

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА,  
ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ



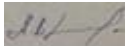
Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем

## Пояснювальна записка

до дипломної роботи бакалавра

на тему: **«ПРОЄКТУВАННЯ ОПОРНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ СМТ  
ВІЛЬШАНИ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ»**

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

		Насурдінов Тимур Раджабалійович
Керівник		Нестеренко Сергій Григорович
Рецензент		Воронков Олексій Олександрович

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.

 Восстановивая подпись

X 

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




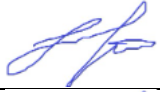


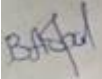
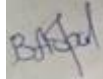
«25» травня 2026 року

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

Насурдінову Тимуру Раджабалійовичу

1. Тема проекту (роботи) Проектування опорної геодезичної мережі смт Вільшани Харківської області  
керівник проекту (роботи) к.т.н., доцент Нестеренко Сергій Григорович,  
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) матеріали, растрова підоснова території, результати GNSS-спостережень та матеріали геодезичних зніманих
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) схема побудови мережі, геодезичне і координатне забезпечення проекту, використання GNSS-технологій
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) каталог координат пунктів, схема проектної опорної геодезичної мережі.

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Нестеренко Сергій Григорович, доцент кафедри ЗА та ГІС		
2	Нестеренко Сергій Григорович, доцент кафедри ЗА та ГІС		
3	Нестеренко Сергій Григорович, доцент 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



Насурдінов Т. Р.

Керівник роботи



Нестеренко С. Г.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 56 с., 4 табл., 26 рис., 20 джерел, 16 слайдів.

СУПУТНИКОВІ СПОСТЕРЕЖЕННЯ, ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ, НАСЕЛЕНИЙ ПУНКТ, ГЕОДЕЗИЧНА ОСНОВА, ПРОСТОРОВІ ДАНІ, ВРІВНОВАЖЕННЯ МЕРЕЖІ.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є опорна геодезична мережа території смт Вільшани Харківської області.

Предметом дипломної роботи є методи і способи проектування опорних геодезичних мереж, визначення координат пунктів із застосуванням сучасних супутникових геодезичних технологій.

Мета – розробка проекту опорної геодезичної мережі смт Вільшани Харківської області з використанням сучасних супутникових геодезичних технологій.

Методи дослідження – аналізу та узагальнення наукових джерел, порівняльний аналіз нормативних документів, методи геодезичних розрахунків, просторового аналізу, математичної обробки результатів вимірювань та проектування геодезичних мереж.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання розробленого проекту опорної геодезичної мережі для виконання топографо-геодезичних робіт, інженерних вишукувань, кадастрового забезпечення, землевпорядних робіт та розвитку геопросторової інфраструктури смт Вільшани Харківської області.

## ЗМІСТ

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ОПОРНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ.....	9
1.1 Роль опорних геодезичних мереж у топографо-геодезичному забезпеченні.....	9
1.2 Нормативні вимоги до побудови геодезичних мереж .....	12
1.3 Сучасні методи визначення координат пунктів ОГМ .....	15
2 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ОПОРНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ ...	19
2.1 Характеристика території смт Вільшани .....	19
2.2 Вибір пунктів та схема побудови мережі.....	22
2.3 Геодезичне та координатне забезпечення проєкту .....	25
3 ПРОЄКТУВАННЯ ОПОРНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ СМТ ВІЛЬШАНИ	30
3.1 Використання GNSS-технологій при створенні ОГМ .....	30
3.2 Розрахунок та аналіз координат пунктів .....	34
3.3 Схема проєктної опорної геодезичної мережі .....	38
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	42
4.1 Аналіз умов праці під час виконання геодезичних робіт .....	42
4.2 Заходи з охорони праці при проведенні GNSS-спостережень та польових геодезичних робіт .....	44
4.3 Дії персоналу під час надзвичайних ситуацій та воєнних загроз при виконанні геодезичних робіт .....	47
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	55

## ВСТУП

Сучасний розвиток геодезії, землеустрою та будівництва нерозривно пов'язаний із забезпеченням високої точності просторових даних. Основою виконання топографо-геодезичних робіт, інженерних вишукувань, проектування та будівництва об'єктів різного призначення є опорні геодезичні мережі, які забезпечують єдину координатну основу для визначення положення об'єктів на місцевості. Від точності та надійності геодезичної мережі залежить якість виконання подальших геодезичних, картографічних і кадастрових робіт, а також ефективність управління територіями та інфраструктурними об'єктами.

В умовах активного розвитку супутникових технологій, цифрових геопросторових систем та сучасних методів вимірювань особливого значення набуває проектування опорних геодезичних мереж із використанням глобальних навігаційних супутникових систем. Застосування GNSS-технологій дозволяє підвищити точність визначення координат пунктів, скоротити тривалість польових робіт та забезпечити сумісність результатів із державними системами координат. Водночас створення ефективної геодезичної мережі потребує врахування природних, технічних та організаційних особливостей конкретної території.

Актуальність теми дипломної роботи обумовлена необхідністю розвитку сучасного геодезичного забезпечення населених пунктів, удосконалення методів проектування опорних геодезичних мереж та впровадження супутникових технологій для підвищення точності й надійності координатної основи територій. Особливого значення такі роботи набувають для територій, де здійснюються топографо-геодезичні, кадастрові, землевпорядні та будівельні роботи.

Метою дипломної роботи є розробка проєкту опорної геодезичної мережі смт Вільшани Харківської області з використанням сучасних методів координатного забезпечення та супутникових геодезичних технологій.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішуються такі завдання:

- дослідити теоретичні основи створення та функціонування опорних геодезичних мереж;
- проаналізувати нормативно-правові вимоги до побудови геодезичних мереж в Україні;
- розглянути сучасні методи визначення координат пунктів геодезичних мереж;
- виконати характеристику території смт Вільшани Харківської області як об'єкта проектування;
- обґрунтувати вибір місць розташування пунктів та схему побудови опорної геодезичної мережі;
- дослідити можливості використання GNSS-технологій для створення геодезичної мережі;
- здійснити аналіз координатного забезпечення та сформулювати проєкт опорної геодезичної мережі досліджуваної території.

Об'єктом дослідження є опорна геодезична мережа території смт Вільшани Харківської області.

Предметом дослідження є методи та технології проектування опорних геодезичних мереж, визначення координат пунктів та їх координатного забезпечення із застосуванням сучасних супутникових геодезичних технологій.

У процесі виконання дипломної роботи використано методи аналізу та узагальнення наукових джерел, порівняльний аналіз нормативних документів, методи геодезичних розрахунків, просторового аналізу, математичної обробки результатів вимірювань та проектування геодезичних мереж.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання розробленого проєкту опорної геодезичної мережі для виконання топографо-геодезичних робіт, інженерних вишукувань, кадастрового забезпечення, землевпорядних робіт та розвитку геопросторової інфраструктури смт Вільшани Харківської області.

Структура дипломної роботи складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. У першому розділі розглянуто

теоретичні основи створення опорних геодезичних мереж, нормативні вимоги та сучасні методи визначення координат пунктів. Другий розділ присвячено характеристиці території дослідження, вибору пунктів та координатному забезпеченню проєкту. У третьому розділі наведено результати проєктування опорної геодезичної мережі смт Вільшани із використанням GNSS-технологій та аналізом координат пунктів. У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час виконання геодезичних робіт.

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ОПОРНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ

## 1.1 Роль опорних геодезичних мереж у топографо-геодезичному забезпеченні

Сучасний розвиток геодезії, картографії, землеустрою та будівництва базується на використанні точних просторових даних, які забезпечують можливість визначення положення об'єктів у єдиній системі координат. Основою отримання таких даних є опорні геодезичні мережі, що формують координатний каркас території та забезпечують виконання широкого спектра топографо-геодезичних робіт. Від якості створення та функціонування опорних геодезичних мереж залежить точність визначення координат об'єктів місцевості, результатів інженерних вишукувань, кадастрових робіт та проектування об'єктів будівництва [1-4].

Опорна геодезична мережа являє собою систему закріплених на місцевості пунктів, для яких визначено планові координати та висоти у державній системі координат. Такі пункти використовуються як вихідна основа для створення мереж згущення, знімальних мереж, виконання топографічних знімків та винесення проєктів у натуру. Наявність надійної опорної мережі дозволяє забезпечити єдність вимірювань на території та отримати результати, які можуть використовуватися різними організаціями без необхідності додаткового узгодження координатних систем.

Особливого значення опорні геодезичні мережі набувають у процесі топографо-геодезичного забезпечення територій. Вони виступають первинною ланкою формування геопросторових даних та забезпечують зв'язок між польовими вимірюваннями і кінцевими картографічними матеріалами. Саме на основі пунктів опорної мережі виконуються топографічні знімання місцевості, створюються цифрові моделі рельєфу, розробляються топографічні плани та карти різних масштабів.

Структуру використання опорних геодезичних мереж у системі топографо-геодезичного забезпечення території наведено на рисунку 1.1 [5].



Рисунок 1.1 – Місце опорної геодезичної мережі у системі топографо-геодезичного забезпечення території

З наведеної схеми видно, що опорна геодезична мережа є базовим елементом усієї системи геодезичного забезпечення. Саме від неї здійснюється перехід до створення мереж згущення, виконання інженерно-геодезичних вишукувань, топографічного знімання та формування цифрових геопросторових даних. Такий підхід забезпечує узгодженість усіх результатів вимірювань і створює передумови для їх подальшого використання в кадастрових, містобудівних та інженерних інформаційних системах.

Важливим завданням опорних геодезичних мереж є забезпечення координатної сумісності просторових даних. У сучасних умовах різноманітні організації виконують геодезичні, землепорядні, кадастрові та будівельні роботи на одній території. Використання єдиної координатної основи дозволяє інтегрувати результати таких робіт у межах єдиного геопросторового

середовища та забезпечити можливість їх подальшого використання без додаткових трансформацій координат.

Суттєві зміни у розвитку опорних геодезичних мереж відбулися завдяки впровадженню супутникових технологій. Якщо раніше створення геодезичних мереж здійснювалося переважно методами триангуляції, полігонометрії та нівелювання, то сьогодні основним інструментом визначення координат є глобальні навігаційні супутникові системи. Використання GNSS-технологій дозволяє визначати координати пунктів із сантиметровою точністю, скорочувати терміни виконання робіт та забезпечувати високу надійність результатів [6].

Важливу роль опорні геодезичні мережі відіграють також у процесах управління територіями. Вони є основою функціонування державного земельного кадастру, містобудівного кадастру, геоінформаційних систем територіальних громад, систем моніторингу інженерних споруд та об'єктів інфраструктури. Крім того, результати геодезичних вимірювань використовуються для контролю деформацій будівель і споруд, моніторингу небезпечних геологічних процесів та забезпечення безпечної експлуатації інженерних об'єктів.

На сучасному етапі розвитку геодезичної галузі спостерігається тенденція переходу до використання постійно діючих референцних GNSS-станцій, які забезпечують можливість виконання високоточних вимірювань у режимі реального часу. Такі мережі значно розширюють можливості створення та модернізації опорних геодезичних мереж, підвищують оперативність виконання робіт та забезпечують інтеграцію національних координатних систем із міжнародними геодезичними референцними системами [7].

Отже, опорні геодезичні мережі є фундаментальною складовою топографо-геодезичного забезпечення територій. Вони формують координатну основу для виконання геодезичних, картографічних, кадастрових та будівельних робіт, забезпечують єдність просторових даних і створюють

необхідні умови для розвитку сучасних геоінформаційних технологій та систем управління територіями.

