

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА,
ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем

Пояснювальна записка

до дипломної роботи бакалавра

на тему: «ПРОЄКТУВАННЯ ПЛАНОВО-ВИСОТНОЇ ОСНОВИ
ТЕРИТОРІЇ МІСТА ВАЛКИ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ»

Виконав: студент 4 курсу групи ГКЗ 2022-1
спеціальності 193 Геодезія та землеустрій
ОП Геодезія, картографія та землеустрій



Якубов Олександр Павлович

Керівник



Мамонов Костянтин Анатолійович

Рецензент



Афанасьєв Олександр Валерійович

2026 року

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою та цивільної інженерії
Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій
Освітня програма Геодезія, картографія та землеустрій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЗА та ГІС
проф. Мамонов К. А.

 Восстановимая подпись

X 

Подписано: f054cc53-ba06-45d3-8422-a8d59cd399bb









«25» травня 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Якубову Олександрю Павловичу

1. Тема проекту (роботи) Проектування планово-висотної основи території міста Валки Харківської області
керівник проекту (роботи) д.е.н., професор Мамонов Костянтин Анатолійович, затверджені наказом вищого навчального закладу від 22.05.2026 року № 441-03.
2. Строк подання студентом проекту (роботи): 18 червня 2026 року.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) дані мережі постійно діючих референцних GNSS-станцій, картографічні матеріали, супутникові знімки території
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) розрахунок точності та оцінка параметрів геодезичної мережі; обробка результатів GNSS-спостережень і зрівнювання геодезичної мережі
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) схема оцінки точності проєктованої мережі; технологічна схема обробки результатів GNSS-спостережень.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Мамонов Костянтин Анатолійович, професор кафедри ЗА та ГІС		
2	Мамонов Костянтин Анатолійович, професор кафедри ЗА та ГІС		
3	Мамонов Костянтин Анатолійович, професор кафедри ЗА та ГІС		
4	Абракітов В. Е. доцент кафедри О.П. та БЖД		

7. Дата видачі завдання: 25 травня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Формування інформаційної бази	25.05.26	
2.	Розробка та написання першого розділу роботи	03.06.26	
3.	Розробка та написання другого розділу роботи	09.06.26	
4.	Розробка та написання третього розділу роботи	12.06.26	
5.	Розробка та написання розділу з охорони праці	15.06.26	
6.	Оформлення роботи та нормоконтроль	18.06.26	
7.	Попередній захист роботи	21.06.26	
8.	Захист дипломної роботи у ДЕК	26.06.26	

Студент



Якубов О. П.

Керівник роботи



Мамонов К. А.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 54 с., 3 табл., 14 рис., 25 джерел, 16 слайдів.

ПЛАНОВО-ВИСОТНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ, ГЛОБАЛЬНІ НАВІГАЦІЙНІ СУПУТНИКОВІ СИСТЕМИ (GNSS), ГЕОДЕЗИЧНА МЕРЕЖА, РЕФЕРЕНЦНА СТАНЦІЯ, КООРДИНАТИ, СУПУТНИКОВІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ, ДЕРЖАВНА ГЕОДЕЗИЧНА МЕРЕЖА.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є територія міста Валки Харківської області.

Предметом дипломної роботи є процеси проєктування планово-висотної основи із застосуванням сучасних супутникових геодезичних технологій.

Мета – розробка проєктних рішень щодо створення планово-висотної основи території міста Валки Харківської області для забезпечення виконання топографо-геодезичних та картографічних робіт.

Методи дослідження – геодезичного аналізу, супутникових вимірювань GNSS, картографічного моделювання, просторового аналізу геоданих, а також методи обробки та узагальнення результатів геодезичних спостережень.

Удосконалено підхід до проєктування планово-висотної основи території населеного пункту шляхом комплексного використання сучасних супутникових технологій позиціонування та цифрових геопросторових даних.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання розроблених проєктних рішень для створення та розвитку геодезичної основи міста Валки Харківської області, виконання топографічних знімачь, інженерно-геодезичних вишукувань, оновлення картографічних матеріалів, формування баз геопросторових даних та забезпечення потреб містобудування і землеустрою.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ПЛАНОВО-ВИСОТНОЇ ОСНОВИ ТЕРИТОРІЙ.....	8
1.1 Визначальні особливості навігаційної системи	8
1.2 Технологічні особливості супутникових спостережень.....	10
1.3 Особливості будови та використання супутникових навігаційних систем у геодезії.....	12
2 МЕТОДИКА GNSS-ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ	16
2.1 Особливості застосування ГНСС.....	16
2.2 Програмне забезпечення для обробки даних GNSS-вимірювань.....	18
2.3 Обробка даних геодезичних вимірювань у програмному комплексі Leica Geo Office	21
3 ПРОЄКТУВАННЯ ПЛАНОВО-ВИСОТНОЇ ОСНОВИ ТЕРИТОРІЇ	
М. ВАЛКИ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	24
3.1 Вихідні дані об'єкту дослідження	24
3.2 Проєктування планово-висотної основи території міста Валки Харківської області.....	28
3.3 Розрахунок точності та оцінка параметрів проєктованої мережі.....	35
3.4 Обробка результатів вимірювань та зрівнювання геодезичної мережі ...	38
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	43
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час виконання геодезичних робіт	43
4.2 Заходи з охорони праці під час виконання польових та камеральних геодезичних робіт	45
4.3 Дії персоналу геодезичних підрозділів у надзвичайних ситуаціях воєнного та природного характеру	48
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	53

ВСТУП

Сучасний розвиток геодезичних, картографічних та геоінформаційних технологій характеризується активним впровадженням супутникових методів визначення координат, цифрових технологій обробки просторових даних та автоматизованих систем геодезичного забезпечення територій. Формування якісної планово-висотної основи є необхідною умовою виконання топографо-геодезичних робіт, створення цифрових моделей місцевості, ведення кадастрових робіт, проєктування інженерних споруд та розвитку геопросторових інформаційних систем.

В умовах сучасного розвитку населених пунктів особливого значення набуває забезпечення територій достовірною координатною та висотною основою. Саме від точності визначення координат пунктів геодезичної мережі залежить якість подальших геодезичних вимірювань, створення топографічних планів, інженерно-геодезичних вишукувань і просторового моделювання територій. Використання глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) дозволяє значно підвищити ефективність польових робіт, скоротити терміни виконання вимірювань та забезпечити високий рівень точності отриманих результатів.

Особливо актуальним є питання створення та розвитку планово-висотної основи для територій малих міст, де здійснюються роботи з оновлення картографічних матеріалів, розвитку інженерної інфраструктури, ведення містобудівної діяльності та наповнення геоінформаційних систем актуальними просторовими даними. Одним із таких населених пунктів є місто Валки Харківської області, територія якого потребує сучасного геодезичного забезпечення для виконання комплексу землевпорядних, будівельних та картографічних робіт.

Об'єктом дослідження є територія міста Валки Харківської області.

Предметом дослідження є методи та технології проектування планово-висотної основи із застосуванням сучасних супутникових геодезичних технологій.

Метою дипломної роботи є розробка проектних рішень щодо створення планово-висотної основи території міста Валки Харківської області для забезпечення виконання топографо-геодезичних та картографічних робіт.

Для досягнення поставленої мети вирішуються такі завдання: аналіз сучасних підходів до створення геодезичних мереж; дослідження можливостей застосування супутникових технологій позиціонування; вибір методики проектування планово-висотної основи; аналіз вихідних геопросторових даних території дослідження; розробка проектних рішень щодо розміщення пунктів планово-висотної основи та оцінка можливостей їх практичного використання.

У роботі використано методи геодезичного аналізу, супутникових вимірювань GNSS, картографічного моделювання, просторового аналізу геоданих, а також методи обробки та узагальнення результатів геодезичних спостережень.

Удосконалено підхід до проектування планово-висотної основи території населеного пункту шляхом комплексного використання сучасних супутникових технологій позиціонування та цифрових геопросторових даних.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання розроблених проектних рішень для створення та розвитку геодезичної основи міста Валки Харківської області, виконання топографічних знімачів, інженерно-геодезичних вишукувань, оновлення картографічних матеріалів, формування баз геопросторових даних та забезпечення потреб містобудування і землеустрою.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ПЛАНОВО-ВИСОТНОЇ ОСНОВИ ТЕРИТОРІЙ

1.1 Визначальні особливості навігаційної системи

Сучасний розвиток геодезії, картографії та геоінформаційних технологій нерозривно пов'язаний із використанням навігаційних супутникових систем. Вони забезпечують можливість оперативного визначення координат об'єктів із високою точністю та стали невід'ємною складовою виконання інженерно-геодезичних, топографічних і землевпорядних робіт. Завдяки стрімкому розвитку супутникових технологій суттєво змінилися підходи до створення геодезичних мереж, виконання топографічних знімків та формування просторових даних [1].

Навігаційна система являє собою комплекс технічних засобів, програмного забезпечення та інформаційних ресурсів, призначених для визначення місцеположення об'єктів у просторі, контролю їх переміщення та отримання координатної інформації у визначеній системі координат. Основою сучасних навігаційних технологій є глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS), які забезпечують визначення планових координат, висотних відміток, швидкості переміщення та інших просторових параметрів.

У геодезичній практиці навігаційні системи використовуються для створення та розвитку геодезичних мереж, виконання топографічних знімків, винесення проєктів у натуру, моніторингу деформацій споруд і територій, а також для формування баз геопросторових даних. Використання супутникових методів дозволяє значно підвищити продуктивність робіт порівняно з традиційними геодезичними технологіями та забезпечити високу точність визначення координат [1-3].

Одним із ключових елементів геодезичного забезпечення територій є створення планово-висотної основи. Планово-висотна основа являє собою систему геодезичних пунктів із визначеними координатами та висотами, які

використовуються як вихідна база для виконання подальших геодезичних вимірювань. Від якості та точності створення такої основи залежить достовірність результатів топографічних знімачь, інженерно-геодезичних вишукувань та побудови цифрових моделей місцевості [4].

Традиційно планове обґрунтування формувалося шляхом розвитку полігонометричних мереж різних класів і розрядів із використанням теодолітних ходів та електронних тахеометрів. Висотне обґрунтування створювалося на основі мереж геометричного нівелювання відповідних класів точності. Проте розвиток супутникових технологій суттєво змінив підходи до побудови геодезичних мереж. У сучасних умовах більшість координатних визначень виконується із застосуванням GNSS-технологій, які забезпечують високу точність вимірювань та значно скорочують тривалість польових робіт.

Використання супутникових методів особливо ефективно під час створення планово-висотної основи територій населених пунктів. Завдяки функціонуванню мереж постійно діючих референцних станцій та застосуванню технологій RTK і мережевих поправок забезпечується можливість отримання координат пунктів у режимі реального часу з сантиметровою точністю. Це дозволяє оперативно виконувати геодезичні роботи навіть на значних територіях без необхідності прокладання великої кількості класичних геодезичних ходів.

На сьогодні найбільш поширеними навігаційними системами, що використовуються в геодезії, є американська система GPS, європейська система Galileo та китайська система BeiDou. Сучасні геодезичні GNSS-приймачі забезпечують одночасне приймання сигналів від декількох супутникових угруповань, що підвищує надійність вимірювань, покращує геометрію супутникових спостережень та забезпечує високу точність визначення координат навіть у складних умовах забудови [5-7].

Таким чином, навігаційні системи є важливим інструментом сучасної геодезії, який забезпечує створення високоточної планово-висотної основи, формування актуальних геопросторових даних та ефективно виконання

комплексу топографо-геодезичних робіт. Їх застосування є одним із ключових напрямів розвитку геодезичного забезпечення територій та створення сучасної інфраструктури просторових даних.

1.2 Технологічні особливості супутникових спостережень

Сучасний етап розвитку геодезії характеризується широким використанням глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS), які стали основним інструментом для визначення координат та висот пунктів геодезичних мереж. Завдяки високій точності, оперативності та автоматизації процесів вимірювання супутникові технології поступово витісняють традиційні методи створення геодезичного обґрунтування, засновані на прокладанні теодолітних ходів та виконанні великого обсягу нівелірних робіт [8].

Технології супутникових спостережень базуються на прийманні сигналів від навігаційних супутників та визначенні просторового положення приймача відносно їхнього розташування. Для виконання геодезичних робіт використовуються високоточні GNSS-приймачі, які забезпечують приймання сигналів одночасно від декількох супутникових угруповань. Такий підхід підвищує надійність визначення координат, покращує геометрію супутникових спостережень та забезпечує стабільність результатів вимірювань.

