геодезичних пунктів повинна становити не менше одного пункту на 30 кв. кілометрів. Подальше збільшення щільності геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі здійснюється за результатами обґрунтованих розрахунків виходячи з конкретних завдань топографо-геодезичної та картографічної діяльності на конкретній території.

Для геодезичного забезпечення топографічної зйомки встановлюються такі норми щільності геодезичних пунктів та реперів Державної геодезичної мережі [4]:

у масштабі 1:25000 та 1:10000 - один пункт на 30 кв. кілометрів та один репер на трапецію масштабу 1:10000;

у масштабі 1:5000 - один пункт на 20-30 кв. кілометрів та один репер на 10-15 кв. кілометрів;

у масштабі 1:2000 і більше - один пункт на 5-15 кв. кілометрів та один репер на 5-7 кв. кілометрів.

Для топографічної та кадастрової зйомки в масштабі 1:2000 і більше на доповнення до геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі

визначаються пункти геодезичних мереж згущення та знімальних геодезичних мереж.

У разі використання супутникових геодезичних методів для визначення геодезичних пунктів знімальних геодезичних мереж можливе обґрунтоване зменшення щільності геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі.

7. З метою приведення наявної мережі до однорідної за точністю і достатньої за щільністю геодезичних пунктів подальша побудова Державної геодезичної мережі здійснюється на ділянках, на території яких на основі обстеження геодезичних пунктів і результатів математичного оброблення геодезичних спостережень встановлено, що:

точність проведених спостережень або вирівняних елементів Державної геодезичної мережі нижча, ніж передбачена цим Порядком;

центри геодезичних пунктів втрачені або щільність геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі недостатня для відповідної території;

величина деформації земної поверхні внаслідок дії сейсмічних і техногенних явищ та процесів перевищує точність визначення геодезичних пунктів Державної геодезичної мережі.[4]

8. Побудова геодезичних мереж у районах землетрусів з магнітудою п'ять балів і більше здійснюється в найкоротші строки. У вугільних басейнах і в районах інтенсивного добування руди, газу, нафти та проведення інших підземних робіт потреба в модернізації Державної геодезичної мережі обґрунтовується маркшейдерськими даними.

9. Подальша побудова Державної геодезичної мережі здійснюється на основі даних розвитку мережі постійно діючих станцій спостережень глобальних навігаційних супутникових систем з використанням результатів супутникових геодезичних спостережень.

10. Складовими Державної геодезичної мережі є геодезична (планова), нівелірна (висотна) та гравіметрична мережі, пункти яких повинні бути суміщені або між якими встановлено надійний геодезичний зв'язок.

11. Геодезична (планова) мережа включає українську постійно діючу (перманентну) мережу спостережень глобальних навігаційних супутникових систем та геодезичні (планові) мережі 1, 2 і 3 класу.

12. Нівелірна (висотна) мережа включає нівелірні (висотні) мережі I, II, III і IV класу.

Коли ДГМ потрібно оновлювати?

ДГМ оновлюється, якщо:

Точність старих вимірів нижча, ніж потрібно зараз.

Багато пунктів втрачено, або їх недостатньо для певної території.

Земна поверхня сильно деформувалася через землетруси або діяльність людини.

У районах землетрусів або активного видобутку корисних копалин ДГМ потрібно оновлювати дуже швидко, враховуючи дані маркшейдерів (фахівців з вимірювань у гірничій справі).

Сучасна побудова ДГМ базується на даних постійно працюючих супутникових станцій.

З чого складається ДГМ?

ДГМ складається з трьох основних мереж:

Геодезична (планова) мережа: визначає горизонтальне положення точок.

Нівелірна (висотна) мережа: визначає висоти точок відносно рівня моря.

Гравіметрична мережа: вимірює гравітаційне поле Землі.

Пункти цих мереж повинні бути або суміщені, або мати надійний зв'язок.

1.2. Геодезична планова мережа

21. Українська постійно діюча (перманентна) мережа спостережень глобальних навігаційних супутникових систем забезпечує безперервне відтворення загальноземної та європейської геодезичної систем координат і редукування результатів спостережень, координатних визначень на єдину епоху з урахуванням релятивістських ефектів припливних та інших рухів земної кори.

Вона безперервно надає дані, які дозволяють підтримувати єдині системи координат для України та Європи. Вона включає:

Постійно діючі станції: де безперервно проводяться супутникові, астрономо-геодезичні, гравіметричні та геофізичні спостереження.

Періодично діючі станції: де спостереження проводяться не рідше одного разу на п'ять років.

Центри обробки інформації: де ці дані аналізуються.

Ці станції розташовані на відстані 100-300 кілометрів одна від одної, і їхнє положення визначається з дуже високою точністю. Частина наших станцій входить до європейської та міжнародної мереж.

Геодезична мережа 1 класу (ГМ-1) — це основа для побудови мереж нижчих класів. Пункти ГМ-1 розташовані на відстані 30-50 кілометрів (а навколо великих міст — 20-40 кілометрів). Їхнє положення визначається виключно супутниковими методами. Кожен пункт ГМ-1 має бути пов'язаний вимірюваннями щонайменше з трьома сусідніми. Висоти цих пунктів визначаються точним геометричним або GPS-нівелюванням.

Геодезична мережа 2 класу (ГМ-2) є вихідною основою для мережі 3 класу та інших спеціальних мереж. Пункти ГМ-2 розташовані ближче один до одного (8-12 км, у містах — 5-8 км). Їх положення визначається як супутниковими методами, так і традиційними (триангуляція, трилатерація,

полігонометрія). Висоти пунктів ГМ-2 також визначаються геометричним або GPS-нівелюванням.

Таблиця 1.1.

Основні вимоги до побудови геодезичної мережі 2 класу

Параметри мережі	Метод побудови	
	супутниковий	лінійно-кутовий
Довжина сторони, кілометрів:		
найбільша	12	12
найменша	5	5
Максимально допустима кількість сторін у ході		6
Середня квадратична похибка визначення положення пунктів, метрів	0,04-0,05	0,04-0,05
Максимально допустима середня квадратична похибка вимірювання кутів, секунд		1
Максимально допустима нев'язка трикутника, секунд		4
Кутова нев'язка ходу, секунд		$2''\sqrt{n}$
Максимально допустима відносна похибка вимірювання сторони, ms/s	1:300 000	1:300 000
Максимально допустима середня квадратична похибка вимірювання сторони, метрів	0,04	0,04

Продовжуємо розбудову мережі: від ГМ-2 до ГМ-3

Ми вже говорили про основні "кістяки" нашої геодезичної мережі. Тепер подивимося, як ми робимо її густішою і точнішою для повсякденних потреб.

Що таке пункти-супутники і навіщо вони потрібні?

Коли ми встановлюємо нові геодезичні пункти ГМ-2, ми також обов'язково ставимо поруч два пункти-супутники. Це такі допоміжні точки, які розташовані на відстані від 500 до 1000 метрів від основного пункту (але не менше 250 метрів у забудованій місцевості). Головна вимога – ми повинні бачити основний пункт із супутника і навпаки.

Це потрібно для додаткової перевірки та підвищення надійності. Відстань між основним пунктом і супутником ми визначаємо з дуже високою точністю – похибка не повинна перевищувати 5 сантиметрів. Кути (напрямки) теж вимірюються з великою точністю – не більше 5 кутових секунд.

Геодезична (планова) мережа 3 класу (ГМ-3)

ГМ-3 створюється, щоб ще більше "ущільнити" нашу геодезичну мережу. Це необхідно, щоб мати достатньо точок для створення детальних карт та планів великих масштабів, а також для кадастрових зйомок (тобто для точного визначення меж земельних ділянок).

До ГМ-3 класу входять:

Вже існуючі старі пункти 3 та 4 класу, які були побудовані ще за радянськими нормами (1954-1961 років), але їх потім переобчислили та перевели 4-й клас у 3-й.

Нові пункти 3 класу, які ми будуємо за сучасними правилами. Їх положення визначаємо як за допомогою супутникових систем, так і традиційними методами (вимірювання відстаней та кутів).

Для побудови ГМ-3 ми використовуємо як "вихідні" (опорні) точки пункти ГМ-1, ГМ-2, а також точки Української постійно діючої супутникової мережі.

Між сусідніми пунктами ГМ-3 має бути пряма видимість ("земля-земля"). Якщо її немає, то на такому пункті теж встановлюємо два пункти-супутники, як і для ГМ-2.

Основні вимоги до побудови геодезичної (планової) мережі 3 класу викладено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

Основні вимоги до побудови геодезичної мережі 3 класу

Параметри мережі	Метод побудови	
	супутниковий	лінійно-кутовий
Максимально допустима довжина ходу, кілометрів		30
Довжина сторони, кілометрів		
найбільша	10	8
найменша	2	2
Максимально допустима кількість сторін у ході		6
Середня квадратична похибка визначення положення пунктів, метрів	0,05	0,05
Максимально допустима середня квадратична похибка вимірювання кутів, секунд		+1,5
Максимально допустима нев'язка трикутника, секунд		6
Кутова нев'язка ходу, секунд		$3''\sqrt{n}$
Максимально допустима відносна похибка вимірювання сторони, ms/s	1:200 000	1:200 000
Середня квадратична похибка вимірювання сторони, метрів	0,05	0,05

Примітка: n – кількість сторін у ході.

Висоти пунктів ГМ-3 ми визначаємо за допомогою геометричного нівелювання (дуже точне вимірювання висот) або GPS-нівелювання. GPS-нівелювання використовує дані супутників та гравіметричні вимірювання,

щоб отримати похибку взаємного положення пунктів за висотою не більше 5 сантиметрів.

У горах або важкодоступних місцях висоти можна визначати тригонометричним нівелюванням (коли вимірюють кути та відстані) або тим же GPS-нівелюванням, але тоді похибка може бути до 10 сантиметрів.

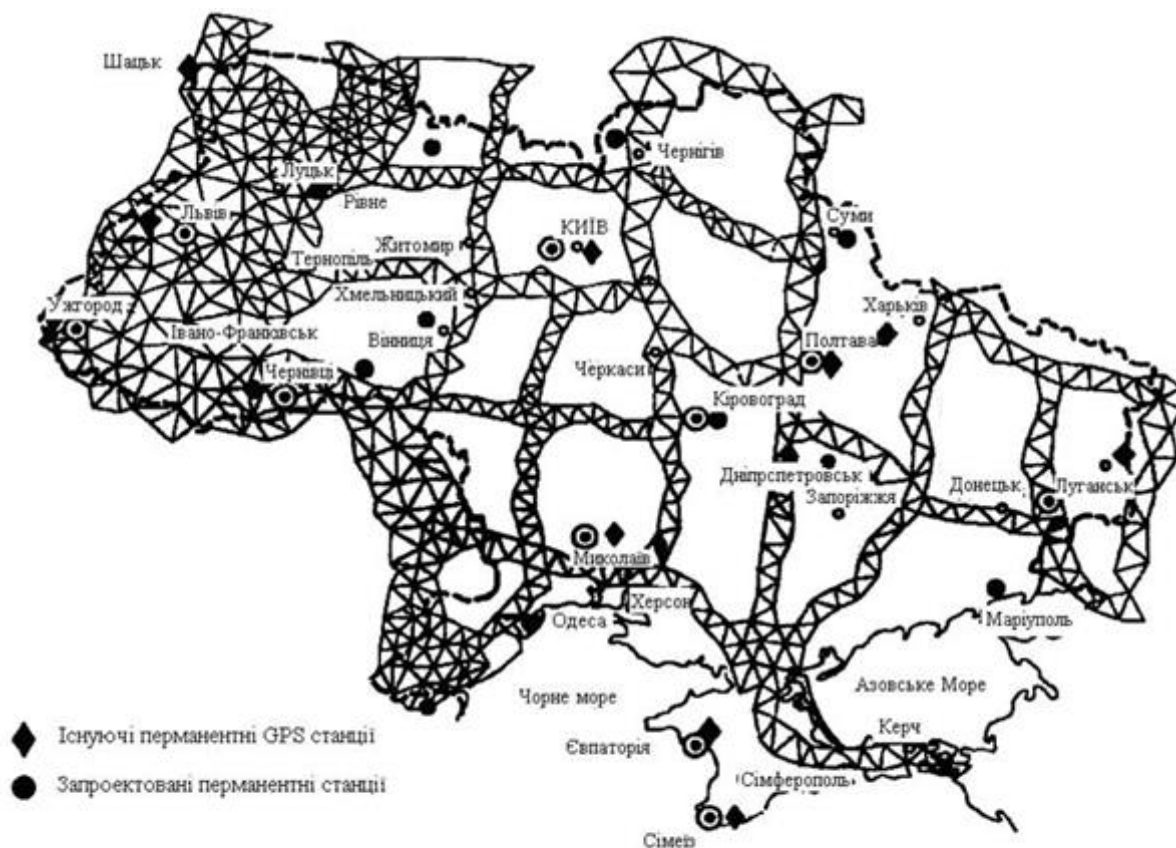


Рис. 6.1. Схема планової державної геодезичної мережі України

1.1. Схема планової державної геодезичної мережі України

1.3. Нівелірна (висотна) мережа

Нівелірні (висотні) мережі I та II класу – це основа для визначення висот по всій країні. Вони допомагають поширювати єдину систему висот і навіть дозволяють спостерігати за тим, як рухається земна кора.