## 1.2 Нормативні вимоги до побудови геодезичних мереж

Створення та розвиток геодезичних мереж на території України здійснюється відповідно до чинної нормативно-правової бази, яка регламентує порядок виконання топографо-геодезичних робіт, вимоги до точності визначення координат і висот пунктів, а також правила їх закріплення та подальшого використання. Дотримання нормативних вимог є необхідною умовою забезпечення єдності геодезичних вимірювань та сумісності просторових даних, що використовуються в кадастровій, містобудівній, інженерній та картографічній діяльності [1-9].

Основними нормативними документами, які регламентують створення геодезичних мереж в Україні, є Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», Порядок загальнодержавного топографічного і тематичного картографування, нормативні документи щодо функціонування Державної геодезичної мережі України, а також чинні інструкції з виконання топографо-геодезичних робіт. Важливе значення мають нормативні документи, що визначають використання державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 та державної системи висот [2-6].

Державна геодезична мережа України являє собою сукупність геодезичних пунктів, рівномірно розташованих на території держави та пов'язаних між собою високоточними вимірюваннями. Вона призначена для поширення єдиної системи координат на території країни та створення координатної основи для виконання топографо-геодезичних, землевпорядних, кадастрових і будівельних робіт. На базі пунктів державної геодезичної мережі створюються мережі згущення та локальні опорні мережі, які забезпечують необхідну щільність геодезичних пунктів на конкретних територіях [9-11].

Ієрархічна структура геодезичних мереж України наведена на рисунку 1.2.

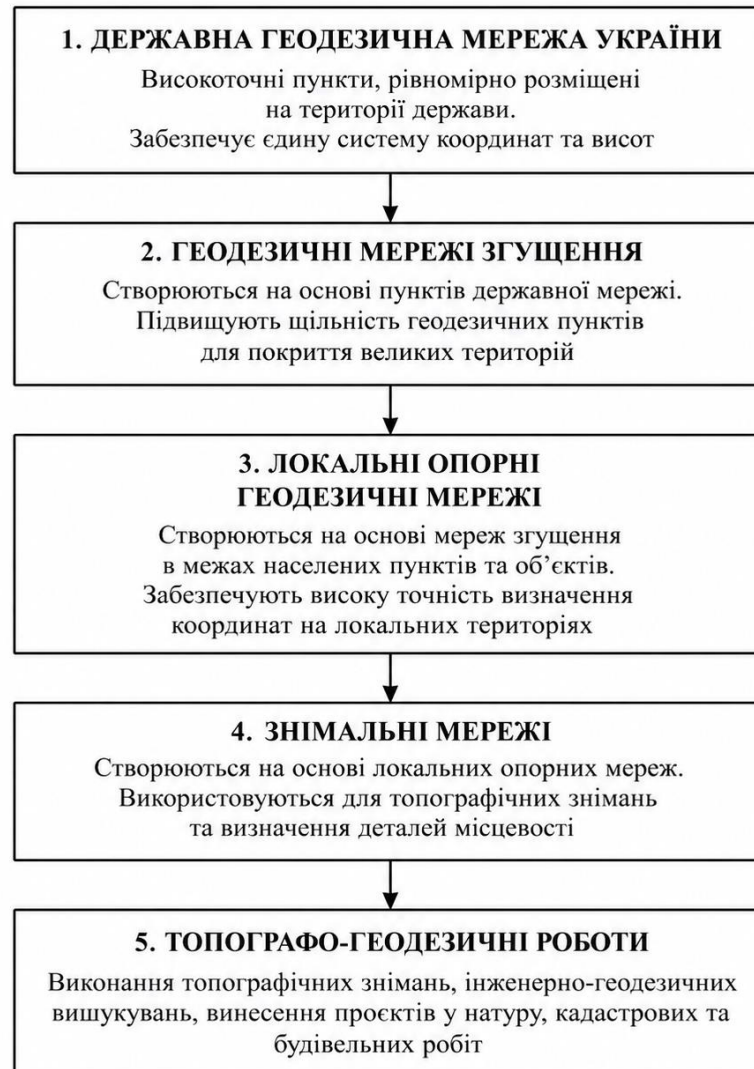


Рисунок 1.2 – Ієрархія геодезичних мереж, що використовуються для топографо-геодезичного забезпечення територій

З наведеної схеми видно, що основою координатного забезпечення є Державна геодезична мережа України. Від її пунктів здійснюється розвиток геодезичних мереж згущення та створення локальних опорних мереж, які безпосередньо використовуються під час виконання інженерно-геодезичних вишукувачь, топографічних знімачь та будівельних робіт [12].

Однією з основних нормативних вимог є забезпечення необхідної точності визначення координат пунктів. Точність створення мережі залежить від її призначення, площі території та подальших напрямів використання результатів. Для виконання інженерно-геодезичних робіт у межах населених пунктів особливе значення мають локальні опорні мережі, координати пунктів яких повинні забезпечувати можливість побудови великомасштабних топографічних планів та винесення проектних рішень у натуру.

Нормативними документами також встановлюються вимоги до вибору місць закладання геодезичних пунктів. Пункти повинні розташовуватися на стабільних ділянках місцевості, які забезпечують довготривале збереження геодезичних центрів та можливість виконання подальших вимірювань. При створенні мереж із використанням супутникових технологій необхідно враховувати умови прийому сигналів навігаційних супутників, відсутність перешкод для спостережень та можливість безпечного доступу до пунктів [13].

Важливою складовою нормативного забезпечення є використання єдиної державної системи координат. В Україні для виконання сучасних геодезичних робіт застосовується Українська система координат УСК-2000, яка забезпечує сумісність результатів вимірювань на всій території держави. Використання єдиної системи координат дозволяє інтегрувати результати топографо-геодезичних, кадастрових та містобудівних робіт у межах національної інфраструктури геопросторових даних [14-16].

Сучасні нормативні документи передбачають широке використання глобальних навігаційних супутникових систем під час створення геодезичних мереж. Застосування GNSS-технологій дозволяє виконувати визначення координат пунктів із високою точністю, скорочувати тривалість польових робіт та забезпечувати оперативне оновлення координатної основи територій. Особливу роль при цьому відіграють мережі постійно діючих референціальних станцій, які забезпечують можливість виконання вимірювань у режимі реального часу [17].

Таким чином, нормативні вимоги до побудови геодезичних мереж спрямовані на забезпечення високої точності, надійності та сумісності просторових даних. Дотримання встановлених правил створення геодезичних мереж дозволяє формувати ефективну координатну основу для виконання топографо-геодезичних, кадастрових та інженерно-будівельних робіт, що є необхідною умовою сталого розвитку територій та функціонування сучасної геопросторової інфраструктури.

### 1.3 Сучасні методи визначення координат пунктів ОГМ

Точність визначення координат пунктів є однією з основних умов ефективного функціонування опорних геодезичних мереж. Від якості координатного забезпечення залежить достовірність результатів топографо-геодезичних, кадастрових, інженерно-вишукувальних та будівельних робіт. У зв'язку з розвитком вимірювальної техніки та супутникових технологій методи визначення координат за останні десятиліття зазнали суттєвих змін, що дозволило значно підвищити точність вимірювань та скоротити витрати часу на виконання польових робіт.

Традиційно координати пунктів геодезичних мереж визначалися наземними геодезичними методами, до яких належать триангуляція, трилатерація, полігонометрія та нівелювання. Дані методи базуються на вимірюванні горизонтальних кутів, довжин ліній і перевищень між пунктами мережі. Незважаючи на появу сучасних супутникових технологій, класичні геодезичні методи продовжують використовуватися під час виконання високоточних інженерних робіт, а також для контролю та перевірки результатів супутникових вимірювань [18].

Триангуляційний метод ґрунтується на побудові системи суміжних трикутників, у яких вимірюються кути та окремі базисні сторони. На основі результатів вимірювань визначаються координати всіх пунктів мережі. Протягом багатьох років триангуляція була основним методом створення

державних геодезичних мереж великих територій. Перевагою методу є висока точність визначення координат, проте його використання потребує прямої видимості між пунктами та значних витрат часу на виконання польових робіт.

Полігонометрія передбачає створення ламаних ходів між геодезичними пунктами з вимірюванням горизонтальних кутів та довжин сторін. Метод широко застосовується під час створення мереж згущення та локальних опорних мереж у межах населених пунктів. Його перевагою є можливість виконання робіт в умовах забудованих територій, де створення триангуляційних мереж ускладнене через обмежену взаємну видимість пунктів.

Для визначення висотного положення пунктів використовується геометричне та тригонометричне нівелювання. Геометричне нівелювання забезпечує найвищу точність визначення перевищень між пунктами та застосовується під час створення державних і локальних висотних мереж. Тригонометричне нівелювання базується на вимірюванні вертикальних кутів та відстаней і використовується переважно в комплексі з тахеометричними роботами [19].

Сучасний етап розвитку геодезії характеризується широким використанням глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS). До таких систем належать GPS (США), GLONASS (Україна? Росія), Galileo (Європейський Союз) та BeiDou (Китай). Використання сигналів декількох супутникових угруповань одночасно дозволяє підвищити точність і надійність визначення координат навіть у складних умовах спостережень [20].

Основні сучасні методи визначення координат пунктів опорних геодезичних мереж наведено на рисунку 1.3.

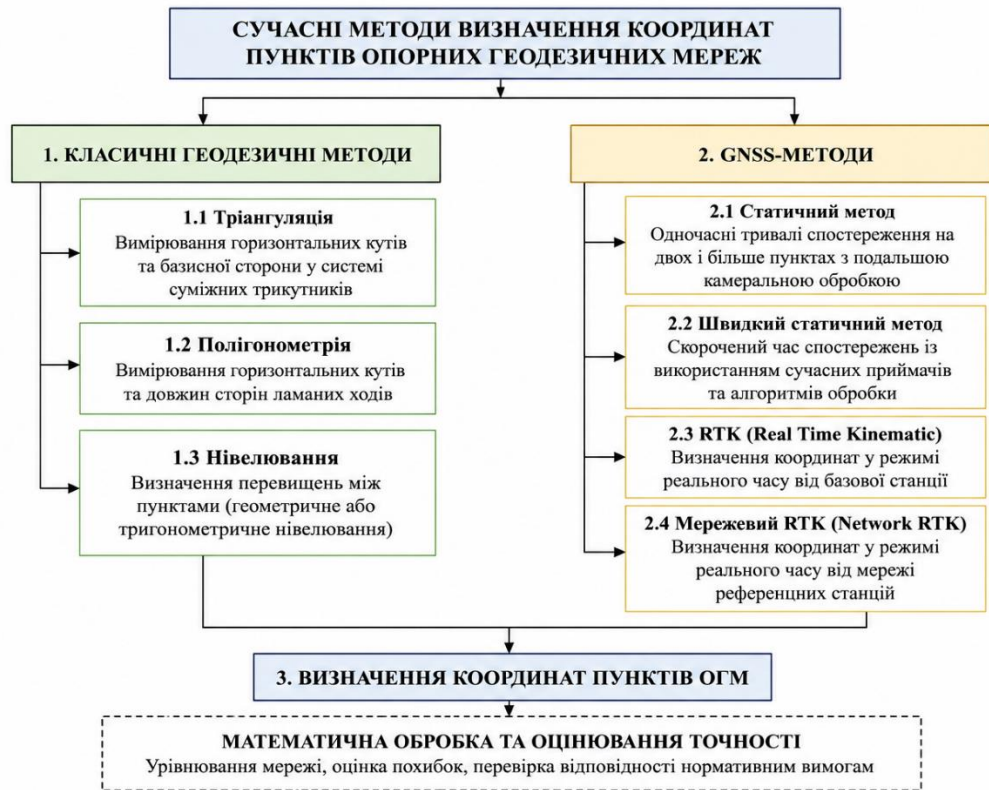


Рисунок 1.3 – Сучасні методи визначення координат пунктів опорних геодезичних мереж

Одним із найбільш поширених способів супутникових вимірювань є статичний метод. Він передбачає одночасне виконання тривалих спостережень на двох або більше пунктах мережі з подальшою математичною обробкою результатів. Статичний метод забезпечує міліметрову та сантиметрову точність визначення координат і широко використовується під час створення державних геодезичних мереж, мереж згущення та опорних мереж населених пунктів.