Однією з головних переваг супутникових технологій є можливість визначення координат пунктів незалежно від взаємної видимості між ними. На відміну від класичних геодезичних методів, під час GNSS-вимірювань не виникає необхідності забезпечувати прямий оптичний зв'язок між вихідними та визначуваними пунктами. Це суттєво спрощує виконання робіт на великих територіях та дозволяє скоротити витрати часу на польові вимірювання [9-11].

Важливою особливістю супутникових спостережень є можливість виконання робіт у будь-який час доби та за різних погодних умов. Сигнали супутників приймаються як вдень, так і вночі, що забезпечує високу продуктивність геодезичних робіт. Водночас якість результатів може

знижуватися в умовах щільної забудови, поблизу високих споруд, ліній електропередач або густої рослинності, де виникають перешкоди для проходження супутникового сигналу та ефект багатопроменевого поширення.

У сучасній геодезичній практиці застосовується декілька основних методів супутникових спостережень. Найбільш поширеним є статичний метод, який використовується для створення та згущення геодезичних мереж високої точності. При цьому два або більше приймачів одночасно виконують спостереження на пунктах протягом певного проміжку часу. Отримані результати проходять подальшу камеральну обробку та зрівнювання, що забезпечує отримання координат із сантиметровою або навіть міліметровою точністю [12].

Для оперативного виконання робіт широко застосовується метод швидкої статистики, який дозволяє скоротити тривалість спостережень без суттєвої втрати точності. Така технологія ефективно використовується під час створення планово-висотної основи територій населених пунктів, інженерно-геодезичних вишукувань та кадастрових робіт.

Окреме місце займають кінематичні методи спостережень, зокрема технологія RTK (Real Time Kinematic). Її особливістю є отримання координат у режимі реального часу шляхом використання базової станції або мережі постійно діючих референсних станцій. Застосування RTK-технологій дозволяє отримувати координати з точністю до кількох сантиметрів безпосередньо під час польових робіт, що значно підвищує ефективність виконання геодезичних вимірювань [13].

Суттєву роль у розвитку супутникових технологій відіграють мережі постійно діючих референсних станцій. Такі мережі забезпечують формування диференціальних поправок, які передаються користувачам через мережу Інтернет та дозволяють значно підвищити точність координатних визначень. Використання референсних мереж стало одним із ключових факторів розвитку сучасних геодезичних технологій та створення високоточних планово-висотних мереж.

Під час виконання супутникових спостережень важливе значення має попереднє планування вимірювань. Для цього використовуються спеціалізовані програмні комплекси, які дозволяють прогнозувати кількість доступних супутників, оцінювати геометрію супутникового сузір'я та визначати оптимальний час проведення робіт. Основним показником якості геометрії супутникових спостережень є коефіцієнт PDOP, який характеризує просторове розташування супутників відносно приймача. Чим меншим є значення цього показника, тим вищою буде точність визначення координат [13].

Важливою перевагою сучасних GNSS-технологій є можливість інтеграції результатів вимірювань із геоінформаційними системами, цифровими моделями місцевості та автоматизованими системами проєктування. Це забезпечує створення єдиного геопросторового середовища для зберігання, обробки та аналізу даних, що особливо актуально під час проєктування планово-висотної основи територій населених пунктів.

Таким чином, технології супутникових спостережень є ефективним інструментом сучасного геодезичного виробництва. Вони забезпечують високу точність координатних визначень, скорочують тривалість польових робіт, підвищують продуктивність праці та створюють надійну основу для формування сучасних геопросторових даних і розвитку інфраструктури просторових даних територій.

1.3 Особливості будови та використання супутникових навігаційних систем у геодезії

Супутникові навігаційні системи є основою сучасних технологій визначення координат і висот точок земної поверхні. Їх використання дозволяє виконувати геодезичні роботи з високою точністю, оперативністю та ефективністю незалежно від складності рельєфу місцевості та відстаней між пунктами спостережень. Саме тому GNSS-технології сьогодні широко застосовуються під час створення планово-висотної основи населених пунктів,

виконання топографічних знімачь, інженерно-геодезичних вишукувань та формування геопросторових баз даних [14].

Принцип функціонування супутникових навігаційних систем базується на визначенні координат приймача шляхом вимірювання відстаней до навігаційних супутників, положення яких у просторі відоме з високою точністю. Кожен супутник безперервно передає сигнали, які містять інформацію про його координати, час передачі сигналу та службові навігаційні дані. Приймач визначає момент надходження сигналу та на основі різниці часу між передачею і прийомом розраховує відстань до супутника.

Для визначення просторового положення точки необхідно одночасно приймати сигнали щонайменше від чотирьох супутників. Перші три супутники використовуються для визначення просторових координат точки, а четвертий дозволяє компенсувати похибки синхронізації внутрішнього годинника приймача. Завдяки цьому забезпечується можливість визначення координат у тривимірному просторі з високою точністю.

Сучасна структура глобальних навігаційних супутникових систем включає три основні складові: космічний сегмент, сегмент управління та сегмент користувача. Космічний сегмент представлений орбітальним угрупованням супутників, які забезпечують безперервне покриття земної поверхні навігаційними сигналами. Сегмент управління включає мережу наземних станцій моніторингу та центрів керування, які здійснюють контроль орбіт супутників, коригування навігаційних повідомлень та підтримання точності системного часу. Сегмент користувача складається з навігаційних і геодезичних приймачів, що виконують приймання та обробку супутникових сигналів [15].

У сучасній геодезії використовуються багаточастотні GNSS-приймачі, які забезпечують одночасне приймання сигналів від декількох супутникових систем. Такий підхід дозволяє збільшити кількість доступних супутників, покращити геометрію спостережень та підвищити точність координатних

визначень. Крім того, використання декількох частот дає можливість зменшити вплив атмосферних похибок та підвищити якість результатів вимірювань.

Важливу роль у роботі супутникових систем відіграє система часових вимірювань. Кожен навігаційний супутник оснащений високоточними атомними годинниками, які забезпечують надзвичайно стабільне формування сигналів. Саме точність визначення часу проходження сигналу від супутника до приймача є основою для обчислення координат. Навіть незначні похибки часових вимірювань можуть призвести до суттєвих помилок у визначенні місцеположення [16].

Для виконання геодезичних робіт найбільш поширеними є кодові та фазові методи спостережень. Кодові вимірювання використовуються переважно для навігаційних задач та оперативного визначення координат. Фазові спостереження забезпечують значно вищу точність і є основою сучасних геодезичних технологій. Саме фазові вимірювання застосовуються під час створення державних геодезичних мереж, мереж згущення та планово-висотної основи територій.

На точність супутникових вимірювань впливає низка факторів. До основних джерел похибок належать неточності визначення орбіт супутників, похибки синхронізації часу, вплив іоносфери та тропосфери, багатопроменевість сигналу, а також особливості геометричного розташування супутників відносно приймача. Для мінімізації впливу цих факторів застосовуються спеціальні алгоритми математичної обробки, диференціальні поправки та результати спостережень референцних станцій.

Одним із найважливіших показників якості супутникових спостережень є коефіцієнт геометричного погіршення точності PDOP (Position Dilution of Precision). Його значення характеризує просторове розташування супутників відносно приймача. При рівномірному розташуванні супутників на небесній сфері точність визначення координат зростає, тоді як їх концентрація в одному секторі небосхилу призводить до збільшення похибок вимірювань. Тому під час

планування геодезичних робіт важливим етапом є прогнозування значень PDOP та вибір оптимального часу спостережень [17].

Подальший розвиток супутникових навігаційних систем спрямований на підвищення точності координатних визначень, розширення можливостей багаточастотних вимірювань та інтеграцію з геоінформаційними технологіями. Сучасні GNSS-рішення забезпечують отримання координат у режимі реального часу з сантиметровою точністю, що робить їх ефективним інструментом для створення та розвитку планово-висотної основи територій населених пунктів.

Таким чином, супутникові навігаційні системи є ключовим елементом сучасного геодезичного забезпечення територій. Їх застосування дозволяє виконувати високоточні координатні визначення, підвищувати ефективність геодезичних робіт та створювати надійну планово-висотну основу для подальшого розвитку геопросторових інформаційних систем і містобудівної діяльності.

2 МЕТОДИКА GNSS-ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

2.1 Особливості застосування ГНСС

Глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS) упродовж останніх десятиліть стали одним із найважливіших інструментів отримання просторової інформації. Якщо на початкових етапах розвитку супутникові технології використовувалися переважно для навігаційних та спеціалізованих державних завдань, то сьогодні вони активно застосовуються практично в усіх сферах людської діяльності. Завдяки високій точності, доступності та простоті використання супутникові технології стали невід'ємною складовою сучасного інформаційного суспільства.

Особливе значення глобальні системи позиціонування мають для геодезії та землеустрою. Використання GNSS-технологій дозволяє оперативно визначати координати пунктів геодезичних мереж, виконувати кадастрові роботи, створювати планово-висотну основу територій, проводити інженерно-геодезичні вишукування та здійснювати моніторинг просторових об'єктів. Завдяки високій точності сучасних геодезичних приймачів координати можуть визначатися з сантиметровою точністю, що забезпечує відповідність результатів вимогам нормативних документів [18].

У сфері картографування супутникові технології використовуються для створення та оновлення топографічних карт, цифрових моделей місцевості та геопросторових баз даних. Поєднання GNSS-вимірювань із матеріалами дистанційного зондування Землі та геоінформаційними системами дозволяє формувати актуальні картографічні матеріали та забезпечувати їх регулярне оновлення [19].

Важливим напрямом використання глобальних систем позиціонування є навігація. Сучасні транспортні засоби оснащуються навігаційними пристроями, які забезпечують визначення місцеположення в режимі реального часу,

прокладання оптимальних маршрутів та контроль пересування об'єктів. Такі технології широко використовуються в автомобільному, морському, авіаційному та залізничному транспорті.

Значного поширення набули системи супутникового моніторингу транспортних засобів. Використання GNSS дозволяє контролювати місцезнаходження рухомих об'єктів, швидкість їх пересування, дотримання маршрутів та ефективність використання транспортних ресурсів. Подібні рішення активно застосовуються в логістиці, пасажирських перевезеннях, комунальному господарстві та аграрному секторі.

Глобальні системи позиціонування широко використовуються у сфері містобудування та управління територіальним розвитком. За їх допомогою здійснюється збір просторових даних про об'єкти інженерної інфраструктури, будівлі, споруди та земельні ділянки. Отримана інформація використовується для формування містобудівних кадастрів, цифрових планів територій та геоінформаційних систем управління населеними пунктами [20-22].

Одним із перспективних напрямів застосування GNSS-технологій є моніторинг деформацій будівель, споруд та інженерних конструкцій. Високоточні супутникові спостереження дозволяють контролювати зміни просторового положення об'єктів, своєчасно виявляти небезпечні процеси та оцінювати технічний стан споруд. Особливо актуальним це є для мостів, дамб, висотних будівель, транспортних споруд та об'єктів критичної інфраструктури.

У наукових дослідженнях глобальні системи позиціонування застосовуються для вивчення геодинамічних процесів, переміщення літосферних плит, моніторингу зсувних явищ та дослідження деформацій земної поверхні. Отримані результати використовуються для оцінки природних ризиків та прогнозування розвитку небезпечних геологічних процесів.

Сучасні мобільні пристрої також оснащуються вбудованими навігаційними модулями, що дозволяє використовувати супутникові технології в повсякденному житті. Геопросторові сервіси забезпечують навігацію, пошук

об'єктів, визначення координат, геотегування фотографій та інтеграцію просторової інформації з цифровими картографічними платформами [23].

Для виконання робіт зі створення планово-висотної основи території міста Валки Харківської області застосування глобальних систем позиціонування має особливе значення. Використання сучасних GNSS-технологій дозволяє оперативно визначати координати пунктів геодезичної мережі, забезпечувати необхідну точність вимірювань та формувати надійну координатну основу для подальших топографо-геодезичних і землевпорядних робіт.

Таким чином, глобальні системи позиціонування є універсальним інструментом отримання просторових даних, який знаходить широке застосування у геодезії, картографії, землеустрої, будівництві, транспорті, наукових дослідженнях та управлінні територіальним розвитком. Їх використання забезпечує високу точність координатних визначень та створює основу для розвитку сучасної інфраструктури геопросторових даних.

2.2 Програмне забезпечення для обробки даних GNSS-вимірювань

Одним із найважливіших етапів створення планово-висотної основи є камеральна обробка результатів польових вимірювань. Саме на цьому етапі здійснюється перевірка якості отриманих даних, усунення можливих похибок, зрівнювання геодезичних мереж та визначення остаточних координат пунктів. Для виконання зазначених операцій застосовуються спеціалізовані програмні комплекси, які забезпечують автоматизацію обробки супутникових спостережень та підвищують достовірність отриманих результатів.