Нівелювання I класу – це найточніше вимірювання висот. Для цього використовуються найсучасніші прилади та методики, щоб максимально уникнути помилок. Ці вимірювання повторюються кожні 25 років, а в місцях, де часто бувають землетруси, – кожні 15 років.

Нівелірна мережа II класу створюється всередині великих "квадратів" мережі I класу. Вона утворює полігони (замкнуті фігури) з периметром до 400 кілометрів. Точність нівелювання II класу дозволяє отримати невеликі розбіжності у вимірах – не більше 5 міліметрів на кожен кілометр довжини ходу чи периметра полігону.

Лінії нівелювання I та II класів прокладаються переважно вздовж залізниць та головних автомобільних доріг, а також вздовж великих річок та інших місць зі сприятливими ґрунтовими умовами. Дуже важливо включати в ці лінії опорні точки (репери) біля морів, річок та озер, де є пункти спостереження за рівнем води.

На лініях нівелювання I та II класів ми закладаємо фундаментальні репери (спеціальні знаки, які міцно закріплені в землі) не рідше ніж через кожні 60 кілометрів, а в сейсмоактивних районах – кожні 40 кілометрів. Це забезпечує довгострокову стабільність висотної мережі.

Нівелірні (висотні) мережі III і IV класу: для детальних робіт

Нівелірні мережі III та IV класу створюються для того, щоб зробити висотну основу ще густішою. Вони потрібні для топографічних зйомок усіх масштабів, а також для різних інженерних завдань.

Нівелювання III класу прокладається всередині полігонів II класу, створюючи менші полігони з периметром 60-150 кілометрів. Для дуже детальних зйомок (масштабу 1:5000 і більше) ми робимо ці полігони ще меншими – до 60 кілометрів. Точність нівелювання III класу дозволяє отримати розбіжності не більше 10 міліметрів на кожен кілометр.

Нівелювання IV класу є подальшим ущільненням мережі III класу. Ці ходи не перевищують 50 кілометрів, а їх точність дозволяє отримати розбіжності не більше 20 міліметрів на кожен кілометр. Нівелювання IV класу

також може виконуватися за допомогою GPS-нівелювання з такою ж точністю.

Усі нівелірні мережі (всіх класів) закріплюються на місцевості спеціальними знаками – реперами та марками. Вони встановлюються не рідше ніж через кожні 5 кілометрів уздовж траси, а у важкодоступних місцях – до 7 кілометрів.



Рис. 6.2. Державна висотна основа України: 1 - лінії нівелювання I класу, 2 - лінії нівелювання II класу

1.2. Схема висотної основи України

1- лінії нівелювання I класу; 2 - лінії нівелювання II класу.

1.4.. Вихідні дані для проектування геодезичної мережі міста Вишневе

Перед тим як проектувати геодезичну мережу для конкретного міста, наприклад, для Вишневого, ми завжди проводимо детальне дослідження його фізико-географічних та геодезичних умов. Це допомагає нам вибрати найкращі методи та місця для встановлення пунктів.

Фізико-географічні умови [13]:

Вишневе — місто в Україні, південно-західне передмістя Києва, центр Вишнівської міської громади, адміністративно належить до Бучанського району Київської області.

Його площа становить 25.20 км².

Бучанський район знаходиться в центральній частині Київської області, у лісостеповій зоні правобережжя Дніпра.

Транспортне сполучення: Через місто проходять важливі автомобільні магістралі та залізниця, що зручно для доступу до пунктів.

Зовнішні транспортні зв'язки міста здійснюється автомобільним, залізничним та повітряним транспортом. Через місто проходить залізниця Київ-Фастів, яка ділить його на дві частини. В місті знаходиться залізнична станція «Жуляни». Місто обслуговується системою автомобільних доріг державного (територіальна автодорога Т-1012 Київ-Боярка) та місцевого значення (обласні автомобільні дороги О101304 (Київське півкільце-Крюківщина-Боярка), О101315 (Вишневе-Софіївська Борщагівка), О101323 (Жуляни-Крюківщина). Автомобільні дороги, окремі ділянки яких одночасно є міськими вулицями Вишневого, мають вихід на Київське півкільце. Місто межує, переважним чином, з територією Києво-Святошинського району. На півночі до міста примикає село Софіївська Борщагівка, на півдні – с.Крюківщина, на заході – с. Петрівське. Вишневе є містом-супутником столиці України – м. Києва та входить до складу Київської агломерації, що безумовно, позитивно впливає на його економікогеографічне положення.

Вишневе знаходиться в межах територій, де найбільше проявляється вплив столичного чинника на виробничу діяльність, характер та масштаби використання земель, трудових та інших ресурсів.

Розвиток Вишневого пов'язаний з розміщенням на його території промислових підприємств, баз, складів, підприємств будіндустрії, необхідних для обслуговування населення м. Києва та Києво-Святошинського району.

З центром агломерації місто пов'язане значними трудовими потоками.

Основні підприємства: У Вишневому розташовані такі підприємства, як ДП "Жулянський машинобудівний завод "Візар", залізнична станція Вишневе, молокозавод, ТОВ "Папірус Гурт", Український НДІ порцеляни і скла, дослідний завод та інші. Це може впливати на планування мережі, адже деякі зони можуть бути обмежені для доступу або мати перешкоди для супутникових сигналів.

Рельєф: Переважають плоскі та слабо хвилясті рівнини. Місто розташоване у центральній частині Київської області на межі двох фізико-географічних зон, що умовно розмежовуються по лінії залізниці Київ-Фастів. Біля 80% території відноситься до Києво-Бородянського фізикогеографічного району Полісся, а південна частина міста межує з Обухівсько-Васильківським фізико-географічним районом лісостепу. Рельєф рівнинний, слабохвилястий.

Максимальні відмітки поверхні – 180,0 метрів характерні для західної, а мінімальні – 165,0 метрів для північної частин міста. Перепад висот становить біля 15 метрів. Загальний ухил території простежується у північносхідному напрямку.

В існуючих умовах фактор морфології рельєфу має обмежено-естетичне значення у планувальній організації території міста.

Геологічна будова. В геоструктурному відношенні територія розташована в межах південнозахідного крила Дніпровсько-Донецької западини. В геологічній будові приймають участь породи докембрію, відклади пермської, триасової, юрської, крейдової, палеогенової, неогенової і четвертинної систем.

Юрська система представлена чорними щільними глинами і зеленими піщаниками, що залягають на глибині близько 120-130 м.

Відклади крейдової системи представлені мергелями потужністю 3 м.

На відкладах крейди залягає палеогенова система (бучакська, київська і харківська свити), представлена відповідно сірими різно- і середньозернистими пісками з прошарками піщанику і глини; мергелями голубовато-сірими, щільними, масивними і темними глинами; сірими, зеленувато-сірими, мілко- і різнозернистими глинистими пісками з прошарками бурого вугілля, а також прошарками зеленувато-сірого наглинку.

Нерозчленовані відкладення неогенової і четвертинної систем представлені суглинками, строкатими глинами, пісками і бурим вугіллям.

Відклади четвертинної системи суцільним чохлам покривають територію і представлені різними генетичними типами: флювіогляціальними пісками, озерними пісками і суглинками, лесовидними суглинками, мореними суглинками і глинами. Потужність четвертинних відкладів становить від 4 до 28 м.

Загальна характеристика геологічної будови має істотне значення в плані інженерно-будівельної оцінки. При цьому головним об'єктом характеристики є четвертинні відклади.

Гідрогеологічні умови. Місто розташоване в межах Дніпровського артезіанського басейну, для якого є характерним наявність великої потужності осадових відкладів, до яких приурочені потужні водоносні горизонти.

Основні водоносні горизонти приурочені до неогенових, палеогенових, крейдових і юрських відкладів.

Місцерозташування і геоморфологічні особливості території визначили і її **гідрологічні умови**. Територію міста протікає струмок Желань (північно-східна околиця міста), права притока р. Ірпінь, а також потічок в балці Крюківщина (південно-західна околиця міста), ліва притока р. Северки. Дані потічки маловодні, в літній період пересихають. Під час дощів можливе підняття рівня на 0,3-0,5 метра.

Проектне рішення розглядає дані водотоки як складову екологічного каркасу міста. Система гідротехнічних заходів передбачає їх розчистку та благоустрій подальшого перспективного локального рекреаційного використання. Організація ландшафтне упорядкування прибережної захисної смуги (25 метрів) буде сприяти організації водно-зеленої зони міста.

Ґрунти в основному глибокі малогумусні чорноземи, а також еродовані сірі лісові ґрунти в долинах. На півночі поширені дерново-підзолисті, у долинах річок — дерново-глеєві, лучні й болотні ґрунти. У центральній частині під лісами — опідзолені чорноземи, темно-сірі і світло-сірі лісові ґрунти; у південних районах — глибокі малогумусні чорноземи. Ґрунти добре зволожені, що сприятливо для сільського господарства. Це важливо для стабільності геодезичних знаків, адже на таких ґрунтах вони можуть бути досить стійкими.

Клімат Вишневого відносять до помірного континентального з теплим літом (Dfb за класифікацією Кеппена). Середньорічна температура складає 7,8 °С, кількість опадів — 635 мм, які рівномірно розподілені протягом року, м'який. Середня температура січня -5.8...-6.5 °С, липня +19.2... + 20.1 °С. Опадів випадає 500-600 мм на рік, більшість з них у червні-липні. Кліматичні умови впливають на планування польових робіт та вибір обладнання.

Геодезична вивченість району:

Під час дослідження було виявлено, що у північній частині міста вже є пункт планової геодезичної основи 2 класу точності. Це дуже добре, оскільки такий пункт може слугувати відправною точкою для нової мережі.

Ця інформація дозволяє нам детально спланувати, де і як найкраще розмістити нові геодезичні пункти, які методи вимірювань застосувати, і як досягти потрібної точності для міста Вишневе.

РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ ПЛАНОВОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ОСНОВИ МІСТА

2.1. Проект опорної GPS – мережі

Навігаційна система Global Positioning System (GPS - Глобальна Система Позичювання) є частиною комплексу NAVSTAR, який розроблений, реалізований і експлуатується Міністерством оборони США. Розробка комплексу NAVSTAR (NAVigation Satellites providing Time And Range - навігаційна система визначення часу і дальності) була розпочата ще в 1973 році, а вже 22 лютого 1978 був проведений перший тестовий запуск комплексу, а в березні 1978 року комплекс NAVSTAR почали експлуатувати. Перший тестовий супутник був виведений на орбіту 14 липня 1974 року, а останній з 24 необхідних для повного покриття земної поверхні супутників, був виведений на орбіту у 1993 році. Цивільний сегмент військової супутникової мережі NAVSTAR прийнято називати аббревіатурою GPS, комерційна експлуатація системи у сьогоденному вигляді почалася в 1995 році.[5]

GPS має ряд переваг у порівнянні зі стандартною методикою проведення геодезичних зйомок:

- Не потрібно взаємної видимості між пунктами.
- Точність GPS практично не залежить від погодних умов (дощу, снігу,
- високої або низкою температури, а також вологості).
- GPS має більш високу швидкість у порівнянні із традиційними методами.
- GPS забезпечує одержання результатів в уніфікованій всесвітній системі координат.
- GPS результати представлені в цифровій формі й легко переводяться в картографічну або географічну інформаційну (GIS) системи.