Для виконання робіт на локальних територіях часто застосовується швидкий статичний метод. Його особливістю є скорочення часу спостережень на пункті за рахунок використання сучасних двочастотних супутникових приймачів та вдосконалених алгоритмів обробки даних. Метод дозволяє отримувати координати з високою точністю при суттєвому зменшенні трудомісткості польових робіт.

Значного поширення набули технології RTK (Real Time Kinematic) та мережевий RTK. Дані методи забезпечують визначення координат у режимі

реального часу за допомогою поправок, що надходять від базових або референцних станцій. Використання RTK-технологій дозволяє отримувати координати з точністю до кількох сантиметрів без необхідності тривалої камеральної обробки результатів вимірювань.

Важливим напрямом розвитку координатного забезпечення є використання мереж постійно діючих референцних GNSS-станцій. Такі мережі формують єдине координатне поле та дозволяють виконувати високоточні геодезичні вимірювання на значних територіях. На території України функціонують референцні мережі, які забезпечують користувачів диференціальними поправками та сприяють розвитку сучасних технологій геодезичного позиціонування.

Під час створення опорних геодезичних мереж важливим є не лише визначення координат пунктів, а й оцінювання їх точності. Для цього застосовуються методи математичної обробки результатів вимірювань, урівнювання геодезичних мереж та статистичного аналізу похибок. Проведення таких розрахунків дозволяє оцінити якість створеної мережі та підтвердити її відповідність нормативним вимогам.

Отже, сучасні методи визначення координат пунктів опорних геодезичних мереж поєднують класичні геодезичні підходи та супутникові технології. Найбільш перспективними на сьогодні є GNSS-методи, які забезпечують високу точність, оперативність та економічну ефективність виконання геодезичних робіт. Саме використання сучасних супутникових технологій є основою проектування та розвитку опорних геодезичних мереж населених пунктів.

## 2 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ОПОРНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ

### 2.1 Характеристика території смт Вільшани

Селище міського типу Вільшани розташоване в Харківському районі Харківської області та є одним із населених пунктів, для якого забезпечення актуальною геодезичною основою має важливе значення під час виконання топографо-геодезичних, землевпорядних та будівельних робіт. Територія населеного пункту характеризується сформованою житловою забудовою, наявністю транспортної інфраструктури, інженерних мереж та об'єктів соціального призначення, що потребують якісного координатного забезпечення.

Географічне положення смт Вільшани визначає його важливу роль у структурі територіального розвитку Харківської області. Населений пункт розташований у межах лісостепової природної зони та характеризується переважно рівнинним рельєфом із незначними перепадами висот. Такі умови є сприятливими для виконання геодезичних вимірювань та створення опорної геодезичної мережі. Разом із тим окремі ділянки забудови, зелені насадження та елементи інженерної інфраструктури можуть впливати на умови виконання польових спостережень і повинні враховуватися під час проєктування мережі.

Розташування смт Вільшани в межах Харківської області наведено на рисунку 2.1.

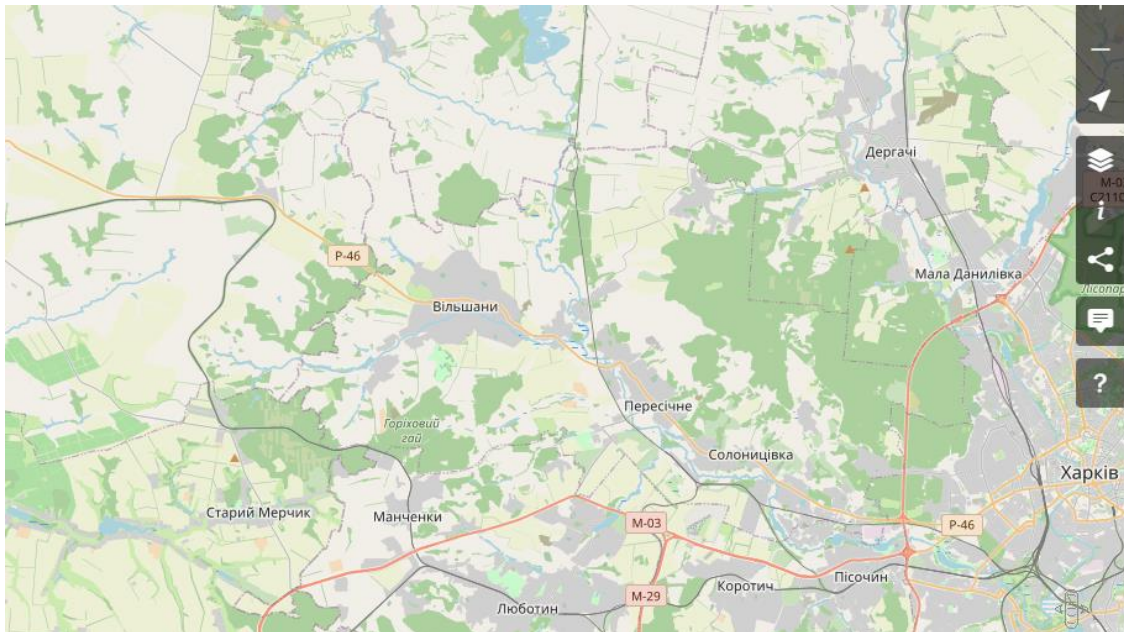


Рисунок 2.1 – Розташування смт Вільшани в межах Харківської області за даними Open Street Maps

З географічної точки зору територія дослідження має вигідне транспортне положення та характеризується наявністю розвиненої мережі автомобільних доріг місцевого значення. Транспортна доступність пунктів є важливим фактором під час створення опорної геодезичної мережі, оскільки забезпечує можливість оперативного виконання польових робіт, закладання геодезичних центрів та подальшого обслуговування пунктів.

Суттєвий вплив на процес проектування геодезичної мережі мають особливості забудови населеного пункту. Центральна частина смт Вільшани характеризується більш щільною житловою та громадською забудовою, тоді як периферійні території представлені переважно садибною забудовою та відкритими земельними ділянками. Наявність відкритих просторів створює сприятливі умови для виконання супутникових спостережень, оскільки зменшується вплив екранування сигналів навігаційних супутників.

Для ефективного проектування опорної геодезичної мережі важливим є врахування існуючої ситуації щодо геодезичного забезпечення території. Під час вибору місць розташування пунктів необхідно забезпечити їх рівномірний розподіл у межах населеного пункту, наявність взаємної доступності для

виконання вимірювань та можливість довготривалого збереження геодезичних центрів. Особлива увага приділяється вибору стабільних ділянок місцевості, які не зазнаватимуть значних техногенних або природних впливів у процесі подальшої експлуатації мережі.

Значну роль при створенні опорної мережі відіграють сучасні цифрові картографічні матеріали та супутникові знімки високої роздільної здатності. Використання таких даних дозволяє виконати попередній аналіз території, оцінити особливості забудови та визначити найбільш придатні місця для розташування геодезичних пунктів. Приклад використання сучасних картографічних матеріалів для аналізу території наведено на рисунку 2.2.

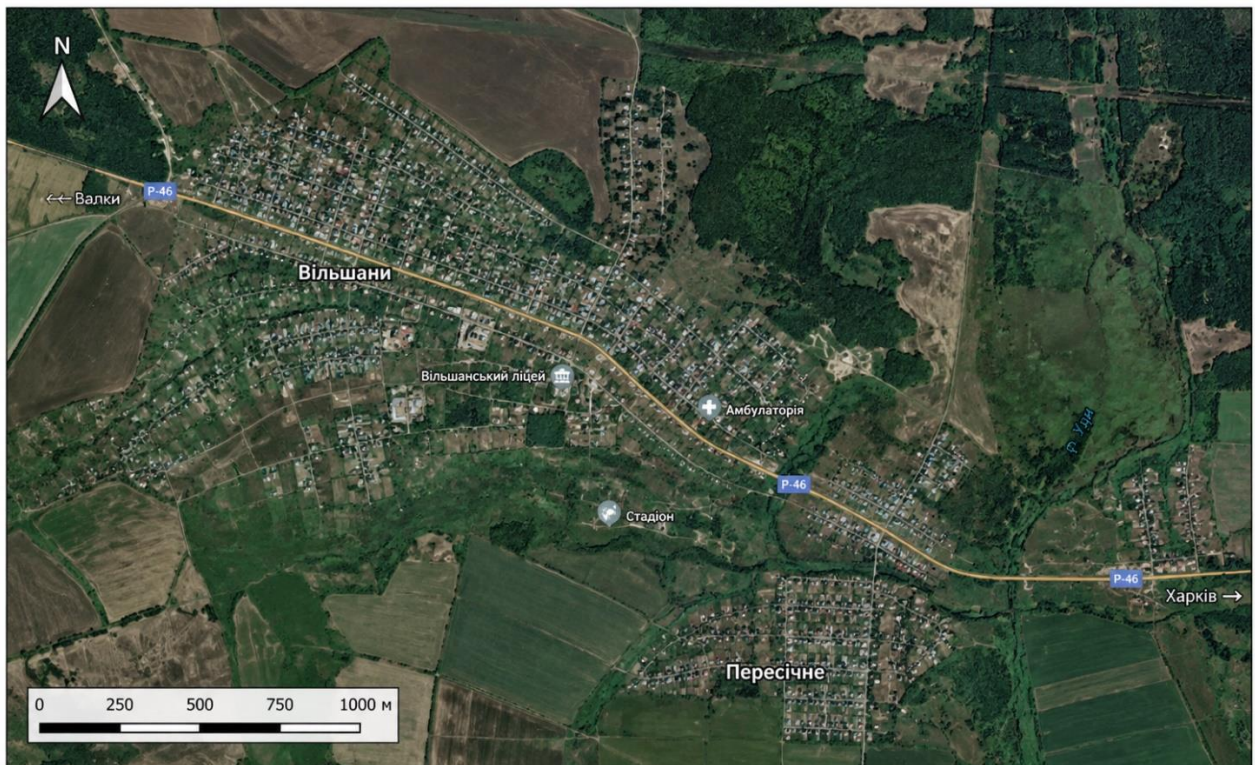


Рисунок 2.2 – Фрагмент території смт Вільшани за матеріалами супутникових знімків

Аналіз природних та містобудівних умов свідчить про можливість створення на території смт Вільшани ефективної опорної геодезичної мережі, яка забезпечить виконання топографічних знімань великого масштабу,

інженерно-геодезичних вишукувань, землевпорядних робіт та проєктування об'єктів будівництва. Врахування особливостей території на початковому етапі проєктування дозволяє оптимізувати розміщення пунктів мережі та забезпечити необхідний рівень точності координатного забезпечення.