Серед програмних засобів, що широко використовуються у сфері геодезії, важливе місце займає програмний комплекс Leica Geo Office (LGO). Дане програмне забезпечення призначене для обробки результатів GNSS-спостережень, тахеометричних вимірювань, нівелювання та комплексного аналізу геодезичних даних. Завдяки широкому функціоналу Leica Geo Office

забезпечує повний цикл камеральної обробки вимірювань — від імпорту польових даних до отримання кінцевих координат та формування звітної документації [24].

Однією з основних переваг програмного комплексу є можливість одночасної роботи з даними супутникових та тахеометричних вимірювань. Такий підхід особливо ефективний під час створення планово-висотної основи територій, коли для забезпечення необхідної точності використовуються різні методи геодезичних спостережень.

Програмний комплекс Leica Geo Office забезпечує виконання таких основних функцій [25]:

- імпорт та систематизація польових вимірювань;
- обробка GNSS-спостережень у статичному та кінематичному режимах;
- аналіз якості супутникових вимірювань;
- зрівнювання геодезичних мереж;
- трансформація координат між різними системами координат;
- обробка результатів тахеометричних вимірювань;
- візуалізація просторових даних;
- формування графічних матеріалів та звітів;
- експорт результатів у формати геоінформаційних та CAD-систем.

Особливу увагу під час обробки супутникових спостережень приділяють аналізу якості вимірювань. Програмний комплекс дозволяє оцінювати тривалість спостережень, кількість використаних супутників, величину коефіцієнта PDOP, наявність зривів циклів фазових вимірювань та інші параметри, які безпосередньо впливають на точність визначення координат. За необхідності користувач може виключати окремі інтервали спостережень або виконувати додаткову перевірку отриманих результатів.

Після завершення первинної обробки виконується зрівнювання геодезичної мережі. Дана процедура дозволяє отримати найбільш імовірні значення координат пунктів з урахуванням усіх виконаних вимірювань та їх

точності. Результати зрівнювання подаються у вигляді координатних відомостей, схем мережі та статистичних показників точності.

Для роботи в державних та місцевих системах координат у програмному комплексі реалізовані інструменти трансформації координат. Це дозволяє використовувати результати супутникових спостережень для подальшого створення топографічних планів, цифрових моделей місцевості та геоінформаційних систем.

Важливою функцією Leica Geo Office є можливість графічної візуалізації результатів вимірювань. Програма дозволяє відображати конфігурацію геодезичної мережі, вектори супутникових спостережень, результати зрівнювання та інші елементи проєкту. Візуальний контроль значно спрощує аналіз якості виконаних робіт та дозволяє оперативно виявляти можливі помилки.

Крім обробки координатних вимірювань, програмний комплекс підтримує створення цифрових моделей поверхні та формування триангуляційних мереж. На основі результатів знімань можуть будуватися цифрові моделі рельєфу, що використовуються для подальшого картографування території та виконання інженерно-геодезичних розрахунків.

Для цілей даної роботи програмний комплекс Leica Geo Office використовується як основний інструмент камеральної обробки результатів GNSS-вимірювань під час проєктування планово-висотної основи території міста Валки Харківської області. Його функціональні можливості забезпечують необхідну точність визначення координат, виконання зрівнювання мережі та підготовку вихідних даних для подальших геодезичних і картографічних робіт.

Таким чином, застосування сучасного програмного забезпечення є необхідною складовою процесу створення планово-висотної основи. Використання Leica Geo Office дозволяє підвищити ефективність камеральної обробки, забезпечити контроль якості вимірювань та отримати достовірні результати координатних визначень.

2.3 Обробка даних геодезичних вимірювань у програмному комплексі Leica Geo Office

Після завершення польових геодезичних робіт важливим етапом створення планово-висотної основи є камеральна обробка результатів вимірювань. Саме на цьому етапі виконується аналіз якості отриманих даних, обчислення координат пунктів, зрівнювання геодезичних мереж та формування кінцевих результатів, які використовуються для подальшого проєктування і виконання топографо-геодезичних робіт. Для розв'язання цих завдань застосовується спеціалізоване програмне забезпечення, одним із найбільш поширених представників якого є програмний комплекс Leica Geo Office (LGO).

Leica Geo Office являє собою багатofункціональне програмне середовище, призначене для обробки результатів супутникових спостережень, тахеометричних вимірювань та даних цифрового нівелювання. Програма забезпечує виконання повного циклу камеральних робіт — від завантаження польових даних до отримання координат пунктів, зрівнювання мереж та підготовки звітної документації.

Однією з головних переваг програмного комплексу є можливість роботи з різними типами геодезичних даних в межах єдиного проєкту. Це дозволяє виконувати комплексну обробку результатів GNSS-спостережень, тахеометричних вимірювань та нівелювання без необхідності використання додаткових програмних засобів. Єдиний інформаційний простір значно спрощує процес управління даними та підвищує ефективність камеральних робіт.

Після завантаження польових матеріалів користувач отримує можливість виконати попередній контроль якості вимірювань. Програма автоматично аналізує структуру спостережень, перевіряє цілісність даних та визначає можливі невідповідності. Особлива увага приділяється оцінці супутникових

спостережень, оскільки саме від їх якості залежить точність визначення координат пунктів планово-висотної основи.

Під час обробки GNSS-вимірювань Leica Geo Office забезпечує аналіз базових ліній між пунктами спостережень, контроль кількості використаних супутників, оцінку геометрії супутникового сузір'я та перевірку впливу можливих джерел похибок. Програмний комплекс підтримує обробку статичних і швидкостатичних спостережень, що дозволяє використовувати його для створення геодезичних мереж різного призначення.

Важливою складовою процесу обробки є використання міжнародного формату RINEX, який забезпечує сумісність даних, отриманих різними типами GNSS-приймачів. Завдяки цьому до проєкту можуть бути інтегровані результати спостережень із різних джерел, включаючи дані постійно діючих референціальних станцій.

Одним із найбільш відповідальних етапів камеральної обробки є зрівнювання геодезичної мережі. У Leica Geo Office реалізовані сучасні алгоритми зрівнювання за методом найменших квадратів, які дозволяють отримати найбільш імовірні значення координат пунктів з урахуванням усіх виконаних вимірювань та їх точності. Результатом зрівнювання є координати пунктів мережі, оцінка точності їх визначення та статистичні характеристики якості виконаних робіт.

Програмний комплекс також забезпечує широкі можливості щодо роботи із системами координат. Для проєктування планово-висотної основи особливо важливою є можливість трансформування координат із глобальної системи WGS 84 до державних та місцевих систем координат. Використання моделей геоїда дозволяє виконувати перетворення еліпсоїдальних висот у нормальні або ортометричні висоти, що необхідно під час формування висотного обґрунтування території.

Значну увагу в Leica Geo Office приділено візуалізації результатів обробки. Користувач має можливість відображати конфігурацію геодезичної мережі, аналізувати вектори супутникових спостережень, переглядати

результати зрівнювання та оцінювати якість отриманих даних у графічному вигляді. Візуальний контроль дозволяє оперативно виявляти помилки та приймати рішення щодо подальшої обробки інформації.

Крім координатних розрахунків, програмний комплекс підтримує створення цифрових моделей поверхні та формування тріангуляційних мереж. Такі можливості можуть використовуватися під час побудови цифрових моделей рельєфу, аналізу місцевості та виконання додаткових інженерно-геодезичних розрахунків.

Завершальним етапом обробки є формування звітної документації та експорт результатів у зовнішні програмні середовища. Leica Geo Office підтримує передачу даних до CAD- та GIS-систем, що забезпечує подальше використання отриманих координат під час створення топографічних планів, цифрових карт та геоінформаційних ресурсів.

Для виконання даної роботи програмний комплекс Leica Geo Office використовується як основний інструмент обробки результатів супутникових спостережень під час проектування планово-висотної основи території міста Валки Харківської області. Його функціональні можливості дозволяють забезпечити високу точність координатних визначень, виконати контроль якості вимірювань та сформувати надійну геодезичну основу для подальших топографо-геодезичних робіт.

Таким чином, Leica Geo Office є сучасним та ефективним програмним засобом для камеральної обробки геодезичних вимірювань. Комплексне використання його інструментів забезпечує автоматизацію обробки даних, підвищення точності результатів та оптимізацію процесу створення планово-висотної основи території.

3 ПРОЄКТУВАННЯ ПЛАНОВО-ВИСОТНОЇ ОСНОВИ ТЕРИТОРІЇ М. ВАЛКИ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1 Вихідні дані об'єкту дослідження

Об'єктом проєктування у даній роботі є територія міста Валки Харківської області, для якої передбачається створення планово-висотної основи з використанням сучасних супутникових геодезичних технологій. Територія характеризується наявністю житлової забудови, промислових підприємств, транспортної інфраструктури та інженерних комунікацій, що обумовлює необхідність створення надійної геодезичної основи для виконання топографо-геодезичних, землевпорядних та містобудівних робіт.

На початковому етапі дослідження було виконано аналіз просторового положення території проєктування. Межі досліджуваної території визначені на основі сучасних картографічних матеріалів та супутникових знімків. Розташування об'єкта проєктування в межах міста Валки наведено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Територія проєктування в межах міста Валки Харківської області

Аналіз супутникового знімка дозволив визначити особливості забудови території, наявність відкритих ділянок місцевості, лісових масивів, водних об'єктів та транспортних комунікацій. Як видно з рисунка 3.1, територія проєктування має складну конфігурацію меж та охоплює як центральну частину міста, так і периферійні райони. Значна частина території характеризується сприятливими умовами для виконання супутникових спостережень, що є важливим фактором під час проєктування пунктів планово-висотної основи.

Для більш детального аналізу просторової структури території було використано цифрові картографічні матеріали OpenStreetMap, які дозволяють отримати інформацію про дорожню мережу, забудову, гідрографічні об'єкти та інші елементи місцевості. Картографічна схема території проєктування наведена на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Територія проєктування на картографічній основі OpenStreetMap

На основі аналізу картографічних матеріалів (рис. 3.2) встановлено, що територія міста має розвинену вулично-дорожню мережу, яка забезпечує зручний доступ до потенційних пунктів геодезичної мережі. Також визначено

ділянки з мінімальним впливом забудови та рослинності на якість прийому супутникових сигналів. Такі території є найбільш придатними для закладання пунктів планово-висотної основи та виконання високоточних GNSS-спостережень.

Вихідними геодезичними даними для проєктування мережі є відомості про пункти державної геодезичної мережі та мережі постійно діючих референцних станцій, координати яких визначені у державній системі координат. Використання зазначених пунктів дозволяє забезпечити прив'язку проєктованої мережі до єдиної державної координатної основи та виконати подальше згущення геодезичної мережі відповідно до нормативних вимог (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Схема прив'язки проєктованої планово-висотної основи до пунктів державної геодезичної мережі та референцних GNSS-станцій

Під час підготовки вихідних даних було виконано аналіз рельєфу території, транспортної доступності майбутніх пунктів мережі, особливостей забудови та можливих перешкод для поширення супутникових сигналів. Особлива увага приділялася вибору ділянок із відкритим горизонтом,

відсутністю високих будівель та значних масивів деревної рослинності поблизу проєктованих пунктів (рис. 3.4).