Необхідно пам'ятати, що одне з основних відмінностей GPS знімання від традиційної полягає в тім, що різниці координат станцій обчислюються на математичному еліпсоїді (який називається WGS-84), а не на локальній площині. Як тільки будуть обчислені відносні координати станцій знімання, користувач може перетворити ці координати в яку-небудь іншу вихідну систему координат і картографічну проекцію, таку як Універсальна поперечна проекція Меркатора (UTM) або Державні Планові координати (State Plane coordinates).

Основним методом побудови планових геодезичних мереж є GPS - метод, за яким визначені координати пунктів ДГМ. Даний метод спостережень актуальний при побудові інженерно-геодезичних мереж на забудованих територіях в умовах обмеження взаємної видимості між пунктами. Довжина сторін (вектор) таких мереж знаходиться в межах від 2 до 7 км, рідко перевищує 10 км.

Конструкція таких мереж повинна включати замкнені геометричні фігури (трикутник, полігон, центральна система, геодезичний чотирикутник) з прив'язкою не менше ніж до трьох опорних пунктів. Для врахування впливу випадкових a і систематичних b похибок приймача згідно з його регресійним рівнянням точності

$$m_{s_0} = a + bS \quad b ,$$

де S – довжина вектора у кілометрах, встановлено, що довгу базу доцільно ділити на $N = bS/a$ частин або брати вектор довжиною

$$S_1 = S / N = a/b \text{ в кілометрах.}$$

Активний розвиток супутникових технологій забезпечили їх широке використання у різних галузях геодезії, навігації, кадастру, тощо [6]. А з появою RTK (Real Time Kinematic) стало можливим отримувати сантиметровий рівень координат безпосередньо під час виконання спостережень. Однак, основним недоліком RTK є необхідність мережі

референцних станцій для отримання поправок та визначення точного положення приймача безпосередньо на місцевості. На противагу йому, наприкінці 1990-х років було розроблено метод PPP (англ. Precise Point Positioning — дослівно «позиціонування високої точності»). [11]

В основі цього методу лежить принцип отримання зовнішніх поправок до ефемерид орбіт та бортового годинника всіх видимих супутників. Такі поправки виробляють спеціалізовані міжнародні центри від мережі перманентних GNSS-станцій. Метод не вимагає від безпосереднього виконавця наявності базової станції (опорного приймача) та/або сигналу із геостаціонарних супутників чи наземних систем диференційної корекції.[11]

Актуальність тематики PPP сильно зросла протягом останніх 10 років, оскільки застосування PPP розширилось на комерційний сектор. Він включає такі сфери, як сільськогосподарська промисловість для точного землеробства, морські програми (для позиціонування датчиків для підтримки карт морського дна та морського будівництва), бортове картографування та навігація транспортних засобів.[11]

Якщо сантиметровий рівень точності PPP став уже практично забезпечений у більшості вищезазначених сфер господарської діяльності, то міліметровий рівень для наукових задач, пов'язаних із вивченням впливу геофізичних факторів на навколишнє середовище, все ще є предметом досліджень. У нашій роботі [11] акцент зроблений на виявлення реальної точності методу PPP на прикладі даних з перманентної GNSS-станції SULP, яка має вже 20-ти річний досвід спостережень, є офіційно зареєстрованою станцією міжнародних мереж, з використанням найновішого програмного забезпечення.[11]

Функціональна модель PPP та її програмна реалізація

Принцип роботи PPP заснований на кодових і фазових вимірюваннях та зовнішній ефемеридно-часовій інформації. Тобто, сама технологія PPP спирається на два загальні джерела інформації: прямі спостереження та ефемеридно-часова інформація, а також всебічно враховує та ретельно

моделює різні помилки, породжені багатьма додатковими факторами, особливо, середовищем розповсюдження супутникових сигналів. Порівняно з відносним позиціонуванням, перевага PPP полягає в тому, що не потрібні сусідні опорні станції, користувач може досягти високої точності позиціонування лише з одним приймачем. Головним недоліком є те, що навіть незначні зміщення фази (phase bias), викликані апаратною затримкою в тракці супутника та в тракці приймача, будуть поглинуті неоднозначністю, через що відповідна неоднозначність не буде цілим числом. І власне, складність PPP полягає в тому, щоб відокремити фазове зміщення від неоднозначності і тим самим однозначно її розв'язати (ambiguity resolution - AR). Звідси і походить сучасний підхід до високоточного абсолютного визначення місця розташування з вирішенням цілочисленної неоднозначності псевдофазових вимірювань - PPP-AR. Цей підхід передбачає використання глобальної мережі перманентних GNSS-станцій для оцінки зміщень коду та фази на додаток до корекції орбіт та поправок годинників. Спеціалізоване програмне забезпечення декодує та застосовує ці оцінки та корекції для забезпечення покращеної продуктивності. За останніх декілька років було розроблено цілий ряд програмних продуктів для реалізації технології PPP-AR. Одним із них є програмний пакет PRIDE PPP-AR [7], що був розроблений у 2019 р. та кілька разів вже модифіковувався.[11]

Остання його версія відноситься до жовтня 2022 р. PRIDE PPP-AR – програмний пакет, що розроблений на базі ОС Linux, дозволяє опрацьовувати спостереження від усіх доступних на сьогодні систем GNSS [6].

Точність GPS-вимірювань в геодезії

Коли ми використовуємо GPS (глобальні супутникові системи) для створення інженерно-геодезичних мереж, головне, що нас цікавить — це точність вимірювання вектора, тобто лінії, що з'єднує два пункти. Ця точність залежить в основному від того, як довго ми спостерігаємо.

Помилку вимірювання довжини вектора можна порахувати за такими формулами [10]:

$$m_{S_i} = (a + bS_i) \sqrt{\frac{t_0}{t_i}}, \quad \text{або} \quad t_i = \left(\frac{a + bS_i}{m_{S_i}} \right)^2 t_0$$

де m_{S_i} – похибка вимірювання вектора;

t_0 – — час спостереження (зазвичай 5-10 хвилин), який дозволяє отримати однозначні результати;

t_i – тривалість вимірювання вектора S_i ($t_i \leq t_0$);

$a+bS$ – регресійне рівняння приймача.

Цей підхід враховує, скільки разів приймач автоматично робить вимірювання. Це допомагає зменшити вплив випадкових помилок та частково усунути систематичні.

Наприклад, якщо ми хочемо отримати помилку $m_S \leq 5$ мм

Задамо $a \approx bS_i$, то при $S_i \approx 10$ км, (для довгих векторів близько 10 км) у гарних умовах нам знадобиться приблизно 4 години спостережень. Для коротших векторів (близько 2 км) теоретично вистачить 20 хвилин, але на практиці ми зазвичай збільшуємо цей час до 40-60 хвилин.

GPS-спостереження зазвичай проводять кількома сесіями. Кількість таких сесій можна визначити за формулою [10]:

$$n = \frac{N-k}{r-k},$$

N — кількість пунктів, які ми визначаємо.

k — кількість пунктів мережі, які перекриваються між сесіями.

r — кількість GPS-приймачів, які ми використовуємо для роботи.

Результати GPS-спостережень обробляються за допомогою спеціальних програм. Спочатку ми отримуємо геодезичні координати (широту та довготу) пунктів у системі WGS-84 (це глобальна супутникова система координат). Потім ці координати перераховуються на еліпсоїд Красовського і перетворюються у прямокутні координати (X, Y) на площині в проекції Гаусса-Крюгера. Дуже важливо при цьому отримати оцінку точності положення кожного пункту, а також помилки довжини та напрямку вектора.

Супутниковий метод та УСК-2000

Супутниковий спосіб — це визначення координат точок мережі за допомогою спостережень за штучними супутниками Землі.

Саме завдяки цьому супутниковому методу в Україні з'явилася нова система координат — УСК-2000. У 2005 році Кабінет Міністрів України офіційно запровадив Державну геодезичну референцну систему координат УСК-2000.

В її основі лежить еліпсоїд Красовського 1940 року з певними параметрами:

Велика піввісь (радіус Землі по екватору) — 6 378 245 метрів.

Стиснення (як сильно сплюснута Земля на полюсах) — $1/298,3$.

За нульовий меридіан (початкову точку для відліку довготи) прийнято Гринвіцький меридіан.

УСК-2000 дуже зручна, тому що вона дозволяє використовувати вже існуючі карти та плани масштабом 1:10 000 і дрібніше без змін. Головне, завдяки впровадженню УСК-2000, точність взаємного положення пунктів Державної геодезичної мережі України становить 2-5 см, незалежно від відстані між ними. Це величезне досягнення для точності!

Висотні геодезичні мережі

Висоти точок ми визначаємо за допомогою різних методів:

Геометричне нівелювання (найточніший спосіб, за допомогою спеціальних приладів, які встановлюються горизонтально).

Тригонометричне нівелювання (вимірювання висот за допомогою кутів нахилу та відстаней).

Супутниковий спосіб (GPS-нівелювання).

Висотна геодезична сітка (мережа) в Україні створюється переважно методом геометричного нівелювання. Початком відліку висот є нуль Кронштадтського футштока (це історичний рівень моря біля міста Кронштадт, від якого відраховують висоти в багатьох країнах Східної Європи). Ця мережа об'єднує нівелірні сітки I, II, III та IV класів.

Ми розрізняємо державну та знімальну нівелірні сітки. Важливо розуміти, що планове (горизонтальне) положення пунктів цієї висотної мережі визначається приблизно, адже її головна мета — точні висоти.

Принцип побудови нівелірних мереж такий: від загального до часткового. Тобто, мережу першого класу ущільнюють другим, другий — третім, а третій — четвертим.

Планово-висотні геодезичні мережі — це ті, що визначають як горизонтальне (планове), так і вертикальне (висотне) положення пунктів з необхідною точністю.

Модернізація Державної геодезичної мережі

Через науково-технічний прогрес та нові завдання, які стоять перед геодезичною галуззю України, Державна геодезична мережа постійно оновлюється та модернізується.

8 червня 1998 року Кабінет Міністрів України затвердив "Основні положення створення державної геодезичної мережі України". А у 1999 році Головне Управління Геодезії, Картографії та Кадастру видало "Інструкцію з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500".

Згідно з цими документами, наша планова геодезична мережа складається з:

Державної мережі:

Астрономо-геодезична мережа 1 класу.

Геодезична мережа 2 класу.

Геодезична мережа 3 класу.

Мережі згущення:

4 класу.

1 і 2 розрядів.

Знімальної мережі.

Необхідна щільність пунктів.

Інструкції [2,3] чітко вказують, якою має бути щільність геодезичних пунктів для різних робіт:

Для топографічних зйомок на незабудованих територіях:

Масштаб 1:5000: один пункт на 20-30 км².

Масштаб 1:2000: один пункт на 5-15 км².

На забудованих територіях: один пункт на 5 км².

Щільність планових геодезичних мереж згущення (додаткових точок):

Поза населеними пунктами:

Для зйомок 1:5000: один пункт на 7-10 км².

Для зйомок 1:2000: один пункт на 2 км².

У містах, селищах та на промислових майданчиках:

На незабудованих територіях: один пункт на 1 км².

У забудованих частинах: чотири пункти на 1 км².

2.2. Методика вимірювання GPS – мережі.

В останні десятиліття, завдяки швидкому розвитку супутникової геодезії, ми активно впроваджуємо новий метод створення геодезичних мереж — з використанням супутникових радіонавігаційних систем GPS. Згідно з "Основними положеннями створення державної геодезичної мережі України" 1998 року, цей метод став широко застосовуватися.

Головна перевага полягає в тому, що при використанні супутникової технології геометрична форма мережі не впливає на точність визначення координат. Кожен пункт визначається незалежно від інших, за результатами спостережень за супутниками.