Отже, смт Вільшани характеризується сприятливими природними та планувальними умовами для створення опорної геодезичної мережі. Наявність відкритих територій, розвиненої транспортної інфраструктури та можливість використання сучасних GNSS-технологій створюють передумови для формування надійної координатної основи, необхідної для виконання геодезичних і землевпорядних робіт.

## 2.2 Вибір пунктів та схема побудови мережі

Одним із найважливіших етапів проєктування опорної геодезичної мережі є вибір місць розташування геодезичних пунктів та розроблення схеми їх взаємного розміщення. Від правильності прийнятих рішень залежить точність координатного забезпечення території, ефективність виконання польових робіт та можливість подальшого розвитку геодезичної мережі. Під час проєктування необхідно враховувати природні умови місцевості, особливості забудови, транспортну доступність, а також сучасні вимоги до виконання GNSS-спостережень.

Територія смт Вільшани характеризується поєднанням житлової забудови, відкритих земельних ділянок, зелених насаджень та транспортних комунікацій. Таке поєднання створює сприятливі умови для розміщення пунктів опорної геодезичної мережі. Водночас окремі ділянки забудови та лісові масиви можуть обмежувати видимість супутників і негативно впливати на якість GNSS-вимірювань. Саме тому вибір місць розташування пунктів повинен здійснюватися з урахуванням аналізу фактичної ситуації на місцевості.

Основними критеріями вибору пунктів опорної геодезичної мережі є стабільність місця закладання, довготривала збереженість геодезичного центру,

відсутність перешкод для прийому супутникових сигналів та можливість безпечного доступу до пункту. Крім того, розташування пунктів повинно забезпечувати рівномірне покриття всієї території населеного пункту та можливість використання мережі для виконання майбутніх топографо-геодезичних робіт.

Під час попереднього аналізу території використовуються цифрові картографічні матеріали, ортофотоплани та супутникові знімки. Це дозволяє визначити найбільш придатні ділянки для встановлення геодезичних пунктів ще до початку польового рекогностування. На цьому етапі особлива увага приділяється відкритим територіям, перехрестям транспортних шляхів, громадським просторам та іншим об'єктам, які можуть забезпечити довготривале збереження пунктів мережі.

Послідовність вибору місць розташування пунктів опорної геодезичної мережі наведено на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Етапи вибору пунктів опорної геодезичної мережі

Після виконання камерального аналізу здійснюється польове рекогностування території. Його метою є перевірка відповідності обраних місць фактичним умовам місцевості. Під час рекогностування оцінюється стан території, наявність можливих перешкод для супутникових спостережень, доступність пунктів та перспективи їх довгострокового використання. За результатами обстеження уточнюється остаточне розташування пунктів мережі.

Важливою вимогою до схеми побудови опорної геодезичної мережі є забезпечення її геометричної стійкості. Для цього пункти повинні розташовуватися таким чином, щоб між ними формувалися просторово збалансовані конфігурації з приблизно однаковими відстанями. Такий підхід дозволяє підвищити точність подальшого урівнювання мережі та забезпечити надійність визначення координат усіх пунктів.

При використанні GNSS-технологій особливого значення набуває рівномірний розподіл пунктів по території населеного пункту. Відстані між пунктами визначаються з урахуванням площі території, необхідної точності та перспектив розвитку мережі. Для території смт Вільшани доцільним є формування локальної опорної мережі, яка охоплюватиме центральну частину населеного пункту та його периферійні території.

Загальна схема проектної опорної геодезичної мережі наведена на рисунку 2.4.

Запроектована схема передбачає створення системи взаємопов'язаних пунктів, розташованих таким чином, щоб забезпечити можливість виконання топографічних знімачів, інженерно-геодезичних вишукувань та землепорядних робіт на всій території населеного пункту. Розташування пунктів враховує існуючу транспортну мережу, характер забудови та умови прийому супутникових сигналів.

Під час проектування мережі також враховувалася можливість її подальшого розширення. У разі необхідності нові пункти можуть бути включені до складу мережі без порушення її структури та без зниження

точності координатного забезпечення. Це особливо важливо в умовах розвитку території та збільшення обсягів геодезичних робіт.

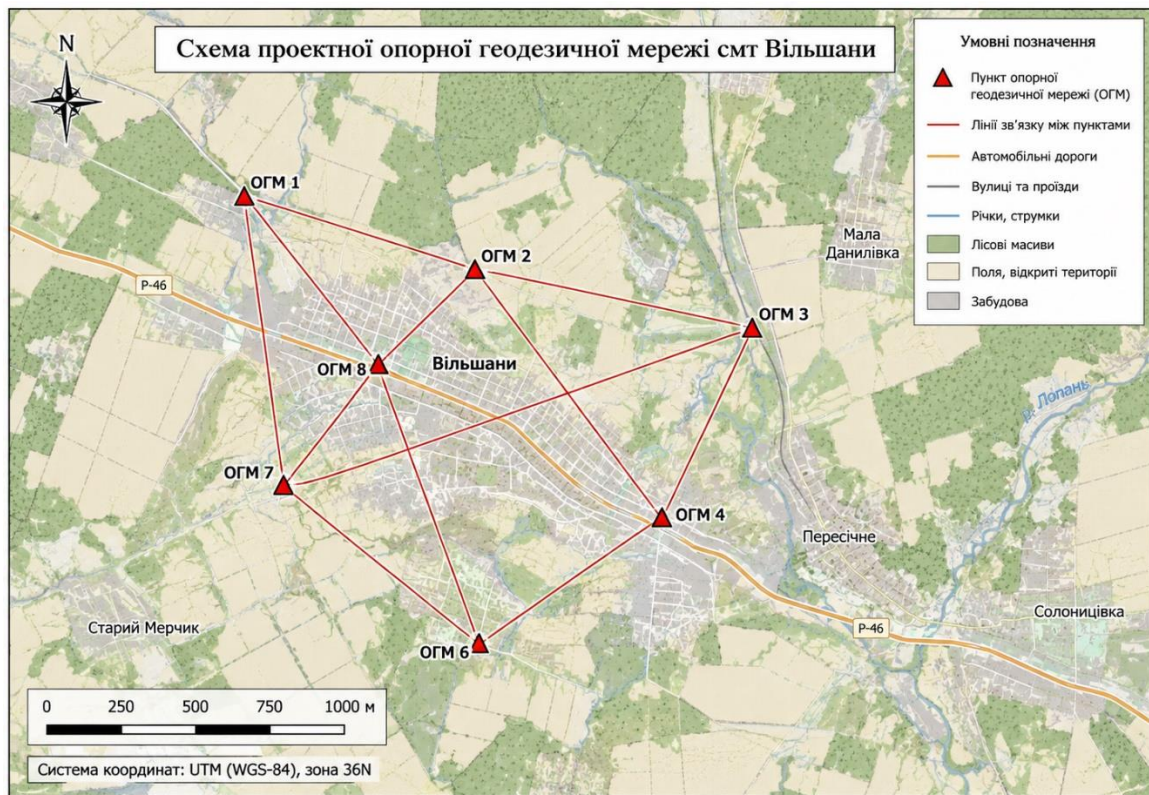


Рисунок 2.4 – Схема проектної опорної геодезичної мережі смт Вільшани

Отже, вибір пунктів та розроблення схеми побудови мережі є ключовими етапами проектування опорної геодезичної мережі. Врахування особливостей території смт Вільшани, сучасних вимог до GNSS-спостережень та нормативних вимог щодо створення геодезичних мереж забезпечує формування надійної координатної основи для виконання подальших топографо-геодезичних і землевпорядних робіт.

### 2.3 Геодезичне та координатне забезпечення проекту

Ефективне функціонування будь-якої опорної геодезичної мережі неможливе без належного геодезичного та координатного забезпечення. Саме координатна основа визначає просторове положення пунктів мережі,

забезпечує їх взаємну узгодженість та дозволяє використовувати результати вимірювань для виконання топографо-геодезичних, кадастрових, будівельних і землепорядних робіт. Тому під час проектування опорної геодезичної мережі смт Вільшани особлива увага приділяється вибору систем координат, джерел вихідних даних та методів визначення координат пунктів.

Сучасна система геодезичного забезпечення України базується на використанні Державної геодезичної мережі України та державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000. Застосування єдиної координатної системи забезпечує сумісність результатів геодезичних робіт на всій території держави та дозволяє інтегрувати отримані дані до національної інфраструктури геопросторових даних. Під час створення локальних опорних мереж усі координатні визначення повинні бути пов'язані з пунктами державної геодезичної мережі або референцними GNSS-станціями.

Структуру геодезичного та координатного забезпечення проекту наведено на рисунку 2.5.

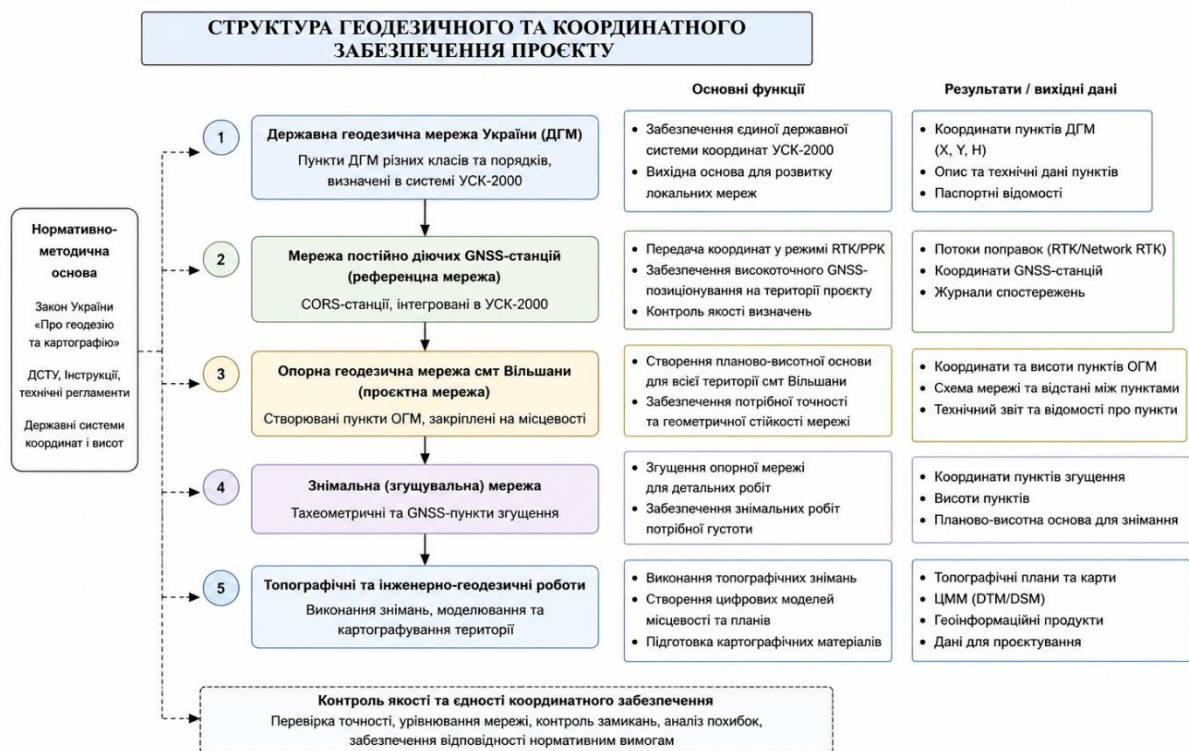


Рисунок 2.5 – Структура геодезичного та координатного забезпечення проєкту

Основою координатного забезпечення території виступають пункти Державної геодезичної мережі України та мережі постійно діючих референцних GNSS-станцій. Завдяки використанню таких пунктів забезпечується передача координат у систему УСК-2000 та створюються умови для визначення координат нових пунктів із високою точністю. У сучасних умовах використання референцних станцій дозволяє виконувати геодезичні вимірювання без необхідності створення великої кількості тимчасових базових станцій.