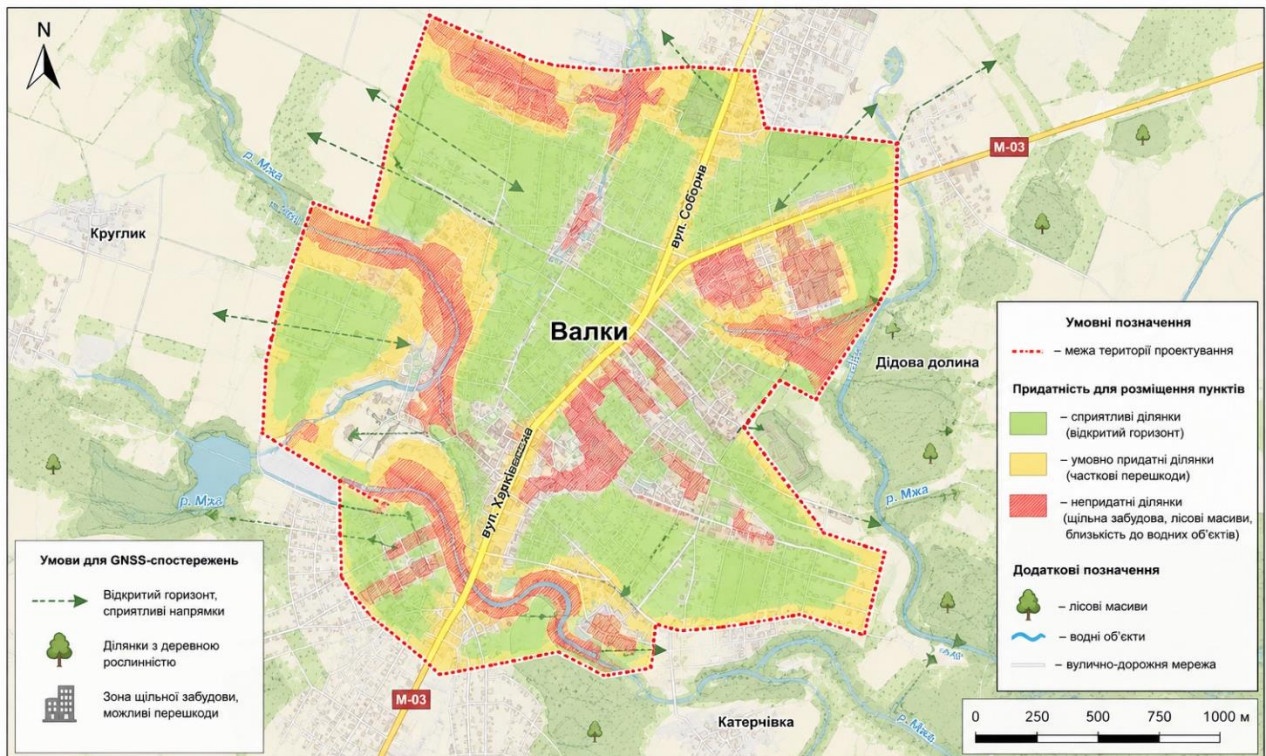


Рисунок 3.4 – Аналіз умов розміщення пунктів планово-висотної основи на території міста Валки

Для визначення координат пунктів планово-висотної основи передбачається використання двочастотних GNSS-приймачів геодезичного класу точності. Вимірювання планується виконувати статичним методом супутникових спостережень, який забезпечує отримання координат із сантиметровою точністю та відповідає вимогам створення геодезичних мереж згущення. Подальша камеральна обробка результатів вимірювань здійснюватиметься в програмному комплексі Leica Geo Office із виконанням зрівнювання мережі методом найменших квадратів.

Таким чином, вихідними даними для проєктування планово-висотної основи території міста Валки Харківської області є супутникові знімки території, цифрові картографічні матеріали, дані державної геодезичної мережі, інформація про референсні GNSS-станції та результати попереднього аналізу

умов виконання супутникових спостережень. Використання зазначених матеріалів забезпечує можливість розроблення якісного проєкту планово-висотної основи відповідно до сучасних вимог геодезичного виробництва.

3.2 Проєктування планово-висотної основи території міста Валки Харківської області

Створення планово-висотної основи є одним із найважливіших етапів геодезичного забезпечення територій населених пунктів. Від точності та надійності геодезичної мережі залежить якість виконання топографічних знімків, інженерно-геодезичних вишукувань, кадастрових робіт, проєктування інженерних споруд та формування геоінформаційних систем. Для території міста Валки Харківської області проєктування планово-висотної основи здійснювалося з урахуванням сучасних вимог до точності геодезичних робіт, особливостей забудови території та можливостей застосування супутникових технологій позиціонування.

Основною метою проєктування є створення локальної геодезичної мережі, яка забезпечить рівномірне покриття території міста пунктами з відомими координатами та висотами. При цьому мережа повинна бути прив'язана до державної геодезичної мережі України та забезпечувати необхідну точність виконання подальших топографо-геодезичних робіт.

На основі аналізу супутникових знімків, картографічних матеріалів та умов місцевості було визначено оптимальні райони розміщення пунктів планово-висотної основи. Особливу увагу приділено забезпеченню рівномірного розподілу пунктів по території міста, наявності відкритого горизонту для супутникових спостережень та можливості довготривалого збереження геодезичних центрів.

Під час вибору місць розташування пунктів враховувалися такі основні критерії:

- забезпечення взаємного геометричного зв'язку між пунктами мережі;

- наявність відкритого небосхилу для прийому супутникових сигналів;
- відсутність поблизу високих будівель, щогл та інших об'єктів, які можуть створювати ефект багатопроменевого поширення сигналу;
- зручність доступу для виконання польових робіт;
- можливість довготривалого збереження пунктів;
- рівномірне покриття всієї території проектування.

Враховуючи площу території міста Валки та конфігурацію його меж, для створення планово-висотної основи запропоновано мережу у вигляді системи взаємопов'язаних пунктів, розташованих у центральній, північній, південній, східній та західній частинах міста. Такий підхід дозволяє забезпечити необхідну геометричну стійкість мережі та мінімізувати похибки координатних визначень.

Схема розташування проєктованих пунктів планово-висотної основи наведена на рисунку 3.5.

Для визначення координат пунктів планується застосування статичного методу супутникових спостережень із використанням двочастотних GNSS-приймачів геодезичного класу точності. Статичний метод забезпечує отримання координат із сантиметровою точністю та є найбільш ефективним для створення геодезичних мереж згущення і планово-висотної основи.

Польові спостереження передбачається виконувати одночасно на декількох пунктах мережі із використанням вихідних пунктів державної геодезичної мережі та референцних GNSS-станцій. Тривалість сесій спостережень визначається довжиною базових ліній та вимогами до точності координатних визначень. Для більшості пунктів мережі тривалість безперервних супутникових спостережень становитиме від 30 до 60 хвилин.

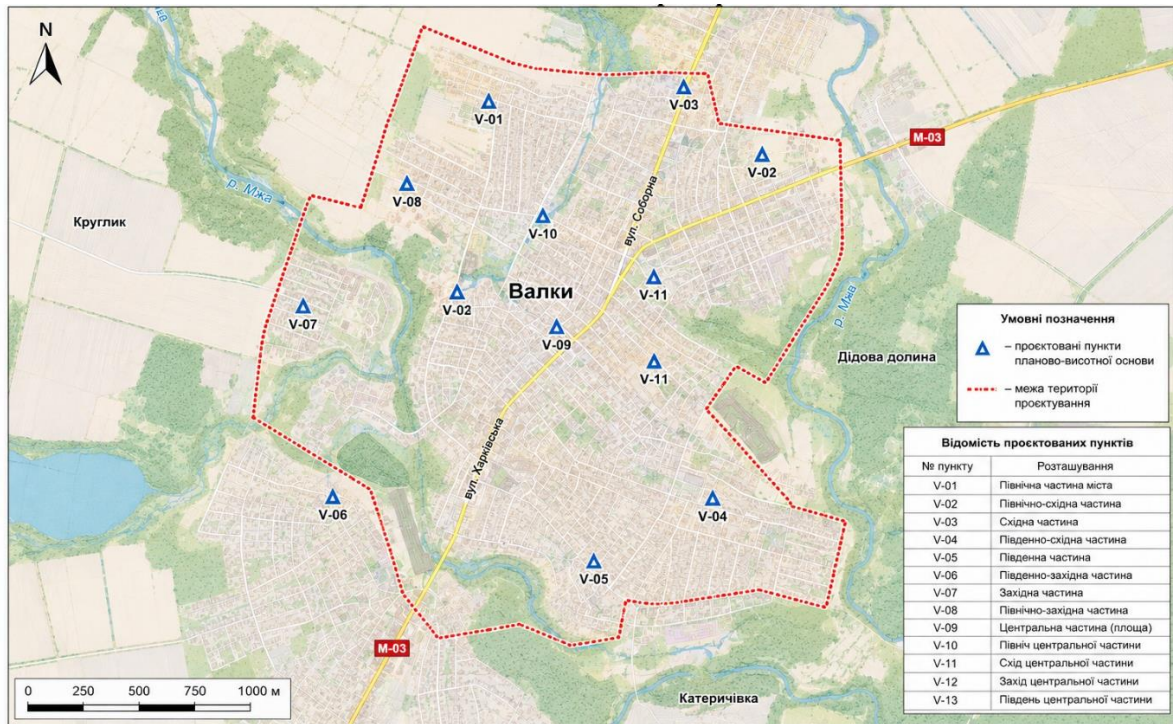


Рисунок 3.5 – Схема розміщення проєктованих пунктів планово-висотної основи території міста Валки

Після завершення польових робіт виконується камеральна обробка результатів вимірювань. На цьому етапі здійснюється перевірка якості супутникових спостережень, аналіз базових ліній, контроль величини нев'язок та визначення координат пунктів мережі. Для обробки даних використовується програмний комплекс Leica Geo Office, який дозволяє виконати повний цикл камеральної обробки та зрівнювання мережі.

Одним із важливих етапів проєктування є попередня оцінка геометричної конфігурації мережі. Для цього виконується аналіз довжин базових ліній між пунктами та оцінка їх взаємного розташування. Проєктована конфігурація мережі повинна забезпечувати формування замкнених контурів і можливість контролю результатів вимірювань за допомогою надлишкових спостережень.

Схема проєктованих GNSS-векторів між пунктами мережі наведена на рисунку 3.6.

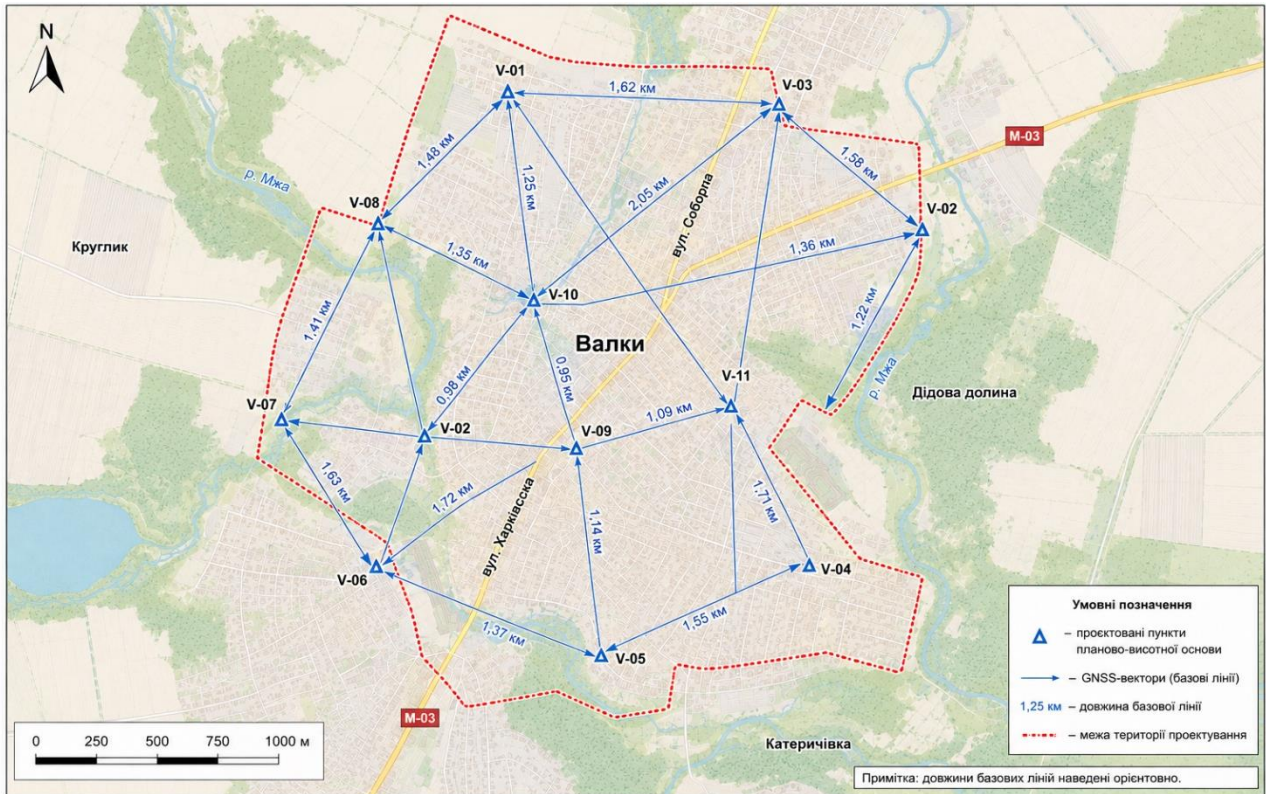


Рисунок 3.6 – Проєктна схема GNSS-векторів планово-висотної основи

Для створення висотного обґрунтування передбачається використання геодезичних GNSS-вимірювань із подальшим перетворенням еліпсоїдальних висот у нормальні висоти на основі моделей геоїда. Такий підхід дозволяє забезпечити сумісність отриманих результатів із державною висотною системою та використовувати визначені висоти під час виконання інженерно-геодезичних робіт.

На завершальному етапі проєктування виконується оцінка придатності мережі до практичного використання. Аналізуються показники точності координатних визначень, геометрична стійкість мережі та відповідність її параметрів вимогам нормативних документів. Результати аналізу дозволяють зробити висновок про можливість використання створеної планово-висотної основи для виконання топографічних знімачів, побудови цифрових моделей місцевості та створення великомасштабних топографічних планів.