Якщо ж ми використовуємо супутникові вимірювання для визначення традиційних елементів (довжин ліній і кутів) у старому підході (тріангуляція, трілатерація, полігонометрія), то потрібно дотримуватися вимог до форми мережі. Розрахунки в таких мережах виконуються за звичайними програмами, які застосовуються в традиційних геодезичних методах.

При використанні супутникової технології ми рекомендуємо дві основні схеми побудови мереж:

Замкнутих геометричних фігур (полігонів): це система пунктів, де вектори між ними утворюють замкнуті фігури.

Радіальна схема: це система пунктів, де вектори вимірюються від одного головного (референсного) приймача до інших рухомих (мобільних) приймачів. Ці вектори вважаються "вісячими" або "вільними".

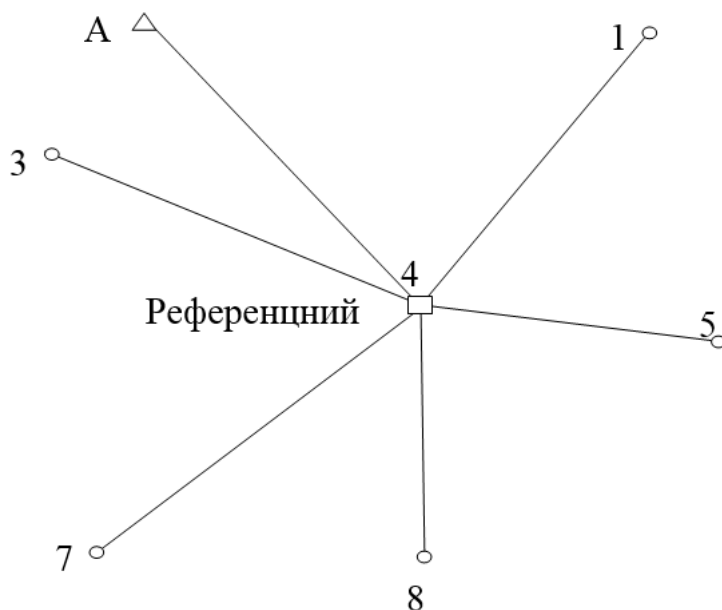


Рис. 2.1. Радіальна схема побудови мереж.

Ось таблиця, яка допоможе вибрати метод побудови мережі:

Таблиця 2.1.

Параметри	Схема побудови мережі	
	замкнутих фігур	радіальний
Клас створюваної мережі	3 і 4-й клас ГГС, міські каркасні, спеціальні мережі, 1-й розряд	1-й, 2-й розряд, знімальні мережі
Відстань між пунктами	до 20 км	до 10 км і при різних по довжині векторах

Статичний метод GPS-вимірювань

Статичний метод вважається "класичним" для супутникових вимірів. Це означає, що ми одночасно встановлюємо два або більше GPS-приймачів на нерухомих пунктах і спостерігаємо за супутниками протягом тривалого часу. За цей час супутники змінюють своє положення відносно приймачів, що дуже важливо для точних розрахунків. Великий обсяг даних дозволяє виявити пропуски сигналів і правильно їх обробити.

Статичний метод застосовується для:

- Високоточних робіт.
- Вимірювання векторів довжиною понад 15-20 км.
- Ситуацій, коли є обмежений час для спостережень або мало супутників.

Тривалість сеансу залежить від довжини вимірюваних ліній, кількості одночасно спостережуваних супутників, типу приймачів та потрібної точності. Важливо, щоб протягом 90% часу спостережень сигнали приймалися щонайменше від 4 супутників.

- Основні вимоги статичного методу:
- Спостереження не менше ніж за 4 супутниками на пункті.
- Інтервал запису даних — 20 секунд.

Перед початком роботи антену GPS встановлюють на штатив, який має бути надійно закріплений, щоб висота антени не змінювалася. Центрування та вирівнювання антени виконується оптичним центриром з точністю ± 2 мм. Якщо є спеціальні позначки, антена орієнтується на північ.

Окрім вже згаданого статичного методу, який дає найвищу точність, використовуються й інші, швидші та продуктивніші методи для створення та оновлення геодезичних мереж, особливо для дрібніших (розрядних та знімальних) мереж. Це швидкостатичний метод та псевдокінематичний метод (Stop & Go).

Швидкостатичний метод (ШСМ) – це золота середина між точністю статичного методу та швидкістю роботи. Він дозволяє нам отримати високу точність, але при цьому значно скорочує час спостережень. Як це досягається? Ми максимально ефективно використовуємо всі якісні вимірювання, які надходять від супутників на двох частотах (це важливо для точності).

Цей метод працює лише з двочастотними GPS-приймачами і потребує спеціальних програм для обробки даних. Оскільки час вимірювань короткий, ШСМ дуже чутливий до можливих пропусків у даних. Також на точність впливає розташування супутників, їхня кількість та інтервал запису даних.

ШСМ ми застосовуємо для вимірювання векторів (відстаней) до 10-15 кілометрів, особливо в мережах, де багато точок. Час сеансу спостережень залежить від довжини вимірюваних ліній.

Основні вимоги до ШСМ:

Під час спостереження на пункті має бути видимим не менше 5 супутників.

Коли ми переходимо з пункту на пункт, немає потреби постійно "тримати" сигнал від супутників (на відміну від деяких інших методів).

Інтервал запису даних (як часто приймач фіксує інформацію) — 5-10 секунд.

Порядок роботи та вимоги до підготовки станції (наприклад, центрування та вирівнювання антени) такі ж, як і для статичного методу.

2. Псевдокінематичний метод (ПКМ)

Псевдокінематичний метод (ПКМ), який також іноді називають Stop & Go кінематика, є ще більш продуктивним і значно скорочує час вимірювань на кожній точці. Його основна відмінність полягає в тому, що він в основному використовується з одностотними приймачами, хоча може працювати і з двочастотними.

ПКМ скорочує час вимірювань порівняно зі статичним методом завдяки тому, що ми робимо два коротких періоди спостережень (по 5-10 хвилин),

розділених значним проміжком часу – близько години або більше. Це робиться для того, щоб за цей час змінилося взаємне розташування супутників.

Тобто, мобільні приймачі можуть відвідати кілька точок мережі, роблячи на кожній по 5-10 хвилин вимірювань, а потім, приблизно через годину, повторити обхід тих самих точок. Під час обробки даних, вимірювання з першого та повторного відвідування об'єднуються, що дозволяє отримати точний результат.

Недоліком ПКМ є необхідність подвійного відвідування кожного пункту, що збільшує час, який ми витрачаємо на переміщення та повторне встановлення обладнання.

ПКМ ми застосовуємо:

У мережах, де відстані між пунктами короткі.

У випадках, коли нам не вдалося отримати точне рішення іншими методами.

Основні вимоги до ПКМ:

Під час обох відвідувань пункту має бути видимим не менше 4 супутників.

Інтервал запису даних — 5-10 секунд.

Перерва між відвідуваннями має бути не менше години (точніше – дивіться інструкцію до конкретного приймача).

Висота антени на пункті під час обох відвідувань має бути однаковою (це дуже важливо для точності!).

2.3. Проект мережі згущення ходами полігонометрії

Полігонометрія — це один з традиційних і дуже поширених способів створення планових геодезичних мереж (тобто тих, що визначають горизонтальне положення точок) усіх класів і розрядів. Це як створення ланцюжка точок, де ми вимірюємо і відстані, і кути між ними.

Весь процес роботи з полігонометрією включає такі етапи:

Проектування: Спочатку ми ретельно плануємо, де будуть розташовані наші полігонометричні ходи (ланцюжки точок).

Розвідка: Виїжджаємо на місцевість, щоб обрати найкращі місця для пунктів.

Встановлення центрів: Закладаємо спеціальні знаки в землю, які позначають точне місце розташування пункту.

Вимірювання кутів: Вимірюємо горизонтальні кути між напрямками на сусідні пункти.

Вимірювання сторін: Вимірюємо відстані між пунктами.

Прив'язка: Зв'язуємо нашу нову полігонометричну мережу з вже існуючими, більш точними пунктами вищих класів (наприклад, ДГМ 1, 2 чи 3 класу).

Попередня обробка: Перевіряємо та коригуємо отримані в полі дані.

Зрівняльні обчислення: Виконуємо складні математичні розрахунки, щоб рівномірно розподілити всі виявлені неточності і отримати максимально точні координати всіх пунктів.

Навіщо потрібна полігонометрія згущення?

Ми створюємо полігонометричні мережі 4 класу, 1 та 2 розрядів, щоб зробити нашу державну планову геодезичну мережу (1, 2 і 3 класів) більш густою. Це потрібно там, де пунктів основної мережі недостатньо для виконання детальних топографічних зйомок (створення карт і планів). Ми "згущуємо" мережу доти, доки не отримаємо необхідну щільність пунктів для якісної зйомки.

Як ми плануємо полігонометричні мережі?

Для територій за межами населених пунктів ми проектуємо мережі на топографічних картах масштабу 1:25000–1:10000.

Для територій у населених пунктах або на будівельних майданчиках — на більш детальних планах масштабу 1:5000 та 1:2000.

Ми проектуємо полігонометричні мережі у вигляді окремих ходів (ланцюжків точок) або систем ходів з однією чи кількома спільними

(вузловими) точками. При цьому ми суворо дотримуємося всіх технічних вимог, зазначених в "Інструкції"[2].

Характеристика полігонометрії згущення

Таблиця 2.2.

ПАРАМЕТРИ	4 клас	1 розряд	2 розряд
Довжина ходу, км			
а) окремого	14	7	4
б) між вихідною і вузловою точкою	9	5	3
в) між вузловими точками	7	4	2
Периметр полігону, км	40	20	12
Довжина сторін ходу, км:			
максимальна	3,0	0,8	0,50
оптимальна	0,5	0,30	0,20
мінімальна	0,25	0,12	0,08
Відносна похибка вимірювання ліній 1/Т	1/25000	1/10000	1/5000
Максимальна кількість сторін у ході, n	15	15	15
Середня квадратична похибка вимірювання кутів, m_{β} (сек.)	3	5	10
Кутова нев'язка, f_{β} (сек.)	$5\sqrt{n}$	$10\sqrt{n}$	$20\sqrt{n}$
Середня квадратична помилка вимірювання довжини сторони, см:			
до 500 м	1	1	1
від 500 до 1000 м	2	2	-
понад 1000 м	1:40000	-	-

Примітки:1. При вимірюванні сторін полігонометрії слід уникати переходу від дуже коротких сторін до найдовших.

2. Як виняток, у ходах полігонометрії 1 розряду довжиною до 1 км і в ходах полігонометрії 2 розряду довжиною до 0.5 км допускається абсолютна лінійна невязка 10 см.

3. Кількість кутових і лінійних невязок, близьких до граничних, не повинна перевищувати 10 %.

Якщо ми прокладаємо паралельні полігонометричні ходи (одного класу чи розряду) і вони розташовані близько до граничних значень довжини, відстань між їхніми пунктами не повинна бути меншою ніж 2.5 км для 4 класу і 1.5 км для 1 розряду. Якщо відстань менша, ми прокладаємо додатковий хід, і тоді ці два ходи об'єднуються в одну систему, яка обчислюється разом, що підвищує точність.

Аналогічно, якщо паралельно йдуть ходи різної точності (наприклад, 1 розряду і 4 класу), і відстань між їхніми пунктами менше 1.5 км, ми прокладаємо між ними додатковий хід 1 розряду.

Щільність геодезичної основи в містах та інших населених пунктах, а також на промислових майданчиках, повинна бути такою:

Не менше чотирьох пунктів на 1 кв.км у забудованій частині.

Один пункт на 1 кв.км на незабудованих територіях.

Мережі полігонометрії 4 класу, 1 і 2 розрядів створюються як окремі ходи, так і системи ходів. Важливо: ми не допускаємо "висячих" ходів, тобто ланцюжків, які не опираються на два вже відомі пункти. Кожен окремий хід полігонометрії повинен обов'язково опиратися на два вихідних пункти, де ми вимірюємо прилеглі кути.