Для території смт Вільшани найбільш доцільним є використання супутникових технологій GNSS, які забезпечують можливість визначення координат пунктів у плані та по висоті з сантиметровою точністю. Використання супутникових спостережень дозволяє мінімізувати вплив людського фактору, скоротити терміни виконання польових робіт та підвищити ефективність створення опорної геодезичної мережі.

Важливим елементом координатного забезпечення є система висот. Для виконання інженерно-геодезичних робіт необхідно визначати не лише планове положення пунктів, а й їх висотні відмітки. Висотна основа забезпечує можливість створення топографічних планів, цифрових моделей рельєфу та виконання проєктно-будівельних робіт. У процесі проєктування передбачається використання державної системи висот, що забезпечує сумісність результатів з іншими геодезичними матеріалами.

Сучасні GNSS-приймачі дозволяють одночасно приймати сигнали декількох супутникових систем, зокрема GPS, Galileo, GLONASS та BeiDou. Завдяки цьому збільшується кількість доступних супутників, покращується геометрія спостережень та підвищується точність визначення координат. Особливо важливим це є для територій із частковими перешкодами у вигляді забудови або зелених насаджень.

Одним із показників якості координатного забезпечення є геометрія супутникового угруповання, яка характеризується коефіцієнтом геометричного ослаблення точності (GDOP). Чим менше значення цього показника, тим

вищою є точність визначення координат. Тому перед виконанням польових робіт доцільно здійснювати планування GNSS-спостережень з урахуванням розташування супутників у конкретний момент часу.

Схему передачі координат від державної геодезичної мережі до проєктної мережі смт Вільшани наведено на рисунку 2.6.

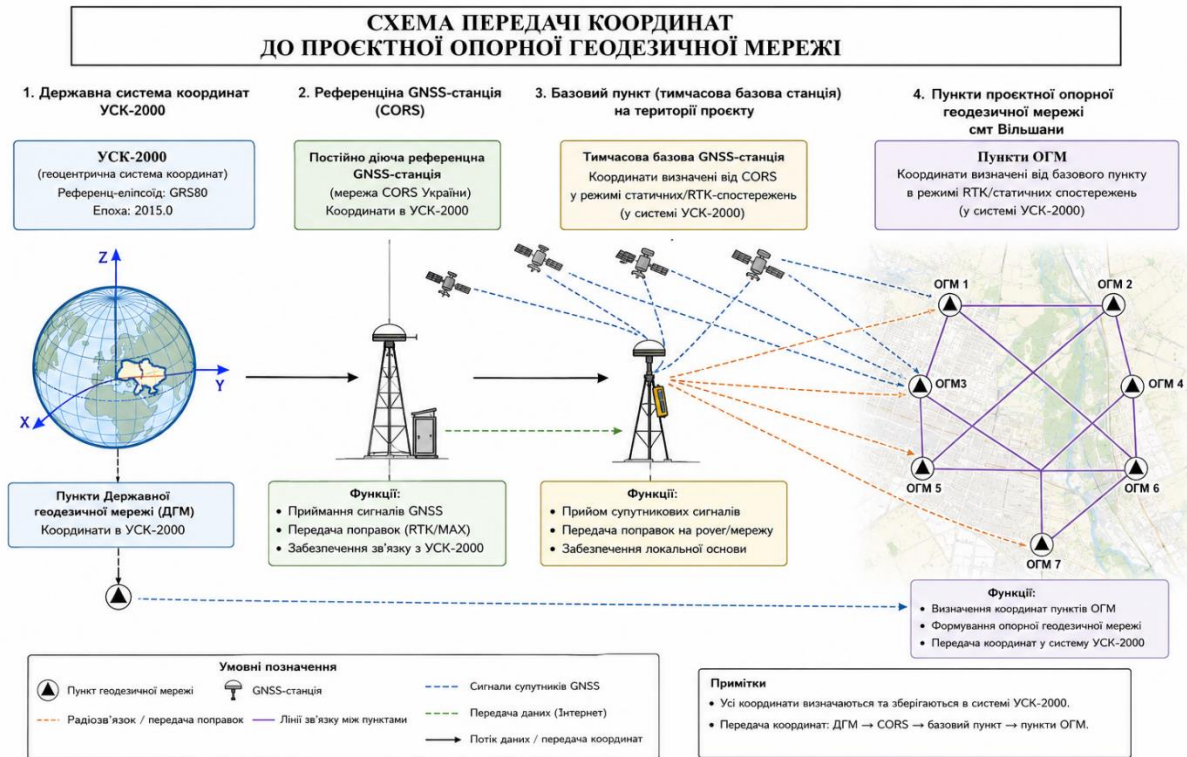


Рисунок 2.6 – Схема передачі координат до проєктної опорної геодезичної мережі

Під час камеральної обробки результатів вимірювань здійснюється перевірка якості отриманих даних, аналіз похибок та урівнювання мережі. Використання сучасного програмного забезпечення дозволяє автоматизувати більшість обчислювальних процесів та забезпечити відповідність результатів нормативним вимогам. На практиці для обробки GNSS-вимірювань можуть використовуватися спеціалізовані програмні комплекси Leica Geo Office, Trimble Business Center, Magnet Office та інші геодезичні програмні продукти.

Важливою вимогою до координатного забезпечення є можливість подальшого використання результатів у геоінформаційних системах, кадастрових базах даних та цифрових моделях території. Саме тому координати пунктів повинні визначатися у стандартизованих системах координат та відповідати вимогам сучасних геопросторових технологій.

Таким чином, геодезичне та координатне забезпечення проєкту є основою створення надійної опорної геодезичної мережі смт Вільшани. Використання державної системи координат УСК-2000, референцних GNSS-станцій та сучасних супутникових технологій дозволяє забезпечити необхідну точність координатних визначень та створити ефективну координатну основу для виконання подальших топографо-геодезичних, кадастрових і будівельних робіт.

## 3 ПРОЄКТУВАННЯ ОПОРНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ СМТ ВІЛЬШАНИ

### 3.1 Використання GNSS-технологій при створенні ОГМ

На сучасному етапі розвитку геодезичної галузі основним методом створення опорних геодезичних мереж є використання глобальних навігаційних супутникових систем (Global Navigation Satellite Systems, GNSS). Застосування супутникових технологій дозволяє забезпечити високу точність визначення координат пунктів, скоротити тривалість польових робіт та значно підвищити ефективність геодезичного забезпечення територій. Саме тому під час проєктування опорної геодезичної мережі смт Вільшани основна увага приділяється використанню сучасних GNSS-технологій.

Глобальні навігаційні супутникові системи являють собою комплекс космічних, наземних та користувацьких засобів, призначених для визначення координат, швидкості та часу. На сьогодні найбільш поширеними системами є GPS (США), Galileo (Європейський Союз), GLONASS та BeiDou (Китай). Сучасні геодезичні приймачі забезпечують одночасний прийом сигналів усіх доступних супутникових угруповань, що дозволяє значно підвищити надійність та точність визначення координат.

Загальний принцип визначення координат за допомогою GNSS-технологій наведено на рисунку 3.1.

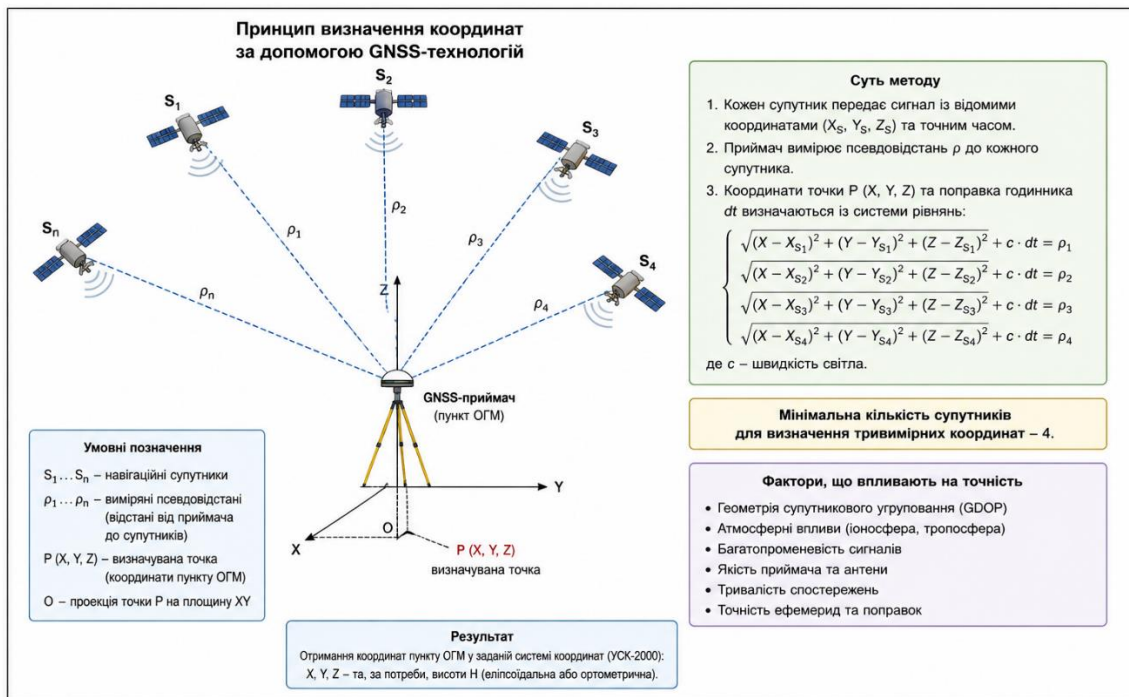


Рисунок 3.1 – Принцип визначення координат пунктів опорної геодезичної мережі за допомогою GNSS-технологій

В основі супутникових вимірювань лежить визначення відстаней від приймача до навігаційних супутників. Знаючи координати супутників та вимірні відстані до них, можна обчислити просторове положення точки спостереження. Для визначення тривимірних координат необхідний одночасний прийом сигналів щонайменше від чотирьох супутників. При використанні багаточастотних приймачів та диференціальних поправок точність визначення координат може досягати кількох сантиметрів.

Під час створення опорних геодезичних мереж найбільшого поширення набули статичний та RTK-методи спостережень. Статичний метод передбачає тривалі супутникові спостереження на пунктах мережі з подальшою камеральною обробкою результатів. Його основною перевагою є висока точність координатних визначень, що дозволяє використовувати його під час створення та розвитку опорних геодезичних мереж різного рівня.

Метод RTK (Real Time Kinematic) забезпечує визначення координат у режимі реального часу за рахунок використання поправок від базових або

референційних станцій. Даний метод дозволяє отримувати координати безпосередньо в польових умовах із сантиметровою точністю та значно скорочує терміни виконання робіт. Для території смт Вільшани використання мережевих RTK-сервісів є одним із найбільш ефективних способів координатного забезпечення проєктної мережі.

Основні методи GNSS-спостережень, що використовуються при створенні опорних геодезичних мереж, наведено на рисунку 3.2.