Таким чином, запропоноване проєктне рішення забезпечує формування сучасної планово-висотної основи території міста Валки Харківської області із

використанням високоточних супутникових технологій. Створена мережа може бути використана як координатна база для подальших геодезичних, землевпорядних та містобудівних робіт на території міста.

3.3 Розрахунок точності та оцінка параметрів проєктованої мережі

Одним із найважливіших етапів проєктування планово-висотної основи є оцінка точності майбутньої геодезичної мережі та перевірка відповідності її параметрів вимогам нормативних документів. Виконання попереднього розрахунку точності дозволяє визначити придатність обраної конфігурації мережі для подальшого використання під час створення великомасштабних топографічних планів, виконання інженерно-геодезичних вишукувань та інших робіт, що потребують високої точності координатних визначень.

Проєктована планово-висотна основа міста Валки створюється із застосуванням супутникових технологій GNSS та передбачає визначення координат пунктів статичним методом спостережень. Вихідними пунктами для побудови мережі є пункти державної геодезичної мережі та постійно діючі референсні станції. Такий підхід дозволяє забезпечити необхідну точність координатних визначень та надійний зв'язок проєктованої мережі з державною координатною основою.

Оцінка точності виконувалася з урахуванням конфігурації мережі, довжин базових ліній, характеристик використовуваного обладнання та умов виконання супутникових спостережень. Для виконання вимірювань передбачається використання двочастотних геодезичних GNSS-приймачів, середня паспортна точність яких для статичних спостережень становить:

- у плані: $\pm(5 \text{ мм} + 1 \text{ ppm})$;
- по висоті: $\pm(10 \text{ мм} + 1 \text{ ppm})$.

Середня довжина базових ліній у межах проєктованої мережі становить близько 1,5 км, а максимальна не перевищує 2,5 км. За таких умов очікувана похибка визначення координат пунктів може бути оцінена за формулою:

$$[m = \pm (a+b \cdot D)], \quad (3.1)$$

де a – постійна складова похибки вимірювань;

b – коефіцієнт, що враховує довжину базової лінії;

D – довжина базової лінії, км.

Для середньої довжини базової лінії 1,5 км отримаємо:

$$[m_{\text{пл}} = \pm (5+1 \cdot 1,5) = \pm 6,5 \text{ мм}].$$

Для висотних визначень:

$$[m_{\text{вис}} = \pm (10+1 \cdot 1,5) = \pm 11,5 \text{ мм}].$$

Отримані значення свідчать про те, що проєктована мережа забезпечує координатні визначення з точністю, достатньою для створення топографічних планів масштабів 1:500–1:2000 та виконання інженерно-геодезичних робіт.

Важливим показником якості проєктованої мережі є її геометрична стійкість. Аналіз схеми GNSS-векторів показує, що мережа містить замкнені контури та надлишкові вимірювання, які дозволяють виконувати контроль результатів спостережень і виявляти можливі грубі похибки. Наявність декількох незалежних зв'язків між пунктами підвищує надійність мережі та забезпечує можливість якісного зрівнювання.

Для оцінки просторового розташування супутників під час виконання вимірювань використовується коефіцієнт геометричного погіршення точності PDOP. Згідно з результатами попереднього планування GNSS-спостережень, очікувані значення PDOP на території міста Валки перебувають у межах від 1,5 до 2,5, що відповідає сприятливим умовам для виконання високоточних супутникових вимірювань.

Додатково було виконано аналіз умов прийому супутникових сигналів у межах проєктованої території. Встановлено, що більшість пунктів мережі розташовані на відкритих ділянках із мінімальним впливом забудови та деревної рослинності. Це дозволяє зменшити вплив багатопроменевості сигналу та підвищити достовірність результатів вимірювань.

Після завершення польових робіт усі результати спостережень підлягатимуть зрівнюванню методом найменших квадратів у програмному комплексі Leica Geo Office. У результаті зрівнювання будуть отримані остаточні координати пунктів мережі та статистичні характеристики їх точності.

Схема оцінки точності проєктованої мережі наведена на рисунку 3.7.

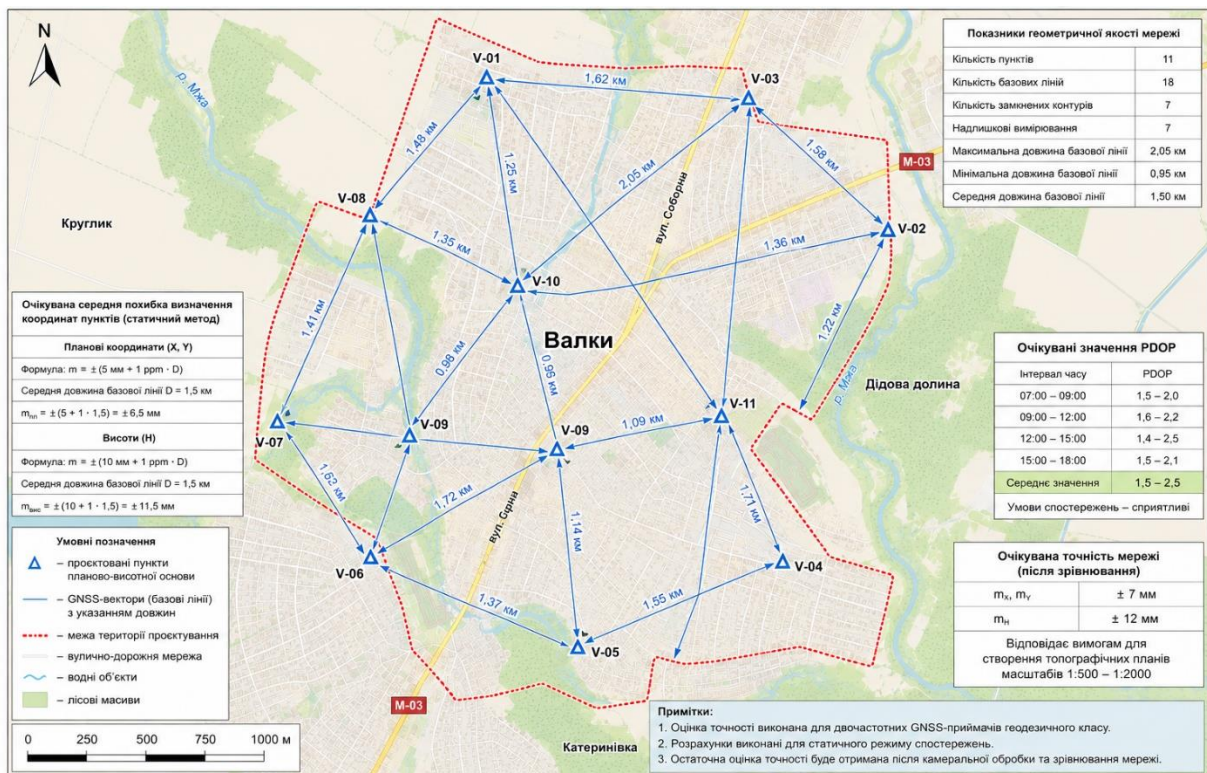


Рисунок 3.7 – Схема оцінки точності проєктованої планово-висотної мережі

Аналіз отриманих розрахункових показників свідчить про те, що запропонована конфігурація планово-висотної основи відповідає вимогам сучасних нормативних документів та забезпечує необхідну точність координатних визначень. Проєктована мережа може бути використана як

геодезична основа для виконання великомасштабних топографічних знімів, створення цифрових моделей місцевості та подальшого розвитку геоінформаційного забезпечення території міста Валки Харківської області.

Таким чином, результати попередньої оцінки підтверджують ефективність обраної схеми побудови мережі та можливість її практичного застосування для вирішення широкого спектра геодезичних і картографічних завдань.

3.3 Розрахунок точності та оцінка параметрів проєктованої мережі

Одним із важливих етапів проєктування планово-висотної основи є попередній розрахунок точності та оцінка параметрів геодезичної мережі. Такий аналіз дозволяє визначити, чи забезпечує обрана схема розміщення пунктів необхідну надійність, просторову стійкість і точність координатних визначень для подальшого виконання топографо-геодезичних робіт.

Проєктована планово-висотна основа території міста Валки Харківської області передбачає використання системи взаємопов'язаних пунктів, координати яких визначаються за результатами GNSS-спостережень. Мережа формується з урахуванням рівномірного покриття території міста, наявності замкнених контурів, достатньої кількості надлишкових вимірювань та можливості прив'язки до пунктів державної геодезичної мережі й референцних GNSS-станцій.

Під час оцінки точності враховувалися довжини базових ліній, конфігурація мережі, умови супутникових спостережень, наявність відкритого горизонту та технічні характеристики GNSS-приймачів. Для виконання вимірювань передбачається застосування двочастотних GNSS-приймачів геодезичного класу точності, що забезпечують високу точність визначення планових координат і висот.

Очікувана точність визначення координат пунктів залежить від постійної складової похибки приладу та складової, що визначається довжиною базової лінії. Для попередньої оцінки використано залежність:

$$[m = \pm (a + b \cdot D),]$$

де m – середня квадратична похибка визначення координат;

a – постійна складова похибки;

b – похибка, що залежить від довжини базової лінії;

D – довжина базової лінії, км.

Для статичних GNSS-спостережень прийнято такі орієнтовні характеристики точності: для планових координат $\pm(5 \text{ мм} + 1 \text{ ppm})$, для висотних визначень $\pm(10 \text{ мм} + 1 \text{ ppm})$. За середньої довжини базової лінії 1,5 км очікувана похибка визначення планового положення становить:

$$[m_{\text{пл}} = \pm (5 + 1 \cdot 1,5) = \pm 6,5 \text{ мм}.]$$

Для висотних визначень очікувана похибка становить:

$$[m_{\text{вис}} = \pm (10 + 1 \cdot 1,5) = \pm 11,5 \text{ мм}].$$

Отримані значення свідчать про достатню точність проєктованої мережі для створення планово-висотної основи, яка може бути використана під час виконання великомасштабних топографічних знімачь, інженерно-геодезичних вишукувань та формування цифрових моделей місцевості.

Важливою характеристикою мережі є її геометрична стійкість. Проєктована схема включає замкнені контури та надлишкові базові лінії, що дає змогу виконувати контроль результатів вимірювань і виявляти можливі грубі похибки. Наявність декількох незалежних зв'язків між пунктами підвищує надійність мережі та забезпечує коректне виконання подальшого зрівнювання.

Схема оцінки точності проектованої планово-висотної мережі наведена на рисунку 3.7.

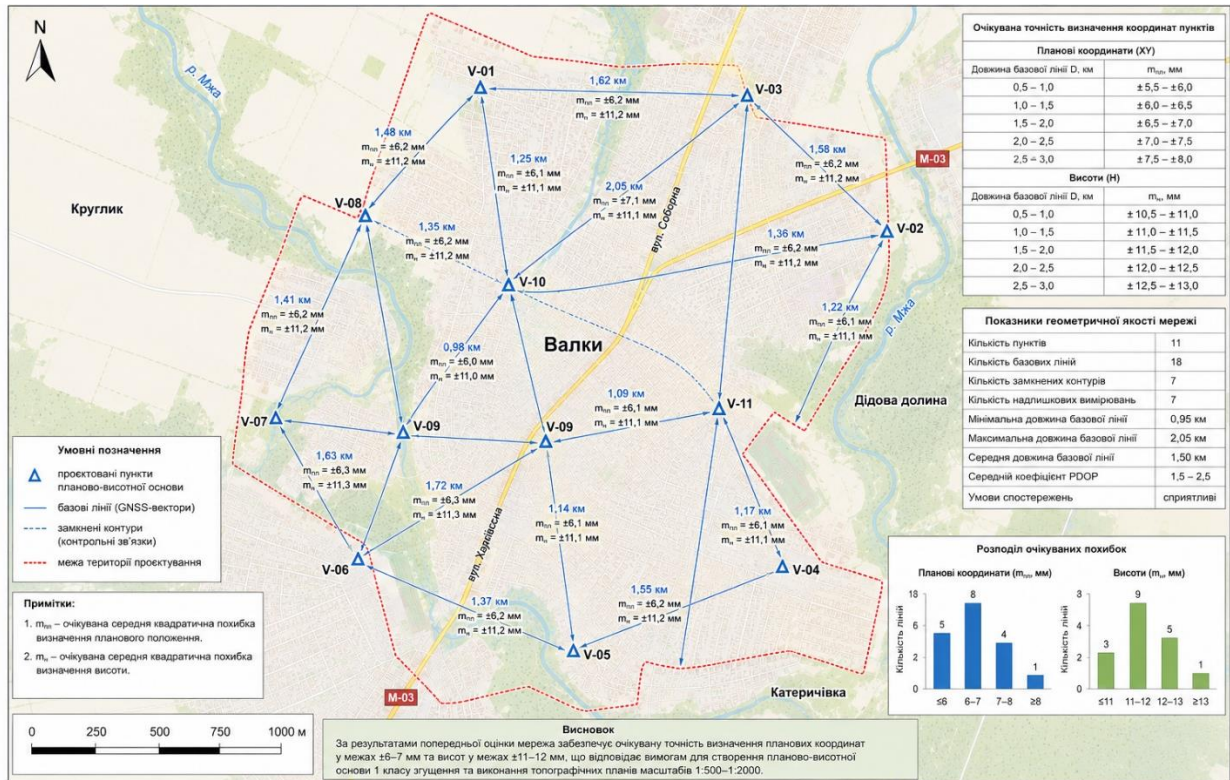


Рисунок 3.7 – Схема оцінки точності проектованої планово-висотної мережі

Як видно з рисунка 3.7, проектована мережа охоплює основну частину території міста Валки та має достатню кількість зв'язків між пунктами. Довжини базових ліній перебувають у межах, прийнятних для виконання статичних GNSS-спостережень, а наявність замкнених контурів забезпечує можливість контролю точності вимірювань.