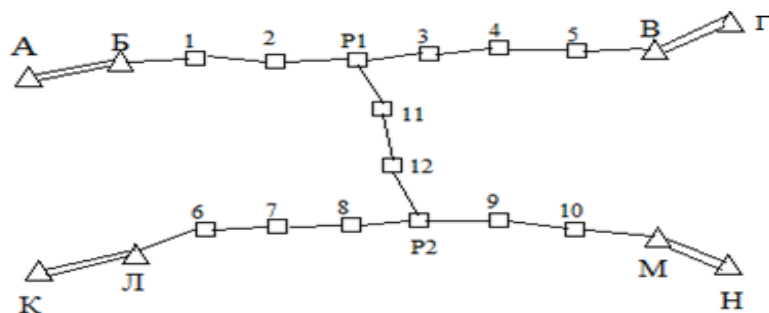


Рис. 2.2. Паралельно прокладені ходи

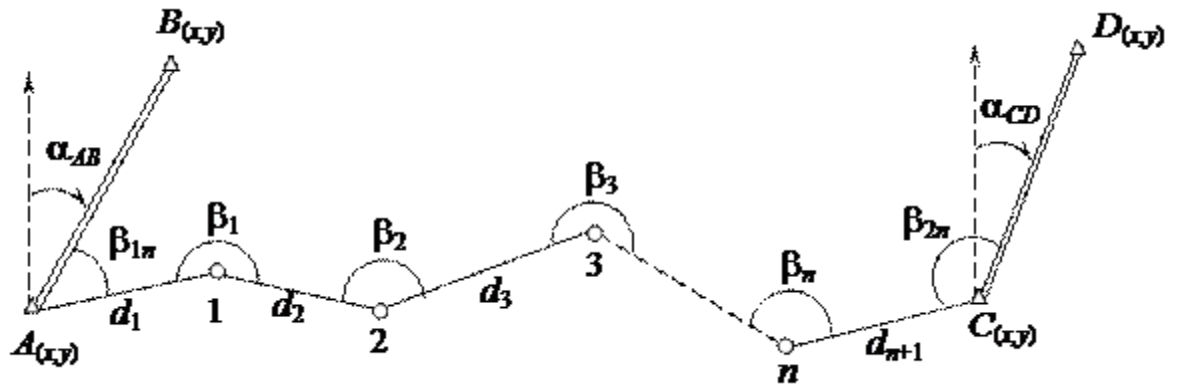


Рис. 2.3. Окремий хід полігонометрії

Прокладання висячих ходів не допускається.

Де розміщувати пункти полігонометрії?

Ми завжди вибираємо місця, які є найбільш сприятливими для вимірювань і де пункти будуть доступні, добре помітні та довго зберігатимуться.

Ми не вибираємо місця на:

Зсувних ділянках (де ґрунт може зміщуватися).

Ріллі (оскільки її часто обробляють).

Штучних насипах (можуть бути нестійкими).

Проїжджих частинах доріг.

Територіях, які плануються під забудову.

Пункт має бути закладений так, щоб візирний промінь (лінія, по якій ми вимірюємо) проходив не ближче ніж за 0.5 метра від будь-якої перешкоди. Для безпеки ми також уникаємо розміщення пунктів дуже близько до залізничних колій, високовольтних ліній електропередач тощо.

На забудованих територіях ми, щоб зберегти пункти, часто закладаємо їх у фундаментах або стінах капітальних бетонних чи цегляних споруд.

Розрахунок точності полігонометричних ходів

При проектуванні ми обов'язково розраховуємо очікувану середню квадратичну похибку положення кінцевої точки (M) ходу. Вона показує,

наскільки точно ми можемо визначити положення точки. На цю похибку впливають як лінійні, так і кутові виміри.

Величина впливу помилок залежить від конфігурації ходу (його форми), загальної довжини ходу, довжин окремих сторін та точності наших вимірів.

За конфігурацією окремі ходи поділяються на:

Видовжені: схожі на пряму лінію.

Зігнуті: мають значні вигини.

Замкнені: утворюють замкнуту фігуру.

При оцінці проектів окремих ходів полігонометрії обчислюють очікувану середню квадратичну помилку положення кінцевої точки M . На її величину здійснюють помилки лінійних та кутових вимірів.

Величина впливу помилок лінійних та кутових вимірів на величину M залежить від конфігурації ходу, довжини ходу, довжин сторін, точності кутових і лінійних вимірів.

За конфігурацією окремі ходи поділяються на видовжені, зігнуті і замкнені.

Щоб визначити, до якого типу належить хід, ми використовуємо поняття замикаючої ходу — це пряма лінія, що з'єднує початкову та кінцеву точки ходу.

Хід вважається видовженим, якщо одночасно виконуються три умови:

1. Довжина перпендикуляра від замикаючої лінії (L) до найбільш віддаленої точки ходу не перевищує $L/8$, $a = L/8$
2. Відношення суми довжин сторін ходу до довжини замикаючої лінії не більше 1.3, $\frac{[S]}{L} \leq 1.3$.
3. Різниця напрямків між замикаючою та найбільш відхиленою стороною ходу не перевищує 24° .

Прямий розрахунок допомагає нам перевірити, чи відповідає запланований хід закладеній у ньому точності. В результаті ми визначаємо граничну похибку положення точки в "слабкому місці" ходу (зазвичай, це

середина) після вирівнювання. Формули для розрахунку відрізняються для видовжених та зігнутих ходів [12].

$$\Delta^2 = M^2 = [m_s^2] + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \frac{n+3}{12} \quad (2.1)$$

а для зігнутого ходу з попереднім вирівнюванням кутів:

$$\Delta^2 = M^2 = [m_s^2] + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [D_{o,i}^2] \quad (2.2)$$

де L - довжина замикальної;

n – кількість сторін ходу;

$D_{o,i}$ - відстань від центру ваги ходу до кожного його пункту, включаючи поч. і кін. (визначають графічно із схеми ходу дотримуючись точності масштабу ;

$[D_{o,i}^2]$ заокруглити до 10м.

Вважаючи сторони приблизно однакової довжини:

$$[m_s^2] = nm_{S_{сep}}^2 \quad (2.3)$$

$m_{S_{сep}}$ (мм) - середня квадратична похибка (с.к.п.) вимірювання ліній

де $S_{сep}$ - середня довжина сторони запроєктованого ходу в кілометрах.

Середня квадратична похибка вимірювання кутів вибирається з табл. 2.2.

Після обчислення граничної похибки. положення точки в слабкому місці (середині ходу), визначаємо абсолютну граничну похибку на весь хід:

$$f_s = 2\Delta. \quad (2.4)$$

Граничну відносну похибку знаходять за формулою:

$$\frac{f_s}{[S]} = \frac{1}{T} \quad (2.5)$$

Обернений розрахунок — це окремий процес. Він допомагає нам, виходячи з потрібної точності, визначити, якою має бути середня квадратична

похибка вимірювання кутів (m_β) та ліній (m_s) у запроєктованому ході. На основі цих значень ми вже підбираємо відповідні прилади (теодоліти для кутів, світловідалеміри для відстаней).

Також ми розраховуємо, якою має бути точність центрування теодоліта і візирної марки, щоб забезпечити загальну точність вимірів..

Розрахунок ведуть від граничної похибки ходу $1/T$ відповідної категорії ходу в такій послідовності:

— визначають граничну похибку положення точки в середині ходу через граничну відносну похибку $1/T$:

$$\Delta = M = \frac{[S]}{2T}, \quad (2.6)$$

— на основі принципу рівного впливу записують для ходу відповідної форми:

а) для витягнутого

$$[m_s^2] = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \frac{n+3}{12} = \frac{M^2}{2} \quad (2.7)$$

б) для зігнутого

$$[m_s^2] = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} [D_{o,i}^2] = \frac{M^2}{2} \quad (2.8)$$

— із відповідних співвідношень знаходять с.к.п. вимірювання кутів m_β і ліній m_s . На їх основі підбирають тип теодоліту і світловідалеміра, які б забезпечили таку точність.

Виходячи з того, що кількість джерел похибок при кутових вимірах $n=5$ та використовуючи принцип рівного впливу знайти величину похибки одного джерела для центрування m_u і редукції m_p і обчислити точність центрування теодоліта e і візирної марки e' . Формули для розрахунку:

$$m_u = m_p = \frac{m_\beta}{\sqrt{5}} \quad (2.9)$$

$$m_u = \rho \frac{e}{S} \sqrt{2} \quad (2.10)$$

$$m_p = \rho \frac{e'}{S} \quad (2.11)$$

$$e = \frac{m_u \cdot S}{\rho \sqrt{2}} \quad (2.12)$$

$$e' = \frac{m_p}{\rho} S \quad (2.13)$$

де S – мінімальна сторона у ході.

За результатами обчислень вибирають прилади для виконання вимірювання.

Характеристики запроєктованої мережі полігонометрії згущення.

Для міста Вишневе я спроектував систему ходів полігонометрії 1 розряду. Вона зв'язує вже існуючі пункти планової основи 4 класу (1667, 1668) та пункт 2 класу "Київ-Волинський", маючи одну вузлову точку.

Схема та характеристики ходу наведені у додатках.

2.4. Методика вимірювання ходів полігонометрії

Полігонометрія – це один із ключових методів у геодезії, який дозволяє точно визначати координати точок на місцевості. Суть цього методу полягає у послідовному вимірюванні:

- Довжин прямих ліній, які з'єднують між собою низку точок (такі лінії називаються ходами або сторонами полігону).

- Горизонтальних кутів між цими послідовно пов'язаними лініями.

У результаті цих ретельних польових вимірювань, а потім і точних математичних обчислень, геодезисти отримують точні координати (X, Y) всіх пунктів полігонометричного ходу. Це робить полігонометрію незамінною для створення геодезичної основи, детальної зйомки території та контролю положення об'єктів.

Як ми вимірюємо кути?

Кути на пунктах полігонометрії вимірюються оптичними приладами з точністю не нижче 5 кутових секунд. Ми використовуємо один з двох способів:

Вимірювання окремого кута: обертаємо алідаду тільки за годинниковою стрілкою або тільки проти.

Спосіб кругових прийомів: цей метод використовується, коли на пункті потрібно виміряти більше двох напрямків. У першому "півприйомі" алідада обертається за годинниковою стрілкою, а в другому – проти.

Центрування приладу (встановлення його точно над пунктом) та візирних марок виконується з дуже високою точністю – до 1 мм. Ми часто використовуємо триштативну систему, яка дозволяє швидко переставляти прилад та марку.

Перевірка приладів: Перед початком робіт, але не рідше одного разу на рік, всі наші прилади проходять ретельну перевірку та дослідження за спеціальною програмою.

Кількість прийомів (скільки разів ми повторюємо вимірювання) залежить від розряду полігонометрії та точності приладу (таблиця 2.3)

Таблиця 2.3

Прилади з точністю вимірювання кутів	Кількість прийомів		
	4 клас	1 розряд	2 розряд
1"	4	-	-
2"	6	2	2
5"	-	3	2

При переході від одного прийому до іншого лімб переставляють на кут, $\frac{180}{n} + cг$ де: n - кількість прийомів, а cг=10' або 5'.

Результати вимірювань кутів повинні відповідати встановленим допускам. Якщо в окремих прийомах є результати, які не відповідають допускам, ми повторюємо вимірювання з тими ж налаштуваннями приладу. Ці повторні вимірювання виконуються після завершення основної програми.

Якщо середнє значення кута, отримане з основного та повторного вимірювань, відповідає допускам, ми його приймаємо. В іншому випадку основний прийом відкидається, і в обробку береться тільки повторний. Повторні вимірювання виконують після закінчення спостережень за основною програмою.

Таблиця 2.4

Елементи вимірювання	Допуски вимірюванні кутів приладами 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'

Примітка. Якщо різниця зенітних відстаней на два напрямки, що вимірюються, більше 20 град., то розходження між значеннями одного і того самого кута, одержані з двох напівприймів, можуть бути збільшені в 1,5 рази.

Коли ми працюємо з полігонометричними мережами, важливо дотримуватися певних правил, щоб наші вимірювання були максимально точними.