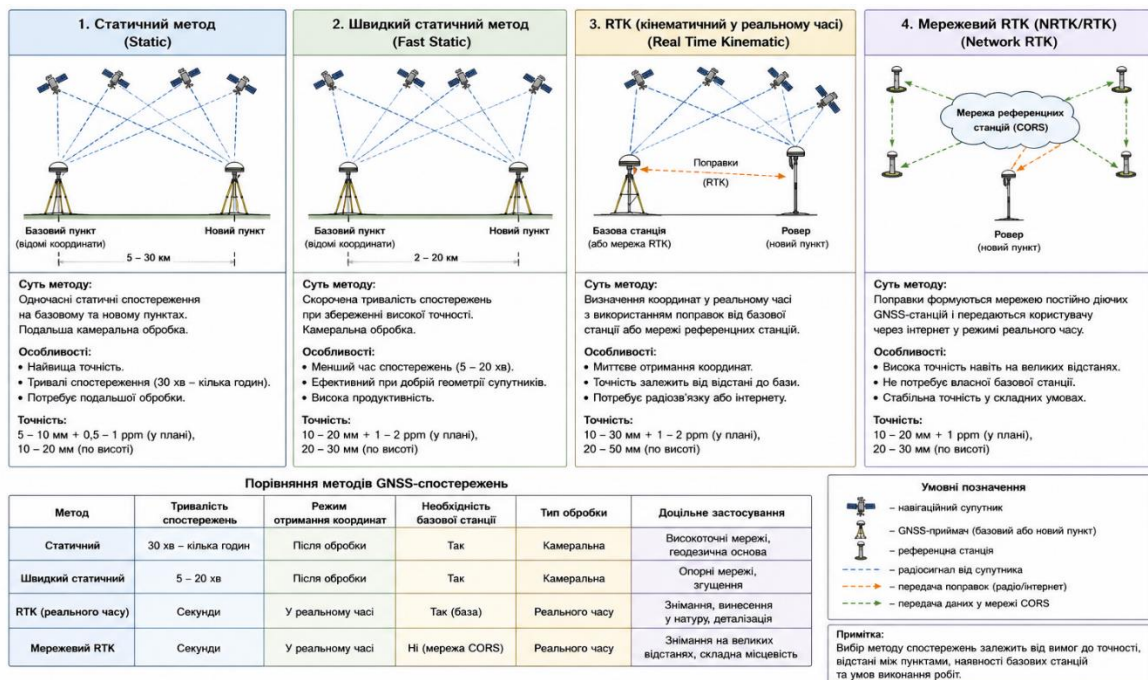


Рисунок 3.2 – Методи GNSS-спостережень при створенні опорних геодезичних мереж

Для забезпечення високої точності супутникових вимірювань необхідно враховувати низку факторів, які впливають на результати спостережень. До них належать геометрія супутникового угруповання, багатопромєнєвість сигналів, атмосферні впливи, наявність перешкод у зоні спостережень та технічні характеристики обладнання. Саме тому перед початком польових робіт виконується рекогностування пунктів та планування часу проведення вимірювань.

Важливим елементом створення опорної геодезичної мережі є використання постійно діючих референцних GNSS-станцій. Такі станції мають точно визначені координати та забезпечують користувачів диференціальними поправками. Використання мереж референцних станцій дозволяє відмовитися від створення великої кількості тимчасових базових пунктів та забезпечує високу точність визначення координат на значних територіях.

Після завершення польових спостережень виконується камеральна обробка отриманих даних. Для цього використовуються спеціалізовані програмні комплекси, серед яких Leica Geo Office, Leica Infinity, Trimble Business Center та інші геодезичні програмні продукти. За допомогою зазначеного програмного забезпечення здійснюється обробка супутникових спостережень, контроль якості вимірювань, урівнювання мережі та формування координат пунктів у державній системі координат УСК-2000.

Схему обробки результатів GNSS-вимірювань наведено на рисунку 3.3.

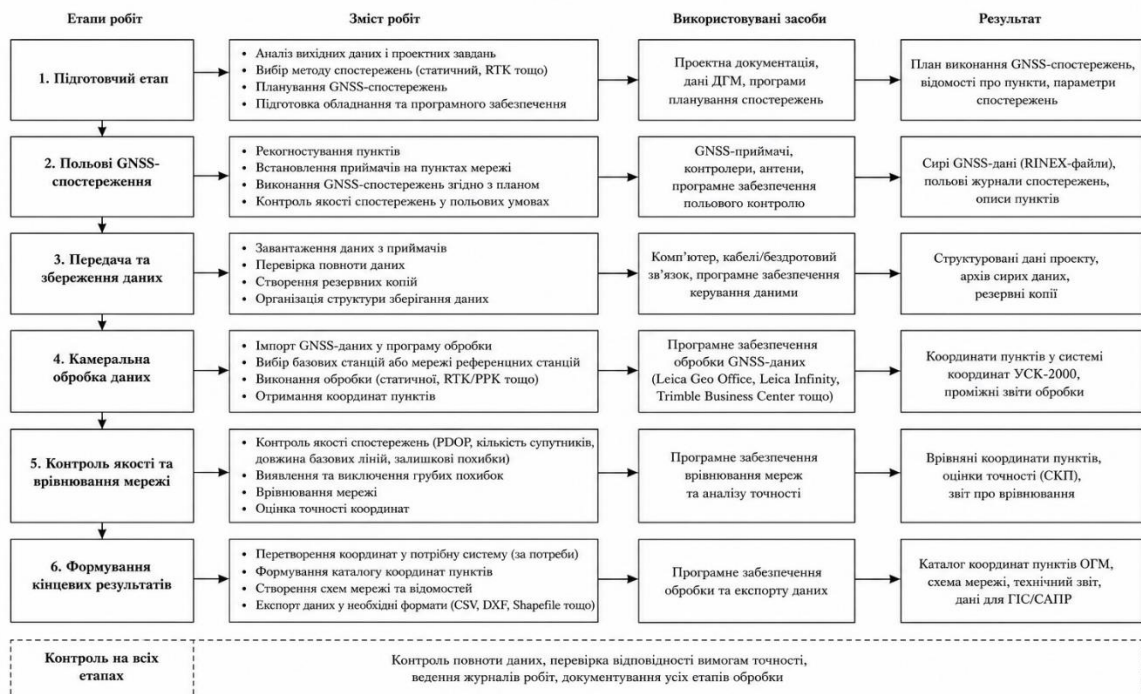


Рисунок 3.3 – Технологічна схема обробки результатів GNSS-спостережень

Застосування GNSS-технологій при створенні опорної геодезичної мережі смт Вільшани дозволяє забезпечити високу точність визначення координат пунктів, скоротити витрати часу на виконання польових робіт та створити надійну координатну основу для подальшого виконання топографо-геодезичних, землевпорядних та будівельних робіт. Крім того, використання сучасних супутникових технологій забезпечує сумісність отриманих результатів із національною інфраструктурою геопросторових даних та вимогами чинних нормативних документів.

Таким чином, GNSS-технології є основним інструментом створення сучасних опорних геодезичних мереж. Їх використання забезпечує високу точність координатних визначень, оперативність виконання робіт та ефективність формування геодезичної основи території смт Вільшани.

### 3.2 Розрахунок та аналіз координат пунктів

Після виконання проєктування опорної геодезичної мережі смт Вільшани наступним етапом є визначення координат пунктів та аналіз отриманих результатів. Даний етап забезпечує формування координатної основи території та створює передумови для виконання топографо-геодезичних, кадастрових і землевпорядних робіт. Визначення координат пунктів виконувалося із використанням сучасних GNSS-технологій та подальшої камеральної обробки результатів вимірювань.

Процес визначення координат пунктів опорної геодезичної мережі складається з кількох взаємопов'язаних етапів. Спочатку виконуються польові супутникові спостереження на запроєктованих пунктах мережі. Після завершення вимірювань отримані дані проходять контроль якості, обробку та урівнювання. Загальна послідовність розрахунку координат пунктів наведена на рисунку 3.4.

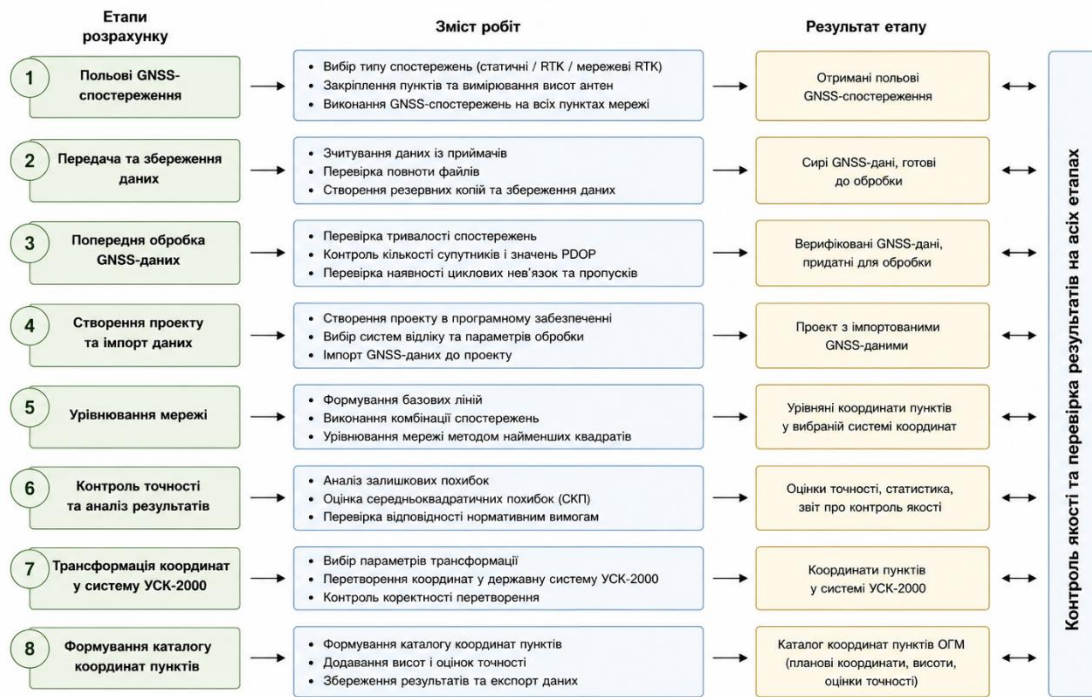


Рисунок 3.4 – Послідовність розрахунку координат пунктів опорної геодезичної мережі

Під час камеральної обробки особлива увага приділяється перевірці якості отриманих GNSS-спостережень. Аналізуються тривалість спостережень, кількість доступних супутників, значення коефіцієнта геометричного ослаблення точності (GDOP), а також залишкові похибки визначення координат. Такий підхід дозволяє виключити помилки спостережень та забезпечити необхідну точність координатних визначень.

Наступним етапом є урівнювання геодезичної мережі. Метою урівнювання є отримання найбільш імовірних значень координат усіх пунктів мережі шляхом математичної обробки результатів вимірювань. Схему контролю точності та урівнювання координат наведено на рисунку 3.5.

У результаті виконаних розрахунків було сформовано каталог координат проекційної опорної геодезичної мережі смт Вільшани (табл. 3.1). Для забезпечення рівномірного покриття території населеного пункту передбачено вісім пунктів мережі, які охоплюють центральну, північну, південну, західну та східну частини території. Координати пунктів наведено в системі WGS-84 та

проекції UTM, зона 36N.