Додатковим показником якості супутникових спостережень є коефіцієнт геометричного погіршення точності PDOP. Для якісного виконання GNSS-вимірювань важливо, щоб супутники були рівномірно розташовані на небесній сфері. За результатами попереднього аналізу умови спостережень на території міста Валки можна вважати сприятливими, оскільки більшість проектованих пунктів розташована на ділянках з відкритим горизонтом і мінімальним впливом забудови та деревної рослинності.

Після виконання польових вимірювань остаточно оцінка точності буде здійснюватися за результатами камеральної обробки та зрівнювання мережі у програмному комплексі Leica Geo Office. У процесі зрівнювання визначатимуться остаточної координати пунктів, середні квадратичні похибки їх положення, нев'язки за базовими лініями та загальна якість побудови мережі.

Таким чином, попередній розрахунок точності підтверджує, що запропонована схема планово-висотної основи території міста Валки Харківської області відповідає вимогам до геодезичних мереж згущення та може бути використана як надійна координатна база для подальших топографо-геодезичних, землевпорядних і містобудівних робіт.

3.4 Обробка результатів вимірювань та зрівнювання геодезичної мережі

Після завершення польових GNSS-спостережень наступним етапом створення планово-висотної основи є камеральна обробка результатів вимірювань та зрівнювання геодезичної мережі. Метою цього етапу є визначення остаточної координат і висот пунктів мережі, оцінка точності виконаних вимірювань, виявлення та усунення можливих похибок, а також забезпечення узгодженості всіх елементів мережі в єдиній системі координат.

Обробка результатів супутникових спостережень здійснюється із використанням програмного комплексу Leica Geo Office, який забезпечує повний цикл камеральної обробки геодезичних даних. На початковому етапі виконується імпорт польових вимірювань, отриманих із GNSS-приймачів, а також завантаження координат вихідних пунктів державної геодезичної мережі та референсних станцій. Структурна схема обробки результатів GNSS-спостережень наведена на рисунку 3.8.

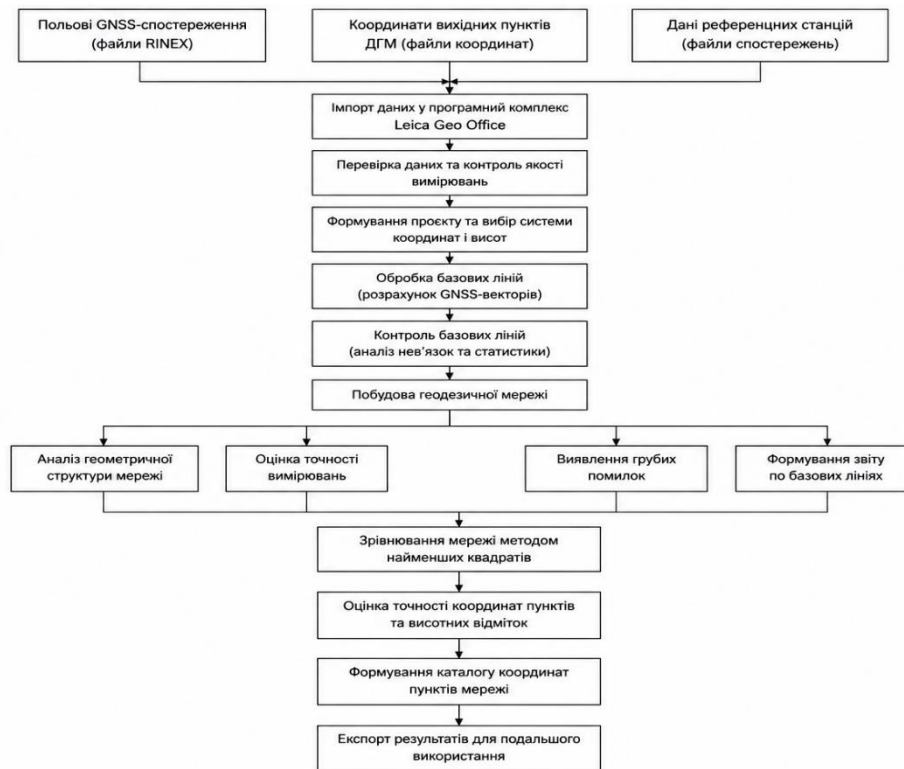


Рисунок 3.8 – Технологічна схема обробки результатів GNSS-спостережень

Після завантаження даних виконується первинний контроль якості вимірювань. На цьому етапі аналізуються тривалість спостережень, кількість зафіксованих супутників, значення коефіцієнта PDOP, наявність зривів фазових вимірювань та інших факторів, які можуть впливати на точність визначення координат. Особлива увага приділяється перевірці повноти даних та оцінці умов виконання спостережень на кожному пункті мережі.

Наступним етапом є формування базових ліній між пунктами мережі. Для кожної пари пунктів виконується обчислення просторових векторів, які характеризують взаємне положення пунктів у просторі. Отримані результати проходять перевірку на відповідність допустимим значенням нев'язок та статистичним критеріям якості.

Після завершення обробки базових ліній здійснюється побудова геодезичної мережі та її попередній аналіз. На цьому етапі перевіряється геометрична структура мережі, наявність замкнених контурів, надлишкових вимірювань та можливість виконання подальшого зрівнювання. Схема сформованої мережі наведена на рисунку 3.9.

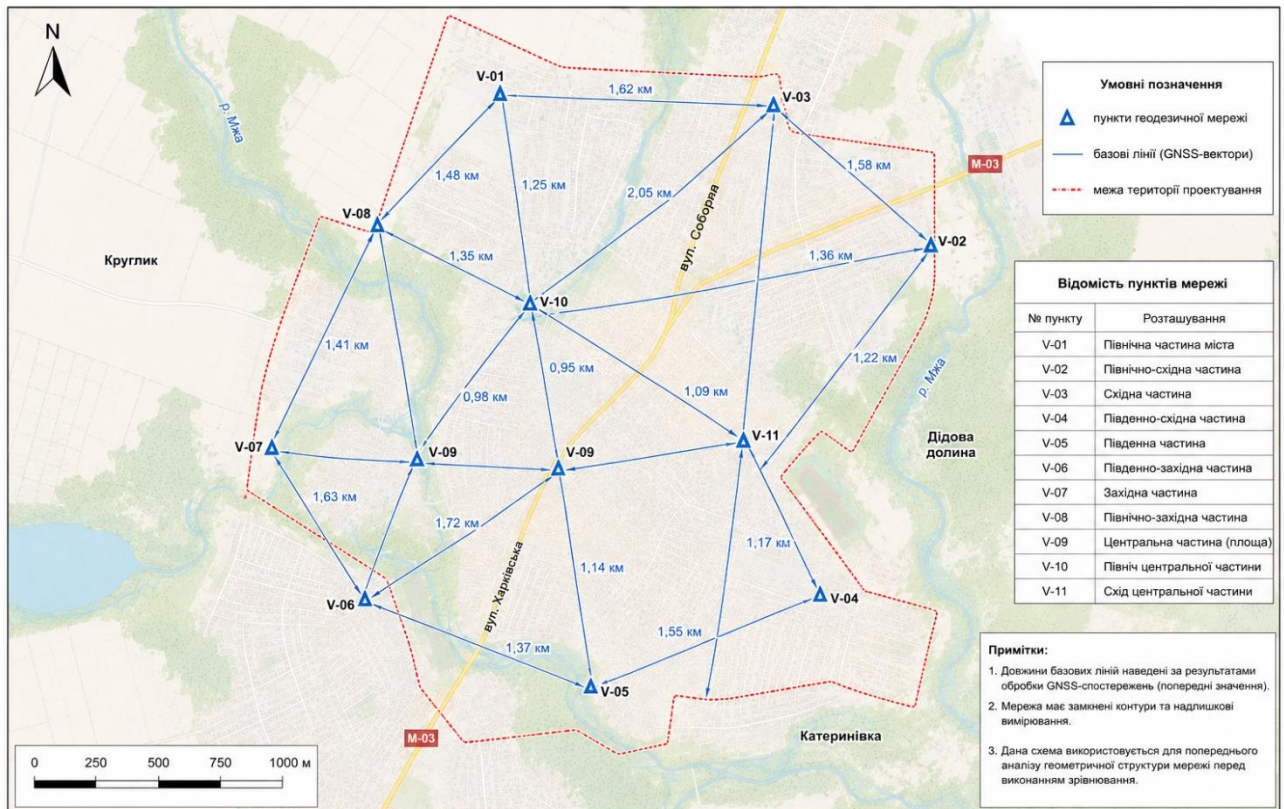


Рисунок 3.9 – Геодезична мережа перед виконанням зрівнювання

Основним етапом камеральної обробки є зрівнювання мережі методом найменших квадратів. Даний метод дозволяє отримати найбільш імовірні значення координат пунктів шляхом розподілу випадкових похибок між усіма вимірюваннями мережі. У процесі зрівнювання враховуються всі базові лінії, вихідні координати опорних пунктів та їх вагові характеристики.

Математична сутність зрівнювання полягає у мінімізації суми квадратів поправок до результатів вимірювань. У результаті зрівнювання визначаються остаточні координати пунктів планово-висотної основи, середні квадратичні похибки їх положення та статистичні показники якості побудови мережі. Одночасно виконується оцінка нев'язок за окремими базовими лініями та замкненими контурами.

Приклад результатів зрівнювання та оцінки точності координатних визначень наведено на рисунку 3.10.

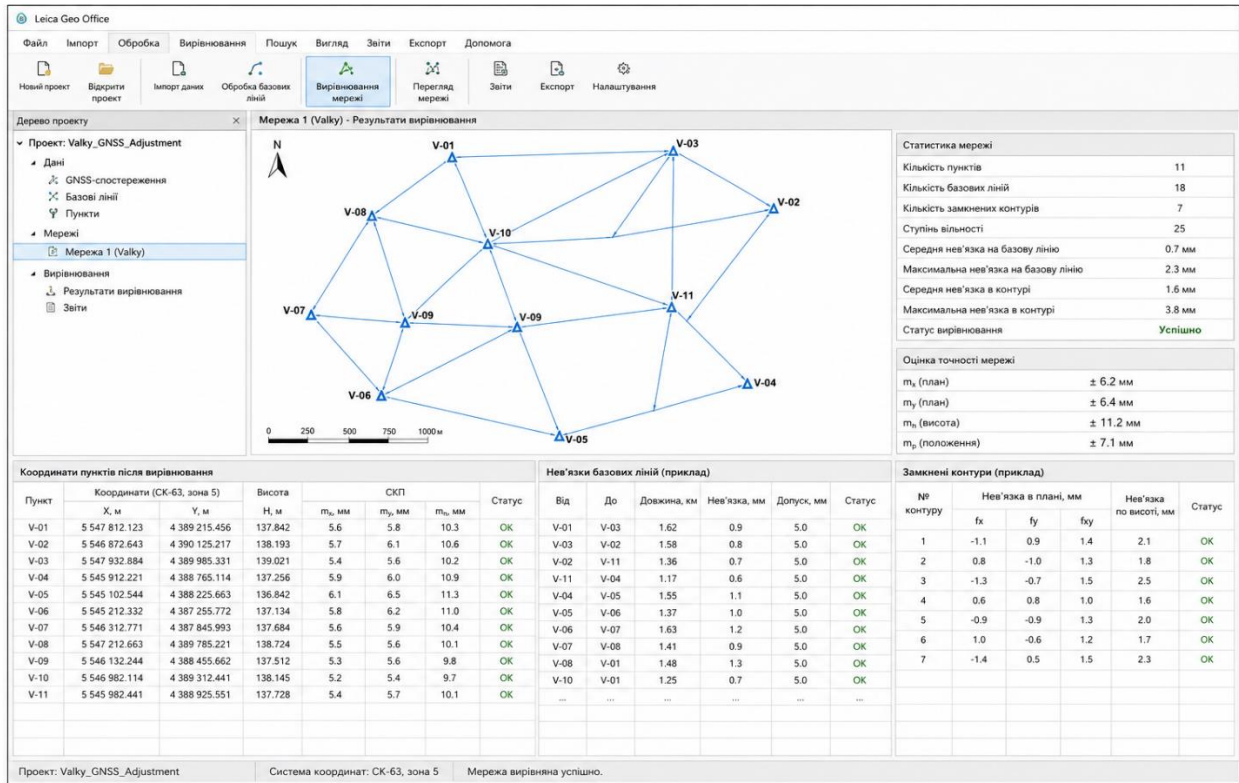


Рисунок 3.10 – Результати зрівнювання геодезичної мережі у програмному середовищі Leica Geo Office

Після завершення зрівнювання виконується аналіз отриманих статистичних показників. Для кожного пункту мережі визначаються середні квадратичні похибки координат, оцінюється відповідність отриманих результатів вимогам нормативних документів та перевіряється відсутність грубих помилок у вимірюваннях.