1. Перевірка кутів на початку ходу

Ми вимірюємо кут на початковій точці ходу.

Потім ми порівнюємо цей вимірний кут з тим, який ми отримали під час розрахунків.

Розбіжності (різниця) не повинні бути більшими за:

6 кутових секунд для 4 класу.

10 кутових секунд для 1 розряду.

20 кутових секунд для 2 розряду.

Якщо розбіжність виявиться більшою, це означає, що є помилка. Тоді ми визначаємо третій допоміжний напрямок, щоб знайти і виправити цю помилку.

2. Робота зі столиків геодезичних знаків

Коли ми спостерігаємо з так званих "столиків" геодезичних знаків (це може бути верхня частина знака), нам потрібно двічі визначити елементи приведення (спеціальні поправки, що враховують зміщення приладу відносно центру пункту): один раз до початку спостережень і один раз після. Це робиться графічно, щоб уникнути помилок.

Важливо: Не можна виконувати спостереження з сусідніх пунктів полігонометрії на візирні цілі, що встановлені прямо на геодезичних знаках. Щоб зберегти точність роботи (використовуючи "триштативну систему"), ми повинні спостерігати на спеціальну марку, яка встановлена точно на місці теодоліта, яким виконували первинну прив'язку.

3. Вимірювання кутів і ліній

Радимо проводити вимірювання кутів і ліній одночасно. Це економить час і підвищує ефективність.

Ми максимально використовуємо сучасні реєстратори та накопичувачі інформації (наприклад, електронні тахеометри), щоб автоматично записувати дані.

Якими приладами вимірюємо лінії?

Для вимірювання відстаней у полігонометрії 4 класу, 1 і 2 розрядів ми використовуємо:

Світловіддалеміри (прилади, що вимірюють відстань за допомогою світлового променя).

Електронні тахеометри (універсальні прилади, які вимірюють і кути, і відстані).

Інші прилади, які забезпечують необхідну точність.

Правила встановлення приладів:

Прилади та обладнання (наприклад, відбивачі), що фіксують кінці лінії під час вимірювання, ми встановлюємо точно над центрами пунктів з точністю до 1 мм.

Кількість прийомів для вимірювання ліній:

Для полігонометрії 4 класу: три прийоми.

Для 1 і 2 розрядів: два прийоми. Під "прийомом" у цьому випадку розуміється одне наведення на відбивач і три зчитування даних з екрана приладу.

Допустимі коливання у вимірах:

Результати вимірювань, отримані в різних прийомах, не повинні відрізнятися більш ніж у три рази від середньої квадратичної помилки вимірювання відстані, яка вказана в паспорті приладу.

4. Врахування погодних умов

Коли ми вимірюємо лінії світловіддалемірами або електронними тахеометрами, потрібно враховувати вплив атмосфери. Тому:

Один раз за час вимірювань на одному кінці лінії ми визначаємо температуру повітря (з точністю до 1 °С) та тиск (з точністю до 5 мм рт. ст.).

Якщо лінія довша за 2 км або є велика різниця у висотах між точками, де стоять прилади, то метеодані (температуру і тиск) потрібно визначати на обох кінцях лінії.

5. Перевірка точності приладів

Перед початком основних робіт ми обов'язково визначаємо середню квадратичну помилку вимірювання відстані одним прийомом. Це робиться шляхом вимірювання ділянок на зразковому базисі 2 розряду. Ці базиси мають точно виміряні інтервали (100, 300, 500, 1000, 2000, 3000 м).

Зразкові базиси 2 розряду (з точністю 1-1.5 мм на 10 метрів довжини) розташовані в багатьох містах України, таких як Київ, Харків, Львів, Херсон, Суми, Вінниця, Житомир, Лубни.

6. Закріплення пунктів полігонометрії

Пункт полігонометрії може бути закріплений:

Одним стінним знаком (якщо пункт розташований на будівлі).

Або групою з двох-трьох знаків.

Якщо ми використовуємо стінні знаки, то їхні координати передаються з тимчасових центрів, де проводилися всі основні вимірювання. Ми обов'язково контролюємо точність передачі координат на стінні знаки. Це робиться шляхом порівняння відстаней між стінними знаками (які отримуємо з розрахунків) з фактично виміряними відстанями.

Якщо тимчасові центри втрачаються, ми їх визначаємо заново під час прив'язки або прокладання полігонометричних ходів. А при прив'язці знімальних ходів це можна зробити за допомогою засічок від стінних знаків, використовуючи проміри, які записані в робочих абрисах (схемах).

Вимірювання на стінні знаки:

У полігонометрії 4 класу: напрямки на стінні знаки вимірюються трьома круговими прийомами після завершення спостережень на основні пункти ходу.

У полігонометрії 1 і 2 розрядів: вимірювання на стінні знаки проводяться за тією ж програмою, що й вимірювання основних кутів.

Коливання в окремих прийомах напрямків, зведених до спільного нуля, не повинні перевищувати встановлених норм, зазначених у відповідних таблицях табл.2.5.

Таблиця 2.5

Показники	Віддалі до стінного знака, м							
	2	4	6	8	10	15	20	30
Коливання напрямків в окремих прийомах, кутові секунди	200	150	80	60	40	30	20	10

Точне перенесення даних: від тимчасових точок до постійних знаків

Після проведення основних вимірювань у полігонометричному ході, часто виникає потреба перенести отримані координати з тимчасових робочих точок на постійні знаки, що закріплені на стінах будівель або входять до орієнтирних систем. Це дозволяє зберегти отримані дані та забезпечити їхнє подальше використання.

Загальні вимоги до точності:

Якщо відстані перевищують 30 метрів, розбіжності між окремими вимірюваннями (прийомами) не повинні виходити за межі встановлених норм (зазвичай, вони вказуються у спеціальних таблицях, наприклад, таблиці 2.1).

Для перенесення координат на стінні знаки вимірювання потрібно виконати з високою точністю. Загальна середня квадратична похибка таких вимірювань не повинна перевищувати ± 2 мм для будь-якого розряду полігонометрії.

Способи передачі координат:

Для перенесення координат на стінні знаки геодезисти використовують кілька перевірених методів:

Спосіб редукування:

Використовується, коли на постійному пункті закріплений лише один стінний знак. Ми "перераховуємо" координати тимчасової точки до центру цього єдиного знака.

Полярний спосіб:

Цей метод зручний, коли координати потрібно передати з тимчасової точки на один, подвійний або навіть потрійний стінний знак. Ми вимірюємо відстань та кут від тимчасової точки до стінного знака.

Спосіб кутових засічок:

Особливо корисний, коли пряме вимірювання відстані від тимчасової точки до стінного знака ускладнене, наприклад, через інтенсивний рух транспорту чи пішоходів. У цьому випадку ми визначаємо положення стінного знака, вимірюючи кути з декількох відомих точок.

Спосіб лінійної засічки:

Застосовується, якщо стінні знаки розташовані близько до тимчасових точок і немає жодних перешкод для прямого вимірювання відстаней. Положення знака визначається за перетином виміряних відстаней.

Вимірювання відстаней та поправки:

Відстані до стінних знаків вимірюються за допомогою сучасних світловіддалемірів або електронних тахеометрів. У деяких випадках (для коротких відстаней) можуть використовуватись сталеві рулетки.

Важливо! У всі виміряні відстані обов'язково вносяться поправки:

- За нахил лінії: Оскільки вимірювання часто проводяться по похилій лінії, а нам потрібна горизонтальна відстань.

- За компарування рулетки: Якщо використовується рулетка, вводиться поправка, яка враховує її фактичну довжину при певній температурі (компарацію рулетки проводять на площині за допомогою контрольної лінійки).

Температура повітря: Для точності вимірювань температуру повітря вимірюють з точністю до ± 2 градусів Цельсія.

Визначення перевищень: Різниці висот між кінцями рулетки (якщо вимірювання виконуються по похилій) визначають з точністю до ± 5 мм за допомогою геометричного або тригонометричного нівелювання.

Матеріали, які передаються після польових робіт:

Після завершення всіх польових робіт з полігонометрії, для подальшої обробки та зберігання передаються наступні матеріали:

- Картки обстеження та відновлення пунктів: Детальна інформація про стан та відновлення кожного пункту полігонометричної (або триангуляційної) мережі.

- Схеми обстеження та відновлення геодезичних пунктів: Візуальні схеми розташування та стану пунктів.

- Схеми ходів полігонометрії: Графічне зображення всіх вимірних ходів та кутів.

- Журнали вимірювань: Оригінали записів вимірних ліній та кутів (або їх електронні копії з реєстраторів чи накопичувачів інформації).

- Матеріали дослідження приладів: Інформація про перевірки та калібрування використаних геодезичних приладів.

- Матеріали польової обробки та контрольних обчислень: Результати попередніх розрахунків, виконаних безпосередньо в полі для контролю.

- Абриси місцеположення пунктів полігонометрії та типи їхніх центрів: Детальні замальовки та описи, що допомагають знайти пункт на місцевості та ідентифікувати тип його центру (наприклад, металевий репер, стінний знак).

- Акти здачі пунктів полігонометрії: Документи, що підтверджують передачу геодезичних пунктів під нагляд для забезпечення їхнього збереження.

- Пояснювальна записка: Загальний опис виконаних робіт, використаних методів, висновки та рекомендації.

РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ ВИСОТНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ ОСНОВИ МІСТА

3.1. Проект висотної геодезичної основи

Нівелірні мережі в містах, населених пунктах і на промислових майданчиках мають задовольняти всі вимоги міського господарства й будівництва. Перевищення між найвіддаленішими один від одного реперами нівелірної мережі міста повинно бути відомо з похибкою не більш як 30 мм. У містах площею 10...15 км² створюється нівелірна мережа III класу, а в населених пунктах, площею меншою за 10 км² - лише нівелірна мережа IV класу.

Довжини ліній III - IV класів нівелювання мають не перевищувати норм, наведених у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Довжини нівелірних ходів, км

№ п/п	Показник	Клас нівелювання	
		III	IV
1	2	3	4
1	Довжина ліній ходів між реперами вищого класу на території:		
	забудованій	15	2
	незабудованій	20	4
2	Довжина ліній ходів між вузловими точками на території:		
	забудованій	10	1
	незабудованій	15	2
3	Периметри полігонів на території		
	забудованій	25	40
	незабудованій	8	12

Примітка: Периметри полігонів залежать від призначення нівелірних робіт.

Географічні особливості України вимагають використання різних типів геодезичних знаків — реперів. Вони бувають віковими, фундаментальними, ґрунтовими та стінними, і слугують основою для висотної мережі країни.

Для створення таких мереж переважно застосовують метод геометричного нівелювання. Водночас, сучасні електронні тахеометри дозволяють використовувати також тригонометричне нівелювання.

Розміщення реперів на лініях III і IV класів залежить від типу забудови:

У щільній забудові: через кожні 300 м.

У рідкій забудові: до 800 м.

На незабудованій території: від 500 до 2000 м.

Для виконання нівелювання III класу використовують високоточні нівеліри (наприклад, Н-3, Ні-007), причому перевага надається сучасним електронним моделям. Вихідними даними для поточного проекту слугують два стінні репери II класу.

Таблиця 3.2

Основні вимоги до нівелювання III і IV класів

№ п/п	Показник	Клас нівелювання	
		III	IV
1	Нормальна довжина візирного променя, м	75	100
2	Допустима довжина візирного променя, м	100	150
3	Збільшення труби, крат, не менше	35	30
4	Нерівність відстаней на станції, м	2	5
5	Накопичення нерівностей "плеч" по секції, м	5	10
6	Висота візирного променя над перешкодою, м	0,3	0,2
7	Розбіжність у перевищеннях, обчислених по чорному і червоному боках рейки, не повинна перевищувати, мм	3	5
8	Граничні похибки в ходах, мм, де L - довжина ходу, км	10 мм \sqrt{L}	20 мм \sqrt{L}

Визначення необхідної кількості пунктів для нівелірної мережі

Перш ніж почати планувати нівелірну мережу (яка потрібна для точного визначення висот), ми повинні спочатку порахувати, скільки пунктів нам знадобиться. Це дуже схоже на те, як ми визначаємо кількість пунктів для знімальної мережі.