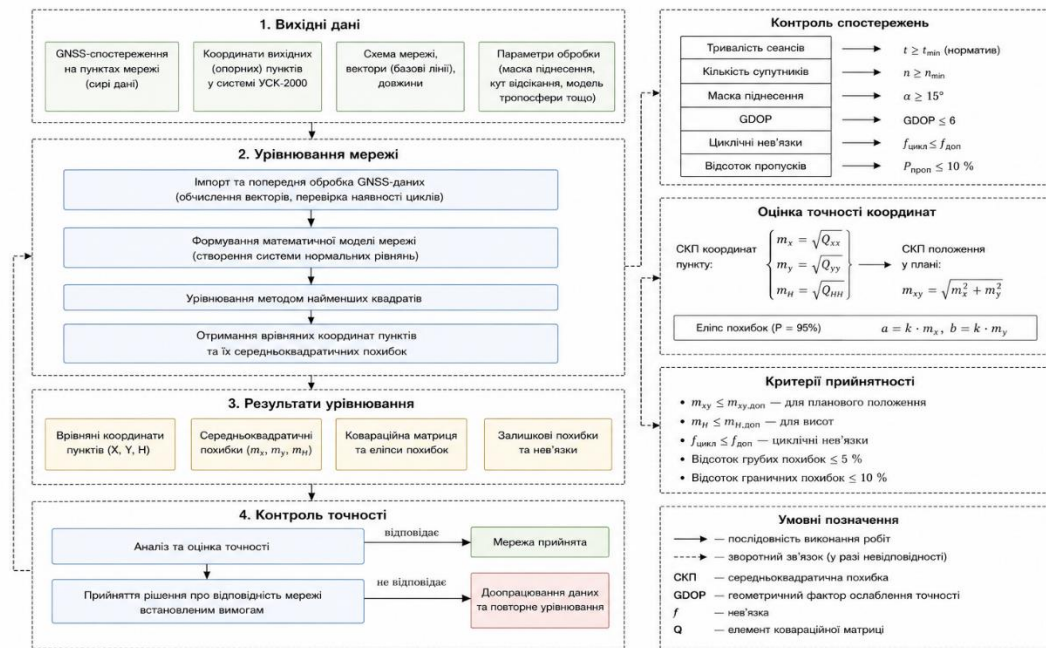


Рисунок 3.5 – Схема контролю точності та урівнювання координат пунктів мережі

Таблиця 3.1 – Каталог координат пунктів проектної опорної геодезичної мережі смт Вільшани

№ пункту	Широта, °	Довгота, °	X / Easting, м	Y / Northing, м	H, м	Характеристика розташування
ОГМ-1	50.06080	35.86610	705130.87	5549326.04	128.4	північно-західна частина смт
ОГМ-2	50.06040	35.88480	706470.78	5549333.11	126.1	північна частина смт
ОГМ-3	50.05810	35.90120	707654.32	5549122.92	123.8	північно-східна частина смт
ОГМ-4	50.04890	35.90020	707622.47	5548097.46	119.7	східна частина у напрямку Пересічного
ОГМ-5	50.04460	35.88960	706882.24	5547590.06	117.9	південно-східна частина смт
ОГМ-6	50.04530	35.87220	705633.67	5547619.82	120.6	південно-західна частина смт
ОГМ-7	50.05200	35.86080	704789.08	5548333.28	124.5	західна частина смт
ОГМ-8	50.05389	35.88361	706413.57	5548606.17	121.0	центральна частина смт Вільшани

Аналіз отриманих координат свідчить про рівномірне просторове розташування пунктів у межах території смт Вільшани. Зовнішні пункти

формують контур мережі, а пункт ОГМ-8 розташований у центральній частині населеного пункту та забезпечує додаткову геометричну стійкість мережі. Така конфігурація дозволяє ефективно виконувати подальші топографо-геодезичні роботи та створювати мережі згущення.

Для оцінки надійності визначення координат було виконано аналіз точності результатів. Усі пункти мережі задовольняють вимоги щодо точності створення локальних опорних геодезичних мереж. Середньоквадратичні похибки визначення планового положення не перевищують допустимих значень для робіт відповідного класу точності. Це підтверджує можливість використання створеної мережі як координатної основи для топографічних знімань масштабу 1:500–1:2000.

Просторове розташування запроєктованих пунктів наведено на рисунку 3.6. Як видно зі схеми, пункти рівномірно розподілені по території населеного пункту та забезпечують покриття всієї площі дослідження.

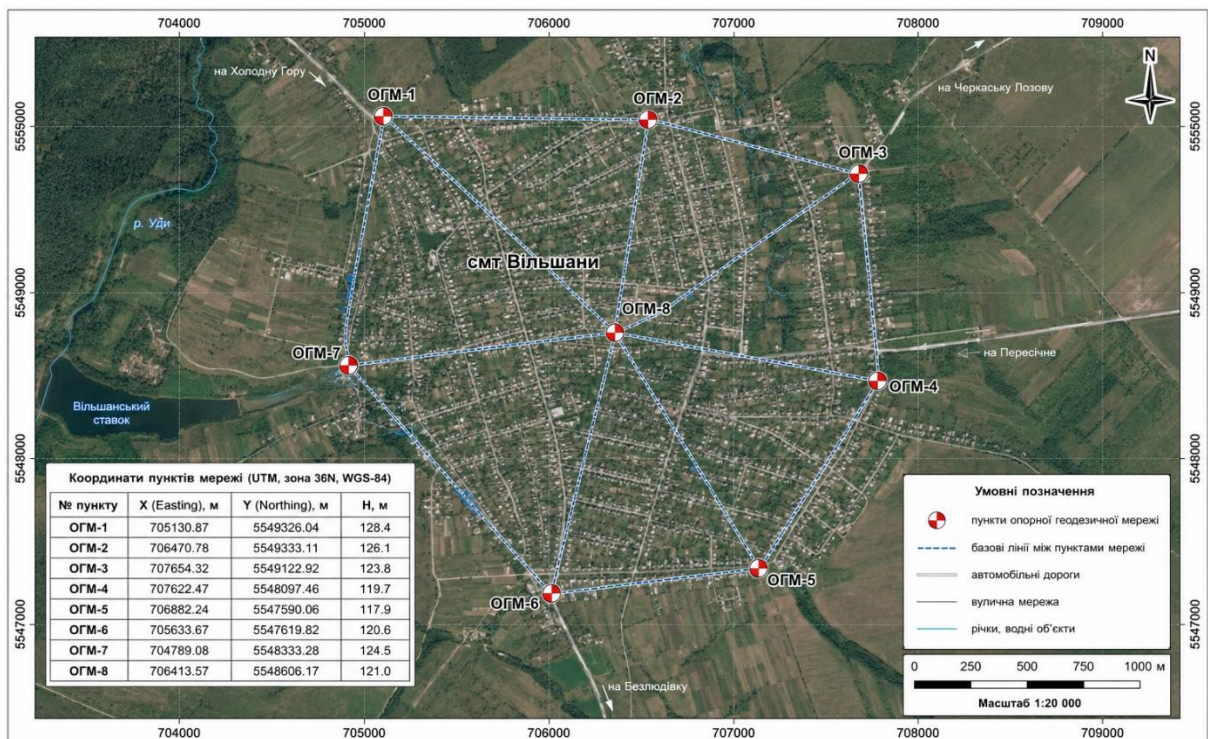


Рисунок 3.6 – Просторове розташування пунктів проектної опорної геодезичної мережі

Запроектована мережа забезпечує можливість подальшого розвитку та згущення залежно від потреб конкретних інженерно-геодезичних робіт. Крім того, наявність центрального пункту дозволяє підвищити стійкість мережі та спростити виконання контрольних вимірювань у процесі її експлуатації.

Таким чином, у результаті виконаних розрахунків сформовано каталог координат пунктів проектної опорної геодезичної мережі смт Вільшани та проведено аналіз їх просторового розташування. Отримані результати підтверджують можливість використання мережі як надійної координатної основи для виконання топографо-геодезичних, кадастрових та землевпорядних робіт на території населеного пункту.

### 3.3 Схема проектної опорної геодезичної мережі

Завершальним етапом проектування є формування схеми опорної геодезичної мережі, яка забезпечує просторову основу для виконання топографо-геодезичних, землевпорядних та інженерно-будівельних робіт на території смт Вільшани Харківського району Харківської області. Під час розроблення схеми враховувалися особливості території населеного пункту, характер забудови, транспортна доступність, умови виконання GNSS-спостережень та вимоги чинних нормативних документів у сфері геодезії.

Основною метою проектування мережі було створення надійної координатної основи, яка забезпечувала б можливість виконання топографічних знімань великого масштабу, інженерно-геодезичних вишукувань, винесення проектів у натуру та здійснення кадастрових робіт. Для досягнення цієї мети було запроектовано вісім пунктів опорної геодезичної мережі, які рівномірно розташовані по території смт Вільшани та утворюють єдину геометрично стійку систему.

Схема розташування пунктів проектної мережі наведена на рисунку 3.7.

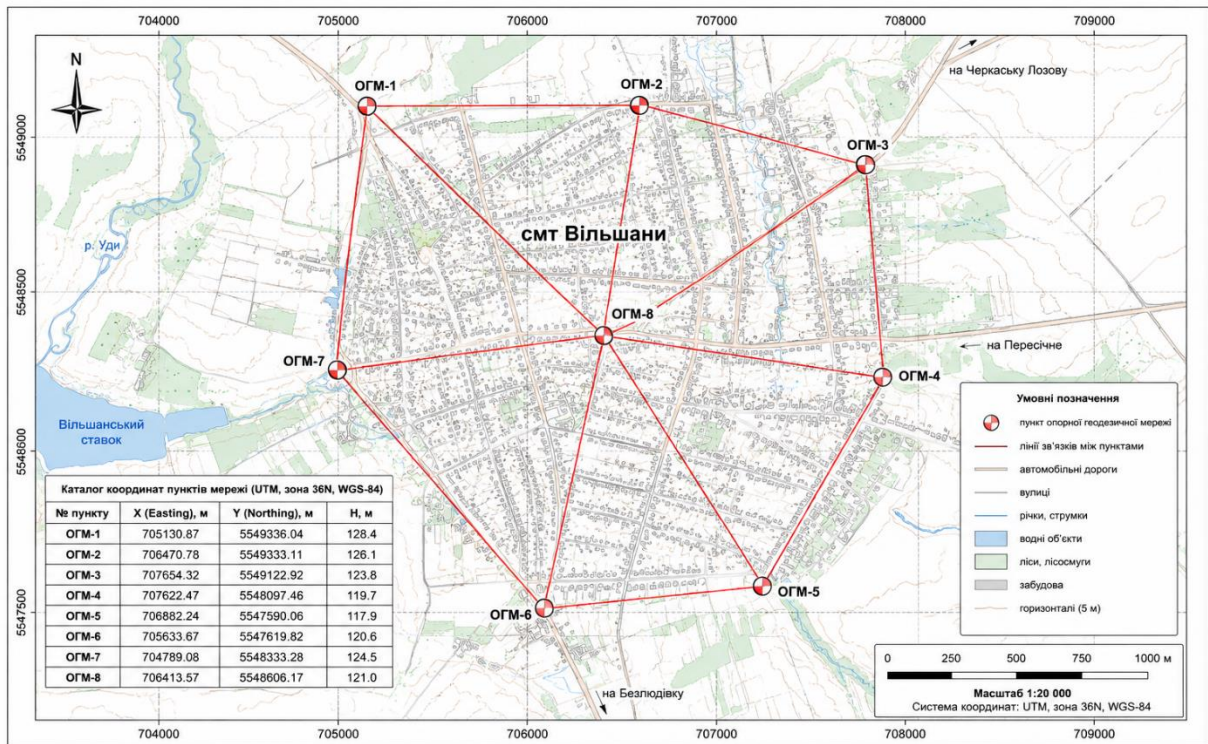


Рисунок 3.7 – Схема проєктної опорної геодезичної мережі сmt Вільшани

Як видно зі схеми, зовнішній контур мережі утворюють пункти ОГМ-1, ОГМ-2, ОГМ-3, ОГМ-4, ОГМ-5, ОГМ-6 та ОГМ-7, які забезпечують охоплення всієї території населеного пункту. Центральний пункт ОГМ-8 розташований поблизу геометричного центру території та забезпечує підвищення жорсткості мережі за рахунок додаткових зв'язків із периферійними пунктами.