Згідно з виконаними розрахунками очікувана точність визначення планових координат пунктів мережі перебуває в межах ± 7 мм, а висотних відміток – у межах ± 12 мм. Такі показники відповідають вимогам до створення планово-висотної основи для виконання великомасштабних топографічних знімачів та інженерно-геодезичних робіт.

Завершальним етапом є формування каталогу координат пунктів планово-висотної основи та підготовка вихідних матеріалів для подальшого використання. Результати зрівнювання можуть експортуватися до геоінформаційних систем, програм автоматизованого проектування та інших спеціалізованих програмних комплексів.

Схема формування кінцевих результатів та структури каталогу координат наведена на рисунку 3.11.

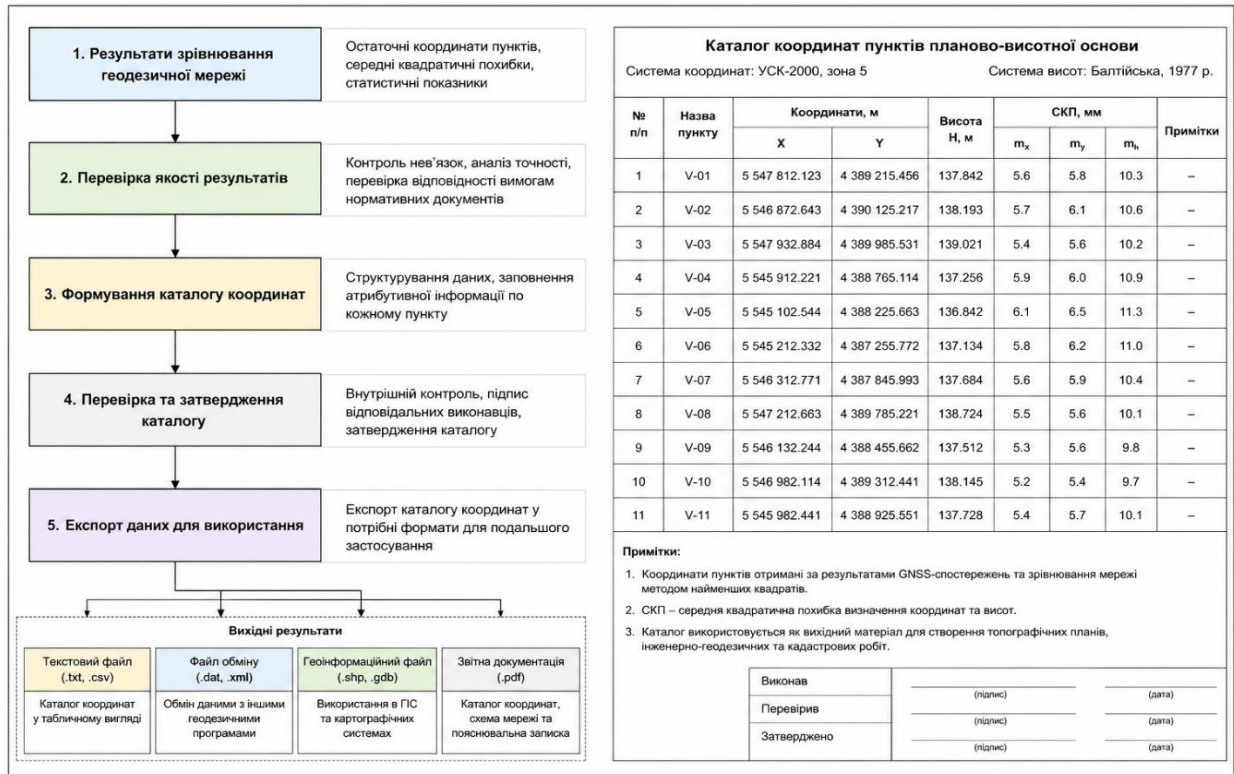


Рисунок 3.11 – Формування каталогу координат пунктів планово-висотної основи

Таким чином, камеральна обробка та зрівнювання геодезичної мережі забезпечують отримання достовірних координатних даних, контроль якості виконаних вимірювань та формування надійної планово-висотної основи території міста Валки Харківської області. Отримані результати можуть бути використані як координатна база для виконання топографічних, землепорядних, кадастрових та містобудівних робіт.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час виконання геодезичних робіт

Виконання геодезичних робіт під час створення та проєктування планово-висотної основи території міста Валки Харківської області пов'язане з впливом на працівників різноманітних небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Характер таких факторів визначається особливостями польових та камеральних робіт, використанням сучасного геодезичного обладнання, умовами навколишнього середовища, а також специфікою виконання вимірювань у межах населених пунктів та на відкритій місцевості.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» та чинних нормативних документів роботодавець зобов'язаний забезпечити безпечні умови праці працівників, а також вживати заходів щодо запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням. Для цього необхідно своєчасно виявляти небезпечні фактори виробничого середовища та оцінювати рівень їх впливу на персонал.

Під час виконання польових геодезичних робіт одним із найбільш поширених небезпечних факторів є транспортний рух. Значна частина пунктів планово-висотної основи розташовується поблизу автомобільних доріг, вулиць та транспортних розв'язок. При встановленні GNSS-приймачів або виконанні рекогностування місцевості працівники можуть перебувати в зоні руху транспортних засобів. Особливо небезпечними є ділянки з інтенсивним рухом автомобілів, обмеженою видимістю та відсутністю спеціально обладнаних місць для роботи. У таких умовах існує ризик дорожньо-транспортних пригод та отримання травм різного ступеня тяжкості.

Іншим важливим фактором є вплив несприятливих погодних умов. Геодезичні роботи переважно виконуються на відкритій місцевості, тому працівники піддаються впливу високих і низьких температур, атмосферних

опадів, сильного вітру та інтенсивного сонячного випромінювання. У літній період тривале перебування під прямими сонячними променями може призвести до перегрівання організму, теплового удару або сонячних опіків. У зимовий період небезпеку становлять переохолодження, ожеледиця та обмежена рухливість працівників через несприятливі погодні умови.

Особливу небезпеку під час виконання GNSS-спостережень становлять грозові явища. Геодезичне обладнання, встановлене на штативах, може виступати провідником атмосферної електрики. Робота під час грози значно підвищує ризик ураження блискавкою як обладнання, так і персоналу. У зв'язку з цим виконання геодезичних робіт під час грозових явищ категорично забороняється.

До шкідливих виробничих факторів належить також підвищене фізичне навантаження. Під час польових робіт працівники здійснюють тривалі переходи місцевістю, транспортують геодезичне обладнання, виконують встановлення та демонтаж штативів, антен, віх та інших пристроїв. Постійне фізичне навантаження може викликати втому, зниження концентрації уваги та збільшення ймовірності виникнення виробничих травм.

Суттєвий вплив на безпеку праці мають природні перешкоди місцевості. Під час роботи на території міста Валки можливе пересування поблизу ярів, схилів, водних об'єктів, густої рослинності та інших ділянок зі складними умовами рельєфу. Такі фактори підвищують ризик падіння, травмування та пошкодження обладнання.

Під час виконання камеральних робіт основним робочим місцем геодезиста є персональний комп'ютер. У цьому випадку небезпечні фактори мають інший характер. До них належать тривала робота за монітором, статичне навантаження на опорно-руховий апарат, перенапруження органів зору та нервово-емоційне навантаження. Тривала робота з програмними комплексами Leica Geo Office, QGIS та іншими геоінформаційними системами може призводити до втоми очей, порушення постави, болю в шийному та поперековому відділах хребта, а також зниження працездатності.

Окрему увагу слід приділити електробезпеці під час камеральної обробки даних. Комп'ютерна техніка, периферійне обладнання та засоби зв'язку працюють від електричної мережі, тому існує ризик ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції, несправності обладнання або порушення правил його експлуатації. Для запобігання таким ситуаціям необхідно використовувати справне обладнання та дотримуватися встановлених вимог електробезпеки.

В умовах сучасної України до небезпечних факторів додатково належать ризики, пов'язані з воєнним станом. Під час виконання польових геодезичних робіт необхідно враховувати можливість оголошення повітряної тривоги, ракетної небезпеки або інших надзвичайних ситуацій воєнного характеру. У таких випадках працівники повинні негайно припинити виконання робіт та діяти відповідно до затверджених інструкцій цивільного захисту.

Таким чином, виконання геодезичних робіт під час створення планово-висотної основи території міста Валки супроводжується впливом комплексу небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Основними серед них є транспортна небезпека, несприятливі погодні умови, фізичне навантаження, ризики під час роботи на відкритій місцевості, вплив комп'ютерної техніки та фактори воєнного характеру. Своєчасне виявлення зазначених факторів і впровадження відповідних заходів безпеки є необхідною умовою забезпечення охорони праці під час виконання геодезичних робіт.

4.2 Заходи з охорони праці під час виконання польових та камеральних геодезичних робіт

Забезпечення безпечних умов праці є важливою складовою організації геодезичних робіт. Під час створення планово-висотної основи території міста Валки Харківської області працівники виконують як польові, так і камеральні роботи, кожен з яких характеризується специфічними умовами праці та потребує дотримання відповідних вимог безпеки. Організація безпечного

виконання робіт повинна здійснюватися відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», Кодексу цивільного захисту України, державних будівельних норм та інших нормативно-правових актів у сфері охорони праці.

До початку виконання польових геодезичних робіт усі працівники повинні пройти вступний та первинний інструктажі з охорони праці. Особлива увага приділяється ознайомленню персоналу з особливостями місцевості, можливими небезпечними зонами, маршрутами пересування та правилами використання геодезичного обладнання. До виконання робіт допускаються лише особи, які пройшли відповідне навчання, інструктажі та медичний огляд у встановленому порядку.

Під час виконання польових вимірювань необхідно забезпечити безпечне транспортування та використання геодезичного обладнання. GNSS-приймачі, штативи, антени, віхи та інші прилади повинні транспортуватися у спеціальних захисних футлярах, що запобігають їх механічному пошкодженню. Встановлення обладнання необхідно виконувати на стійкій поверхні з обов'язковою перевіркою надійності закріплення штативів та інших конструктивних елементів.

Особливі заходи безпеки необхідно дотримуватися під час виконання робіт поблизу автомобільних доріг та транспортних магістралей. У таких випадках працівники повинні використовувати сигнальні жилети підвищеної видимості, а за необхідності встановлювати попереджувальні дорожні знаки та сигнальне огороження місця виконання робіт. Під час переходу проїзної частини слід користуватися спеціально обладнаними пішохідними переходами та дотримуватися Правил дорожнього руху.

При виконанні геодезичних робіт на відкритій місцевості необхідно враховувати вплив погодних умов. У літній період працівники повинні використовувати головні убори, захисний одяг та засоби захисту від ультрафіолетового випромінювання. Для запобігання перегріванню організму необхідно забезпечити достатній питний режим та передбачати регламентовані перерви для відпочинку. У холодний період року працівники повинні бути

забезпечені утепленням спецодягом та взуттям, що відповідає сезонним умовам експлуатації.

Особливу небезпеку становить виконання робіт під час грози. У разі появи грозових явищ польові роботи повинні бути негайно припинені. Геодезичне обладнання необхідно демонтувати, а персонал повинен переміститися до безпечного укриття. Забороняється перебування поблизу поодиноких дерев, металевих конструкцій, ліній електропередач та відкритих підвищень рельєфу.