Подумаймо про це так: з кожної точки, де стоїть наш вимірювальний прилад (нівелір), ми можемо "бачити" певну площу.

На незабудованій території: Середня відстань, на яку ми можемо бачити від приладу до пікетних точок (тих, де ми робимо заміри), становить 200 метрів.

Отже, площа, яку ми можемо "зняти" з одного пункту, буде:

$$S = \pi * r^2 = 3.14 * 0.20^2 = 0.126 \text{ (км}^2\text{)}$$

Якщо загальна площа, яку нам потрібно "покрити", становить 18.4 км², то необхідна кількість пунктів нівелірної мережі буде приблизно:

$$18.4 : 0.126 = 146 \text{ точок.}$$

На забудованій території: Тут будівлі обмежують видимість, тому середня довжина визирного променя нівеліра становить лише 100 метрів.

Тому необхідна кількість пунктів нівелірної мережі для забудованої території буде становити

$$3.14 * 0.10^2 = 0.031 \text{ (км}^2\text{)},$$

$$18.4 : 0.031 = 594 \text{ точки}$$

Розрахунок точності нівелірної мережі

Чому ми розраховуємо точність? Це дуже важливо для того, щоб правильно вибрати нівелірний прилад (той, яким ми вимірюємо висоти) та бути впевненими, що всі наші роботи будуть виконані з дозволеною точністю.

Точність у нівелюванні визначається за так званою нев'язкою. Це розбіжність, яка не повинна перевищувати певного значення між початковою та кінцевою точками нашого вимірювального ходу.

Допустимі нев'язки в нівелірних ходах і полігонах:

- для II класу $f_h \leq 5 \text{ мм} \sqrt{L \text{ км}}$;
- для III класу $f_h \leq 10 \text{ мм} \sqrt{L \text{ км}}$;
- для IV класу $f_h \leq 20 \text{ мм} \sqrt{L \text{ км}}$,

де L — це довжина ходу або периметр полігону в кілометрах.

Оцінка точності отриманих результатів залежить від кількох факторів:

1. Середня квадратична похибка (СКП) неточності встановлення бульбашки рівня (наскільки рівно ми встановили прилад).
2. СКП відліків по рейці (наскільки точно ми зчитали показники з вимірювальної рейки).
3. СКП перевищень, яка виникає через те, що ми не ідеально дотримуємося головної умови нівелювання.
4. СКП перевищень, які виникають через неточне встановлення сітки ниток у приладі.
5. СКП, пов'язана з точністю фокусування труби нівеліра.

Проект нівелірної мережі міста Вишневе (деталі її розташування та характеристики) подано в додатку 4.

3.2. Методика вимірювання висотної геодезичної основи

Як ми вимірюємо висоти за допомогою нівелювання

Ми виконуємо нівелювання (вимірювання висот) зазвичай методом "із середини". Це означає, що нівелір встановлюється між двома точками, висоту яких ми хочемо виміряти. На перехідних точках (де змінюється положення приладу) ми використовуємо спеціальні нівелірні башмаки — це металеві підставки, які забезпечують стабільність рейки та запобігають її просіданню в ґрунт.

Підготовчі роботи перед нівелюванням

Перед тим як почати польові роботи, ми обов'язково проводимо зовнішній огляд нівеліра, а також його перевірки та дослідження. Це як техогляд для автомобіля, тільки для нашого приладу.

Зовнішній огляд:

Ми перевіряємо:

- Чи легко та плавно крутяться гвинти, що піднімають та опускають прилад.
- Чи плавно обертається нівелір навколо своєї осі.
- Якість оптики (щоб зображення було чітким).
- Чи справний штатив, на якому стоїть нівелір.

Перевірки нівеліра:- це дуже важливі етапи, що забезпечують точність вимірювань:

1. Бульбашка круглого рівня повинна бути паралельна вертикальній осі.

Це означає, що коли прилад встановлений горизонтально за круглим рівнем, його основна вісь має бути ідеально прямовисною.

Як перевіряємо: Встановлюємо бульбашку рівня точно в центр за допомогою гвинтів. Потім повертаємо прилад на 180 градусів. Якщо бульбашка залишається в центрі, умова виконана.

2. Горизонтальна нитка сітки в окулярі має бути перпендикулярна до вертикальної осі. Це гарантує, що ми робимо відліки точно по горизонталі.

Як перевіряємо: Приводимо прилад у робоче (прямовисне) положення, наводимо зорову трубу на рейку так, щоб зображення рейки було збоку. Робимо відлік. Потім, повертаючи трубу, переміщуємо зображення рейки на інший край поля зору і знову робимо відлік. Якщо обидва відліки однакові, умова виконана.

3. Візирна вісь зорової труби (лінія, по якій ми дивимося) має бути паралельна осі циліндричного рівня. Це найважливіша перевірка, яка забезпечує горизонтальність променя.

Як перевіряємо: Цю перевірку виконують двома основними способами: "із середини" та "вперед".

Дослідження нівелірних рейок:

Рейки, на які ми дивимось через нівелір, також повинні бути перевірені:

1. Чи перпендикулярна площина "п'ятки" рейки до її осі. "П'ятка" — це нижня частина рейки, яка стоїть на землі. Вона має бути ідеально рівною.

2. Визначення "п'ятки" рейки (різниці висот "нулів" рейки). Це перевірка того, чи відповідає нульова позначка рейки її фактичній нижній точці.

3. Визначення довжини метрових та дециметрових поділок рейки. Поділки на рейці мають бути точно виміряні.

Геометричне нівелювання: Суть методу

Геометричне нівелювання — це найпоширеніший спосіб визначення висот. Його виконують за допомогою нівеліра, який дозволяє нам бачити строго горизонтальну лінію.

Ми встановлюємо нівелір строго горизонтально між двома точками, наприклад, А і В. На цих точках ставимо рейки з поділками. Дивлячись через нівелір, ми робимо відлік "назад" (по рейці на точці А) і відлік "вперед" (по рейці на точці В).

Перевищення h (різниця висот між точками А і В) ми знаходимо як різницю між цими відліками: $h = \text{відлік назад} - \text{відлік вперед}$

Якщо ми знаємо висоту (позначку) точки А (H_A) і визначили перевищення h , то висоту точки В (H_B) знаходимо як:

$$H_B = H_A + h$$

Щоб не заплутатися зі знаком перевищення:

- точку, висота якої нам вже відома, називають "задньою".
- точку, висоту якої ми визначаємо, називають "передньою".

Таким чином, перевищення завжди дорівнює відліку по рейці "назад" мінус відлік по рейці "вперед".

Що таке "станція"? Це місце, де встановлено нівелір. З однієї станції ми можемо робити відліки по рейках, встановлених у багатьох точках. Важливо, що перевищення між точками не залежить від того, на якій висоті над землею стоїть нівелір. Якщо ми поставимо його вище, обидва відліки збільшаться на

однакову величину, але їх різниця (перевищення) залишиться такою ж (рис. 3.3, а показано пунктиром).

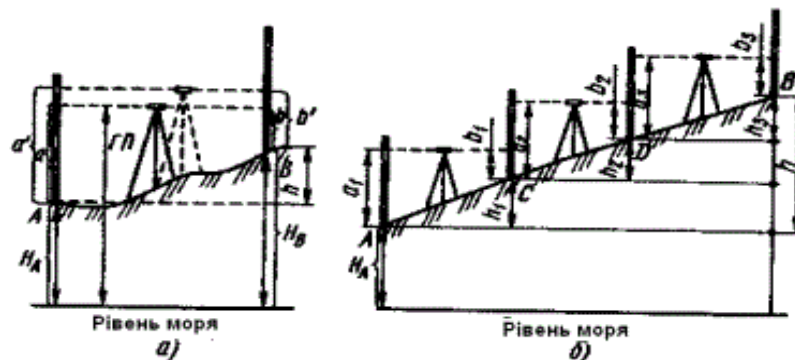


Рис 3.3. Схеми нівелювання: а - простого, б - складного

Спосіб обчислення через "горизонт приладу" (ГП):

Цей спосіб дуже зручний, коли з однієї станції потрібно виміряти висоти кількох точок.

Якщо до відомої висоти точки А (H_A) додати відлік по рейці на цій же точці a , ми отримаємо висоту візирної осі нівеліра. Ця висота і називається горизонтом приладу (ГП).

Далі, щоб знайти висоту будь-якої іншої точки з цієї ж станції, ми просто віднімаємо від ГП відлік по рейці на цій точці.

Просте та складне нівелювання:

Якщо для визначення перевищення між двома точками (А і В) достатньо встановити нівелір лише один раз, це називається простим нівелюванням.

Якщо ж нам потрібно кілька разів переставляти нівелір, щоб визначити перевищення між точками, це називається складним нівелюванням. У цьому випадку проміжні точки, на які ми переставляємо рейки, називаються сполучними. Перевищення між ними визначається за схемою простого нівелювання.

Порядок вимірювань та обробка даних

Детальний порядок вимірювань та зразки журналів для нівелювання III та IV класів можна знайти у відповідних інструкціях [3].

Вирівнювання (остаточний розрахунок і коригування вимірів) виконується за допомогою комп'ютерних програм або у спеціальних відомостях. Туди ми записуємо:

- номери вихідних марок (відомих точок), реперів та точок знімальної основи.
- виміряні середні перевищення.
- довжини ліній та периметр полігону або ходу.
- відомі висоти (позначки) вихідних марок та реперів.

Проект нівелірної мережі міста Вишневе (з усіма схемами та розрахунками) подано в додатку 4.



Рис. 2.6.2. Стіновий репер нівелірної мережі

РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

4.1. Організація геодезичних робіт

Основою для початку будь-яких топографо-геодезичних робіт є технічне завдання від замовника, а також технічний проект або програма робіт, які ми розробляємо.

Щоб працювати ефективно, не витратити зайвий час і гроші (як у полі, так і в офісі), дуже важливо правильно організувати весь процес.

Геодезичні роботи виконуються в такій послідовності:

- Збір та аналіз інформації: Спочатку ми шукаємо та вивчаємо всі відомості про геодезичні роботи, які вже проводились на цій території раніше. Це допомагає уникнути зайвої роботи.
- Вивчення території: Ми ретельно досліджуємо район майбутніх робіт за найдетальнішими картами та іншими джерелами інформації.
- Дослідження попередніх робіт: Вивчаємо матеріали спеціального обстеження території, включаючи пошук геодезичних пунктів, які були встановлені раніше.
- Вибір найкращого варіанту: Обираємо найбільш підходящий спосіб побудови геодезичних мереж, враховуючи, як ця територія буде розвиватися в майбутньому, згідно з генеральним планом.
- Складання проекту мережі полігонометрії: Розробляємо детальний план розташування точок та вимірювань для полігонометричної мережі.
- Розвідка пунктів: Виїжджаємо на місцевість, щоб остаточно обрати та зафіксувати місця для майбутніх геодезичних пунктів.

- Перевірка обладнання: Обстежуємо тахеометр та інше необхідне обладнання на справність і точність.
- Вимірювання: Проводимо безпосередньо лінійні (відстані) та кутові (кути) виміри.
- Прив'язка: Зв'язуємо новостворену мережу з існуючими пунктами вищих класів.
- Обробка польових даних: Збираємо та попередньо обробляємо всі вимірянні дані, оцінюючи їхню точність.
- Складання схем: Робимо креслення та схеми полігонометричної мережі.
- Вирівнювання: Виконуємо математичні розрахунки для вирівнювання всієї мережі, щоб отримати максимально точні координати.
- Оцінка точності після вирівнювання: Після вирівнювання знову оцінюємо точність отриманих результатів.
- Підготовка документів: Складаємо каталоги координат усіх пунктів та альбоми з прив'язками цих пунктів.

4.2. Планування і визначення кошторисної вартості.

На підставі технічного завдання ми укладаємо договір на виконання топографо-геодезичних робіт. У цьому договорі обов'язково зазначаються терміни виконання та вартість робіт.

До договору додаються як його невід'ємна частина:

- Кошторис на всі заплановані роботи.
- Довідки від замовника, що підтверджують фінансування цих робіт.
- Терміни надання замовником вихідних даних.
- Програма робіт з графіками виконання.

Якщо будь-яка зі сторін вимагає, додаються також документи, що описують особливі умови виконання робіт. У разі потреби організації можуть укладати додаткові угоди для уточнення або розвитку умов договору. Наша організація-виконавець зобов'язана брати безпосередню участь у підготовці технічного завдання для замовника, якщо це необхідно. Ця участь здійснюється на підставі гарантійного листа від замовника.

Як визначається вартість робіт?

Вартість робіт розраховується за кошторисами, які складаються відповідно до "Збірника укрупнених кошторисних розцінок на топографо-геодезичні та картографічні роботи". Ціни, зазначені в збірнику, визначаються шляхом детальних розрахунків на кожен вид робіт.

"Збірник" містить: розцінки, нормативи заробітної плати., трудові витрати,

Він охоплює геодезичні роботи, топографічні зйомки, оновлення карт і планів, картографічні, обчислювальні, проектно-кошторисні роботи та складання технічних звітів.

Розрахунки розцінок у збірнику враховують:

Вимоги всіх нормативно-технічних документів (інструкцій, положень).

Для кожного виду робіт наведено:

Категорії складності.

Склад робіт (короткий перелік основних етапів).

Розцінку (з урахуванням зарплати).

Трудові витрати (у бригадо-днях).

Склад робіт є орієнтовним, і залежно від умов він може змінюватися без коригування розцінок.

Що включено у розцінки?

Розцінки у збірнику вказані у гривнях за одиницю виміру (наприклад, за пункт, квадратний кілометр, погонний кілометр тощо) і включають усі витрати виробництва за такими основними статтями:

Основна та додаткова заробітна плата працівників.

Відрахування на соціальні заходи.

Польове забезпечення (витрати на проживання та харчування в польових умовах).

Вартість матеріалів.

Знос малоцінних предметів (наприклад, дрібного інструменту).

Амортизація основних засобів (зношення великого обладнання).

Транспортні витрати.

Інші витрати, пов'язані з безпосереднім виконанням робіт.

Розцінки також враховують всі підготовчі та допоміжні роботи виробничого циклу, зокрема:

Технічну підготовку.

Робоче проектування.

Навчання працівників правилам безпеки.

Поточний ремонт, перевірки та дослідження геодезичних приладів (метрологічне забезпечення).

Витрати на переїзд працівників до місця робіт і назад.

Витрати на перевезення матеріалів, обладнання, інструментів та інших вантажів.

Витрати на узгодження місць для будівництва геодезичних пунктів та їх передачу користувачам або власникам землі.

Розцінки на польові роботи розраховані на їх виконання в польовий період, тривалість якого на території України визначена в 7 місяців.

Кошторис

№ п.п.	Найменування робіт	Нормо час	№ розцінки	Одиниця виміру	Кількість	Ціна одиниці	Ціна
1	Виготовлення і закладання пунктів типу 160 II кат. типу У15 II кат.	7.16 1.881	т.12 & 1 т.12 & 5	1 центр 1 центр	2 16	1943,60 1446,40	3887,2 23142,4
2	Рекогносцерування, вимірювання кутів і ліній полігонометрії I розряду III кат.	СЦ 1982 2.386	т.18 & 2	1км	7,3	2621,60	19137,68
3	Нівелювання III класу III кат.	1.47	т.25 & 3	1 км.од.х.	9,8	1536,80	15060,64
						ВСЬОГО	61227,92
Витрати на організацію робіт							
4	Витрати на внутрішній транспорт		Зб. цін 1982 р. З.В. п.8 Т.4 §1 Пост. 22 к=1,25		13,75 % від польових робіт		8418,84
5	Витрати на зовнішній транспорт		Зб. цін 1982 р. З.В. п.8 Т.5 §1 Пост. 22 к=1,4. п. п. 10+11		14% від польових робіт		8571,91
6	Затрати на метрологічне забезпечення		(2) п.5 заг.пол. Наказу № 97/298/124 від 15.06.2001		5% від польових робіт		3061,40
	Всього						20052,14
	Разом						81280,06
	ПДВ (20%)		(2) Розділ 8 Наказу № 97/298/124 від 15.06.2001		Σ*0,2		16256,01
	Всього по кошторису				Σ + ПДВ (20%)		97536,08

4.3. Охорона праці та техніка безпеки.

Для проведення робіт з проектування геодезичної основи для житлової забудови, всі працівники обов'язково проходять спеціальну підготовку з охорони праці. Цей проект включає як вишукувальні роботи (польові вимірювання), так і проектні роботи (розрахунки та документація).

Вишукувальні роботи – це те, що ми робимо в полі. Вони включають:

Закладання пунктів полігонометрії.

Прокладання полігонометричних ходів 1-го та 2-го розрядів.

Прокладання ходів нівелювання IV класу.

Прив'язку всіх цих пунктів до Державної геодезичної мережі згущення 4-го класу.

Проектні роботи – це те, що ми робимо в офісі. До них належить:

Складання проекту мережі полігонометрії.

Оцінка їхньої точності.

Попередня обробка польових вимірювань.

Розрахунок координат і висот пунктів.

Складання каталогів.

Безпека праці – наш пріоритет

Керівництво компанії регулярно розробляє плани з охорони праці. Хоча останнім часом серйозних нещасних випадків не було, ми все ж стикаємося з дрібними порушеннями. Тому ми зобов'язані приділяти більше уваги інструктажу для всього персоналу. Інструктажі мають проводитися регулярно, і кожен працівник повинен досконало знати правила техніки безпеки своєї спеціальності.

Також важливо: контролювати виконання правил техніки безпеки.

Застосовувати безпечні прийоми праці та навчати цьому працівників.

Проводити механізовані роботи (з використанням техніки) лише на справній і налагодженій техніці.

Всі ці заходи допомагають зберегти здоров'я та життя наших працівників.

Основні заходи безпеки розробляються ще на етапі технічного проектування, а перед початком робіт їх уточнюють. Потім складається робочий проект безпечної організації як польових, так і камеральних (офісних) робіт.

До початку польових робіт на підприємстві вирішуються такі організаційно-технічні питання:

Забезпечення польових підрозділів транспортом, матеріалами, приладами, спорядженням, продуктами харчування на весь період сезону, а також їхня доставка на місце робіт.

Розробка календарних планів і складання схем пересування бригад по ділянках робіт, враховуючи час виконання робіт і місцеві природно-кліматичні умови. Тут вказуються місця переправ через річки, інші водні перешкоди, важкодоступні ділянки тощо.

Визначення та затвердження складу польових підрозділів і призначення керівників робіт.

Розробка планів заходів з охорони праці та пожежної безпеки на період польових робіт.

Визначення термінів завершення польових робіт і порядку повернення працівників на бази партій та експедицій.

Перед виїздом на роботи обов'язково проводиться вивчення безпечних методів робіт відповідно до стандарту ГОСТ 12.0.004-79 та інструктаж для всіх польових працівників.

Освітлення робочих місць

Виробниче освітлення є ключовим показником гігієни праці. Водночас з освітленням пов'язані й потенційно шкідливі або небезпечні фактори. Це може бути надмірне або недостатнє світло, мерехтіння, невідповідний колір світла, нерівномірне освітлення робочого місця або пряме засліплення.

Неправильно підібране освітлення погіршує умови для зору, підвищує втому очей та нервової системи, знижує продуктивність праці, а також може стати причиною нещасних випадків або захворювань. Тому ми дбаємо про те, щоб виробниче приміщення було добре освітлене, з урахуванням розташування робочих місць. На робочому місці світло повинно падати ліворуч або прямо, а при високоточних роботах працівники час від часу дають очам відпочити.

ВИСНОВКИ

Підсумовуючи, можна сказати, що для того, щоб наші українські міста відповідали сучасним вимогам і мали якісну основу для всіх карт і планів (так звану планово-висотну геодезичну основу), нам потрібно "залатати" чимало прогалин у вже існуючій геодезичній мережі. Ці "дірки" з'явилися через те, що міста швидко та часто неконтрольовано розбудовувалися, а також через не завжди ідеальний підхід до створення Державної геодезичної мережі (ДГМ).

У цій бакалаврській роботі ми детально розглянули, як має створюватися така основа, вивчивши:

Правила та закони, що регулюють створення міської геодезичної основи. Ми дізналися, які вимоги ставляться до цих робіт на державному рівні.

Будову Державної геодезичної мережі. Це як "скелет" для всіх географічних даних країни, що дозволяє точно визначати положення будь-якої точки на поверхні.

Порядок та методи створення цієї мережі, включаючи традиційні та сучасні підходи.

Також ми приділили увагу конкретному прикладу:

Ми описали фізико-географічні умови району робіт, адже особливості місцевості (рельєф, клімат, ґрунти) сильно впливають на планування та виконання геодезичних вимірювань.

Ми дослідили існуючу геодезичну мережу в цьому районі і успішно виявили пункти, які перебувають у доброму стані та можуть бути використані як відправні точки для нових вимірювань. Це дозволяє економити час та ресурси.

На основі отриманих даних був розроблений проект нової планової та висотної геодезичної мережі міста Вишневе.. Цей проект враховує всі вимоги до точності та покриття території.

Ми також рекомендували використовувати сучасні геодезичні прилади, адже вони дозволяють досягти більшої точності та значно пришвидшити польові роботи.

Загалом, Державна геодезична мережа (ДГМ) є критично важливою. Вона фіксує на місцевості Державну систему координат (ДСК). Ця система, у свою чергу, є основою для вирішення всіх фундаментальних та прикладних завдань, пов'язаних з картографією та топографією на рівні всієї країни. Простіше кажучи, без точної ДГМ неможливо створити точні карти, плани чи реалізувати будь-які будівельні чи інженерні проекти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Войтенко С.П. Інженерна геодезія: підручник / С.П. Войтенко. – 2-ге вид., випр. і допов. – Київ.: Знання, 2012. – 574 с.
2. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (ГКНТА 2.04-02-98). – Київ., 1999. – 155 с.
3. Інструкція з нівелювання I, II, III, и IV класов – Київ., 1998. –176 с.
4. Закон України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність" № 353-XIV від 1998-12-23.
5. Інтернет ресурс: <https://waymaps.ua/gps-global-positioning-system-navihatsiia-shcho-tse-take-i-iak-pratsiuie/>.
6. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E. – GNSS (GPS, GLONASS, Galileo, and more) / Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E. – SpringerWienNewYork, 2008 p. – с. 49 – 53, 166 – 169;
7. PRIDELab – PRIDE PPP-AR II MANUAL / PRIDELab – GNSS Research Center, Wuhan University, 2022p.;
8. Product of EUREF Permanent GNSS Network (EPN). Available online: <ftp://epncb.oma.be/pub/product/combin/> (accessed on 17.11.2022).
9. Regional Data Centre of EUREF Permanent GNSS Network (EPN). Available online: http://www.epncb.oma.be/_networkdata/datacalendar.php?station=SULP00UKR&year=2022 &month=11&rv=3&c=any (accessed on 17.11.2022).
10. . Костецька Я.М. Геодезичні прилади. ч.2. Електронні геодезичні прилади. – Л.: 2000. – 320с.
11. Керкер В.В., Савчук С.Г ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ PPP-AR ЗА ДАНИМИ GNSS ВИМІРЮВАНЬ НА ПЕРМАНЕНТНІЙ СТАНЦІЇ. / Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молодь: наука та інновації» / Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна , том 5 2022 р.

12. Геодезія. Проектування і розрахунок мережі полігонометрії: Методичні вказівки до виконання курсового проекту / Уклад.: О. В. Адаменко та ін. – Київ: КНУБА, 2025. – 37 с.

13. Вишневе Київської області . Генеральний план внесення змін. Пояснювальна записка./ Договір № 2016-131 від 16.09.2016 року

14. Шульц Р. В. Практичні дослідження точності визначення координат за супутниковими технологіями в режимі реального часу / Р. В. Шульц, О. І. Терещук, А. О. Анненков, І. О. Нисторяк // Інженерна геодезія. – 2014. – Вип. 61. – С. 58–76.