Для забезпечення безпечної роботи з GNSS-приймачами необхідно здійснювати регулярний контроль технічного стану обладнання, перевіряти рівень заряду акумуляторів та справність кабельних з'єднань. Використання несправних приладів або пошкоджених елементів живлення не допускається.

Під час виконання камеральних робіт основна увага приділяється організації безпечного робочого місця користувача персонального комп'ютера. Робоче місце повинно відповідати вимогам ергономіки та санітарно-гігієнічним нормам. Монітор розташовується на відстані 50–70 см від очей користувача, а верхня межа екрана повинна знаходитися на рівні очей або дещо нижче. Робочий стіл і крісло повинні забезпечувати правильне положення тіла під час роботи.

Для зменшення навантаження на органи зору рекомендується дотримуватися режиму праці та відпочинку. Після кожної години роботи за комп'ютером необхідно робити короткочасні перерви тривалістю 5–10 хвилин. Під час перерв доцільно виконувати вправи для очей та розминку для зняття статичного навантаження з м'язів шиї, спини та рук.

Важливою складовою безпечної організації камеральних робіт є забезпечення електробезпеки. Усе комп'ютерне обладнання повинно бути заземлене та підключене через справні мережеві фільтри або джерела безперебійного живлення. Забороняється експлуатація обладнання з пошкодженими кабелями, розетками або іншими елементами електромережі.

Для забезпечення пожежної безпеки приміщення, у яких виконуються

камеральні роботи, повинні бути обладнані первинними засобами пожежогасіння. Працівники повинні знати місця розташування вогнегасників, шляхи евакуації та порядок дій у разі виникнення пожежі. Забороняється захарщення евакуаційних виходів, використання несправного електрообладнання та перевантаження електромережі.

Таким чином, реалізація комплексу організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів дозволяє забезпечити безпечні умови праці під час виконання польових та камеральних геодезичних робіт. Дотримання вимог охорони праці сприяє зниженню ризику виробничого травматизму, підвищенню ефективності виконання робіт та збереженню здоров'я працівників.

4.3 Дії персоналу геодезичних підрозділів у надзвичайних ситуаціях воєнного та природного характеру

В умовах сучасного розвитку суспільства питання забезпечення безпеки працівників під час виникнення надзвичайних ситуацій набувають особливої актуальності. Геодезичні роботи, пов'язані зі створенням планово-висотної основи території міста Валки Харківської області, виконуються як у польових умовах, так і в адміністративних та виробничих приміщеннях, що вимагає врахування можливих ризиків природного, техногенного та воєнного характеру. З метою збереження життя і здоров'я працівників необхідно забезпечити готовність персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях та організувати ефективну систему реагування на потенційні загрози.

До надзвичайних ситуацій природного характеру, які можуть виникати під час виконання геодезичних робіт, належать сильні грози, шквальні вітри, зливи, снігопади, ожеледиця, підтоплення територій, а також екстремально високі або низькі температури повітря. Такі явища можуть створювати загрозу життю та здоров'ю працівників, пошкоджувати геодезичне обладнання та ускладнювати виконання польових робіт.

У разі погіршення погодних умов керівник робіт зобов'язаний оцінити рівень небезпеки та прийняти рішення щодо припинення польових вимірювань. Особливо небезпечними є грозові явища, під час яких металеві конструкції геодезичного обладнання можуть стати об'єктами ураження блискавкою. У таких випадках роботи необхідно негайно припинити, демонтувати обладнання та забезпечити евакуацію персоналу до безпечного укриття або приміщення.

У разі виникнення сильного вітру або шквалів працівники повинні припинити встановлення та експлуатацію штативів, антен GNSS-приймачів та іншого обладнання, яке може втратити стійкість. Під час сильних опадів необхідно забезпечити захист електронного обладнання від потрапляння вологи та уникати виконання робіт поблизу водних об'єктів і потенційно небезпечних ділянок місцевості.

Особливу увагу в сучасних умовах необхідно приділяти надзвичайним ситуаціям воєнного характеру. Територія Харківської області належить до регіонів, де існує підвищений ризик виникнення небезпечних подій, пов'язаних із воєнними діями. У зв'язку з цим під час організації польових геодезичних робіт необхідно враховувати сигнали оповіщення населення про повітряну тривогу, ракетну небезпеку або інші загрози.

У разі оголошення сигналу «Повітряна тривога» всі роботи повинні бути негайно припинені незалежно від стадії їх виконання. Працівники зобов'язані відключити обладнання, за можливості забезпечити його збереження та негайно прямувати до найближчого укриття. Повернення до виконання робіт допускається лише після отримання офіційного повідомлення про завершення повітряної тривоги.

Під час проведення робіт на нових територіях необхідно попередньо перевіряти інформацію щодо наявності потенційно небезпечних зон та дотримуватися вимог органів місцевого самоврядування і підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій. У разі виявлення підозрілих предметів або невідомих вибухонебезпечних об'єктів працівники повинні негайно припинити роботи, відійти на безпечну відстань та повідомити

відповідні служби. Самостійне переміщення або огляд таких предметів категорично забороняється.

Окрему категорію надзвичайних ситуацій становлять пожежі. Причинами їх виникнення можуть бути несправності електрообладнання, короткі замикання електромережі, порушення правил експлуатації технічних засобів або зовнішні фактори. У разі виникнення пожежі працівники повинні негайно повідомити пожежно-рятувальну службу, організувати евакуацію людей із небезпечної зони та, за можливості, використати первинні засоби пожежогасіння для локалізації загоряння.

У приміщеннях, де здійснюється камеральна обробка результатів геодезичних вимірювань, повинні бути розроблені та розміщені плани евакуації, забезпечено вільний доступ до евакуаційних виходів і засобів пожежогасіння. Працівники повинні бути ознайомлені з порядком дій у разі пожежі, аварії електромережі або інших надзвичайних подій.

Ефективність реагування на надзвичайні ситуації значною мірою залежить від рівня підготовки персоналу. Тому важливим заходом є проведення періодичних інструктажів, навчань і тренувань з питань цивільного захисту та охорони праці. Працівники повинні знати порядок користування засобами індивідуального захисту, правила надання домедичної допомоги потерпілим та алгоритми дій у різних надзвичайних ситуаціях.

Таким чином, забезпечення безпеки працівників геодезичних підрозділів у надзвичайних ситуаціях ґрунтується на своєчасному виявленні потенційних загроз, належній організації робіт, дотриманні вимог цивільного захисту та постійній готовності персоналу до реагування на небезпечні події. Виконання зазначених заходів сприяє мінімізації ризиків для життя і здоров'я працівників та забезпечує безперервність виконання геодезичних робіт навіть в умовах підвищеної небезпеки.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі виконано проектування планово-висотної основи території міста Валки Харківської області із застосуванням сучасних супутникових геодезичних технологій. Проведене дослідження підтвердило ефективність використання GNSS-технологій для створення високоточних геодезичних мереж, які забезпечують виконання топографо-геодезичних, землевпорядних та містобудівних робіт відповідно до сучасних нормативних вимог.

У процесі виконання роботи було проаналізовано сучасні підходи до створення планово-висотної основи територій населених пунктів та розглянуто особливості застосування глобальних навігаційних супутникових систем у геодезичному виробництві. Встановлено, що використання супутникових методів визначення координат дозволяє суттєво підвищити продуктивність геодезичних робіт, скоротити тривалість польових вимірювань та забезпечити високу точність координатних визначень.

Досліджено принципи функціонування сучасних GNSS-технологій та програмних засобів камеральної обробки результатів вимірювань. Визначено, що програмний комплекс Leica Geo Office забезпечує ефективне виконання обробки супутникових спостережень, контроль якості вимірювань, зрівнювання геодезичних мереж та формування каталогу координат пунктів планово-висотної основи.

У межах практичної частини роботи виконано аналіз території міста Валки Харківської області як об'єкта проектування. На основі супутникових знімків та цифрових картографічних матеріалів досліджено особливості просторової структури території, характер забудови, транспортну мережу та умови виконання супутникових спостережень. Визначено найбільш придатні ділянки для розміщення пунктів планово-висотної основи з урахуванням вимог до відкритості горизонту та забезпечення довготривалого збереження геодезичних центрів.

Розроблено проєкт планово-висотної основи території міста Валки із використанням системи взаємопов'язаних пунктів, рівномірно розташованих у межах території дослідження. Запропонована конфігурація мережі забезпечує надійний геометричний зв'язок між пунктами, наявність замкнених контурів та можливість контролю результатів вимірювань за допомогою надлишкових спостережень.

Виконано попередню оцінку точності проєктованої мережі. За результатами розрахунків встановлено, що очікувана середня квадратична похибка визначення планових координат становить близько ± 7 мм, а висотних відміток – близько ± 12 мм. Отримані показники відповідають вимогам до створення планово-висотної основи для виконання великомасштабних топографічних знімів та інженерно-геодезичних робіт.

Розроблено технологічну схему обробки результатів GNSS-спостережень та виконано моделювання процесу зрівнювання геодезичної мережі методом найменших квадратів. Визначено основні етапи камеральної обробки даних, що забезпечують отримання достовірних координатних характеристик пунктів мережі та контроль якості виконаних вимірювань.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання розробленого проєкту планово-висотної основи для виконання топографо-геодезичних, кадастрових, землевпорядних та містобудівних робіт на території міста Валки Харківської області. Запропоновані рішення можуть бути використані як основа для створення цифрових топографічних планів, формування геоінформаційних систем, розвитку інфраструктури просторових даних та подальшого вдосконалення геодезичного забезпечення території.

Отже, поставлена мета дипломної роботи досягнута, а всі визначені завдання виконані у повному обсязі.

Значна увага була приділена питанням з охорони праці.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 23.12.1998 № 353-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14> (дата звернення: 14.06.2026).
2. Закон України «Про Державний земельний кадастр» від 07.07.2011 № 3613-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17> (дата звернення: 14.06.2026).
3. Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0393-98> (дата звернення: 14.06.2026).
4. Про затвердження Порядку топографічної зйомки. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/re44274> (дата звернення: 14.06.2026).
5. Основні положення створення Державної геодезичної мережі України : постанова Кабінету Міністрів України від 08.06.1998 № 844.
6. Беспалько Р. І. ГНСС-технології у землеустрої : навчальний посібник. Чернівці : Чернівецький національний університет, 2022. 210 с.
7. Тревого І. С., Шевчук В. М. Супутникова геодезія : навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. 332 с.
8. Перій С. С., Маланчук М. С. Геодезичні мережі та їх математична обробка. Львів : Львівська політехніка, 2020. 286 с.
9. Шульц Р. В., Лященко А. А. Геодезія : підручник. Київ : Ліра-К, 2022. 560 с.
10. Мороз О. І., Третяк К. Р. Вища геодезія. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. 428 с.
11. Третяк К. Р. Супутникова геодезія : навчальний посібник. Львів : Львівська політехніка, 2020. 384 с.
12. Leica Geosystems AG. Leica Geo Office Combined Manual. Heerbrugg, Switzerland, 2021. 468 p.
13. Leica Geo Office. Офіційний опис програмного комплексу Leica Geo

Office. URL: <https://ngc.com.ua/ua/shop/lgo/leica/> (дата звернення: 14.06.2026).

14. Нестеренко С. Г., Афанасьєв О. В. Використання сучасного програмного забезпечення для обробки геодезичних вимірювань. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025.

15. Методичні вказівки до проєктування геодезичних мереж. Одеса : ОДАБА, 2021. 92 с.

16. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E. GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo and More. Vienna : Springer, 2020. 516 p.

17. Leick A., Rapoport L., Tatarnikov D. GPS Satellite Surveying. 5th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2021. 840 p.

18. Teunissen P., Montenbruck O. Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems. Cham : Springer, 2022. 1371 p.

19. Van Sickle J. GPS for Land Surveyors. 5th ed. Boca Raton : CRC Press, 2021. 432 p.

20. Seeber G. Satellite Geodesy. Foundations, Methods and Applications. Berlin : Walter de Gruyter, 2020. 612 p.

21. Trimble Inc. GNSS Surveying Fundamentals. Sunnyvale, California, 2022. 287 p.

22. International GNSS Service (IGS). Official Products and Services. URL: <https://igs.org> (дата звернення: 14.06.2026).

23. OpenStreetMap Contributors. OpenStreetMap. URL: <https://www.openstreetmap.org> (дата звернення: 14.06.2026).

24. Google Earth Pro. Satellite Imagery and Geospatial Data. URL: <https://earth.google.com> (дата звернення: 14.06.2026).

25. QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. URL: <https://qgis.org> (дата звернення: 14.06.2026).