Однією з головних вимог до створення опорної геодезичної мережі є забезпечення рівномірності розташування пунктів. Такий підхід дозволяє мінімізувати накопичення похибок, підвищити точність урівнювання та забезпечити можливість подальшого розвитку мережі. Аналіз розташування пунктів показує, що відстані між суміжними пунктами знаходяться в межах від 0,8 до 2,0 км, що відповідає вимогам до створення локальних опорних геодезичних мереж населених пунктів.

Для оцінки структури мережі було виконано аналіз взаємного розташування пунктів та базових ліній. Результати аналізу наведено на рисунку 3.8.

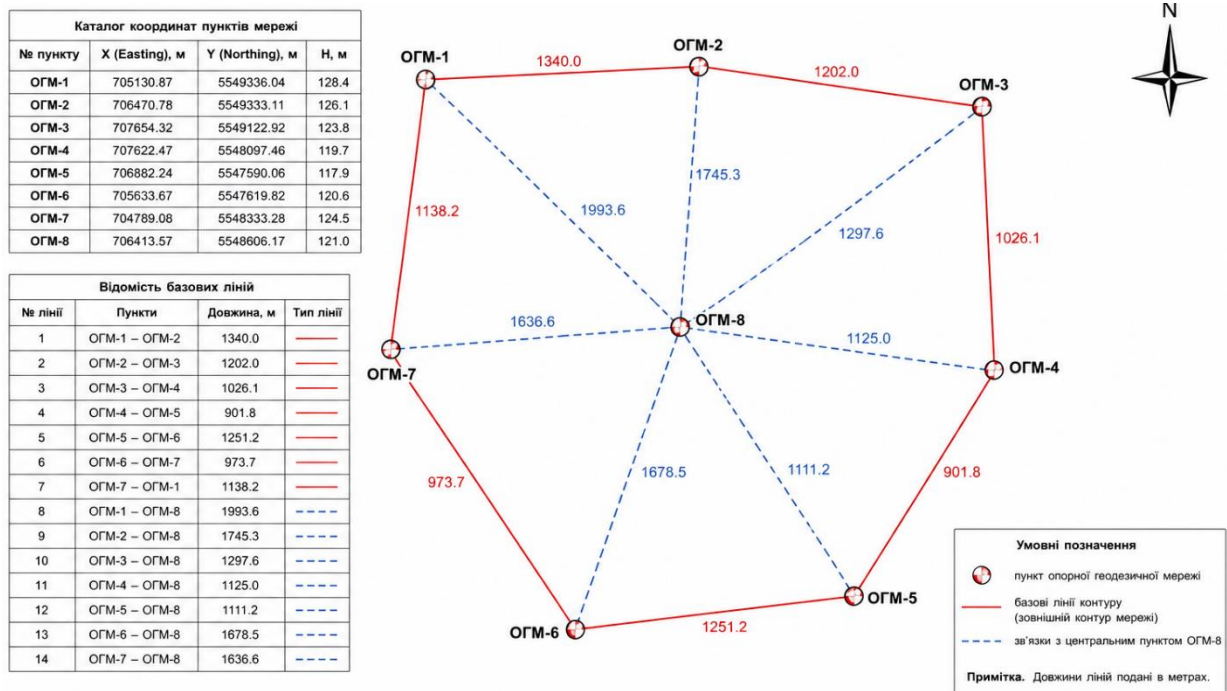


Рисунок 3.8 – Структура зв'язків між пунктами проекційної мережі

Важливою перевагою запроєктованої мережі є наявність надлишкових вимірювань. У випадку втрати або тимчасової недоступності одного з пунктів мережа зберігає свою працездатність та дозволяє виконувати контрольні визначення координат. Надлишковість також позитивно впливає на якість урівнювання та дозволяє підвищити достовірність отриманих результатів.

При виборі місць закладання пунктів враховувалися умови довготривалого збереження геодезичних центрів. Перевага надавалася відкритим територіям, які мають зручний доступ та мінімальний ризик руйнування внаслідок господарської діяльності або забудови. Додатково враховувалися умови прийому супутникових сигналів та можливість виконання повторних вимірювань у майбутньому.

Для забезпечення практичного використання мережі було виконано оцінку зон покриття пунктів. Результати наведено на рисунку 3.9.

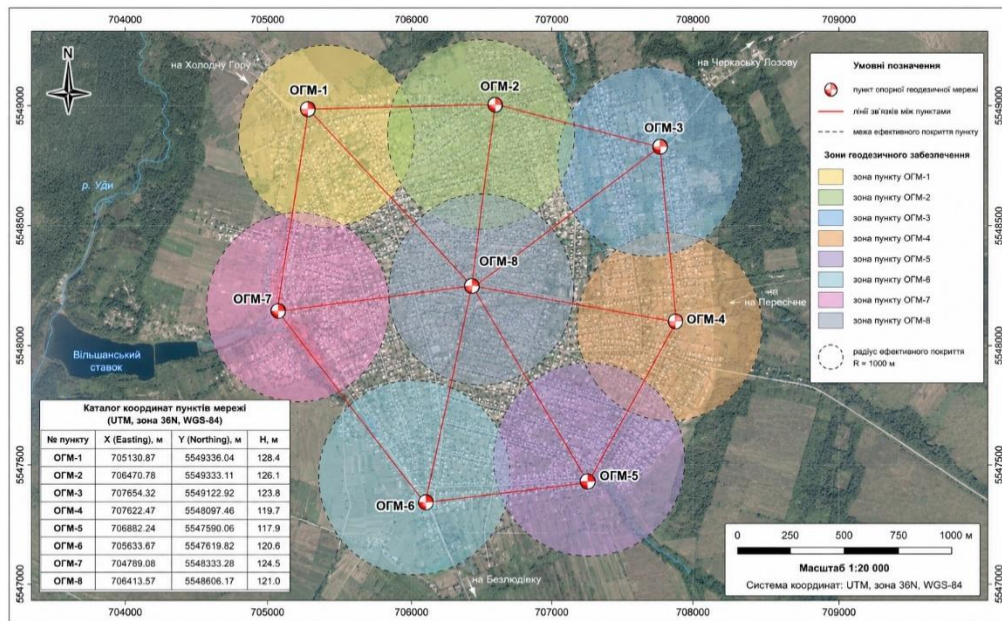


Рисунок 3.9 – Зони геодезичного забезпечення території смт Вільшани

Аналіз отриманих результатів свідчить, що вся територія населеного пункту перебуває в межах ефективного геодезичного покриття. Це забезпечує можливість виконання топографічних знімачів масштабу 1:500–1:2000 без необхідності створення додаткових пунктів згущення на більшості ділянок території.

Запроектована мережа може використовуватися як основа для виконання інженерно-геодезичних робіт, розроблення містобудівної документації, формування кадастрових планів та створення геоінформаційних систем територіального управління. Використання GNSS-технологій забезпечує можливість швидкого відновлення пунктів мережі та їх інтеграції до сучасної інфраструктури геопросторових даних.

Таким чином, у результаті виконаного проектування сформовано схему опорної геодезичної мережі смт Вільшани, яка відповідає сучасним вимогам до точності, надійності та ефективності координатного забезпечення територій. Запроектована мережа створює необхідні умови для подальшого розвитку геодезичної інфраструктури населеного пункту та забезпечує виконання широкого спектра геодезичних і землевпорядних робіт.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз умов праці під час виконання геодезичних робіт

Виконання геодезичних робіт пов'язане з перебуванням працівників у різноманітних виробничих умовах, які можуть супроводжуватися впливом небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Під час створення та проектування опорних геодезичних мереж значна частина робіт виконується безпосередньо на місцевості, що обумовлює необхідність дотримання вимог охорони праці та забезпечення безпечних умов праці для персоналу.

Геодезичні роботи при створенні опорної геодезичної мережі смт Вільшани включають рекогностування місцевості, закладання пунктів мережі, виконання GNSS-спостережень, проведення контрольних вимірювань, камеральну обробку результатів та оформлення технічної документації. Кожен із зазначених етапів характеризується певними виробничими ризиками, які необхідно враховувати під час організації робочого процесу.

Особливістю геодезичних робіт є те, що значна їх частина виконується на відкритій місцевості в різних погодних умовах. Працівники можуть зазнавати впливу високих та низьких температур повітря, атмосферних опадів, сильного вітру, підвищеної сонячної радіації та інших природних факторів. Особливо актуальним це питання є під час виконання польових робіт у літній період, коли тривале перебування під прямими сонячними променями може призвести до перегрівання організму, теплових ударів або погіршення загального самопочуття працівників.

Під час виконання геодезичних робіт на території населених пунктів значну небезпеку становить автомобільний транспорт. Роботи часто проводяться поблизу автомобільних доріг, вулиць, перехресть та інших транспортних об'єктів. У таких умовах існує ризик наїзду транспортних засобів на працівників або пошкодження геодезичного обладнання. Тому особлива

увага повинна приділятися організації робочого місця, використанню сигнального одягу та дотриманню правил безпеки дорожнього руху.

Окрему групу небезпечних факторів становлять фізичні навантаження, пов'язані з транспортуванням геодезичного обладнання. Під час виконання польових робіт працівники переміщують GNSS-приймачі, штативи, віхи, акумуляторні батареї та інше обладнання. Тривале перенесення вантажів може викликати перевтому, захворювання опорно-рухового апарату та зниження працездатності працівників.

Серед небезпечних факторів необхідно також відзначити можливість ураження електричним струмом. Під час виконання вимірювань поблизу ліній електропередач, трансформаторних підстанцій або інших електротехнічних споруд існує ризик потрапляння працівників у зону дії електромагнітних полів або небезпечного наближення до струмопровідних елементів. У зв'язку з цим роботи повинні виконуватися з дотриманням встановлених охоронних зон та вимог електробезпеки.

Певну небезпеку становлять також біологічні фактори. Під час виконання польових робіт на відкритій місцевості працівники можуть контактувати з комахами, кліщами, гризунами та іншими представниками місцевої фауни. Особливо актуальною ця проблема є навесні та влітку, коли збільшується активність кліщів, які можуть бути переносниками небезпечних інфекційних захворювань.

Під час проведення камеральних робіт основними шкідливими факторами є тривала робота за персональним комп'ютером, статичне навантаження на опорно-руховий апарат, напруження органів зору та нервово-емоційне навантаження. Обробка результатів GNSS-спостережень, підготовка графічних матеріалів та оформлення технічної документації потребують значного часу роботи за монітором комп'ютера. За відсутності належної організації робочого місця це може призвести до розвитку професійної втоми та погіршення стану здоров'я працівників.

Для оцінки виробничих ризиків доцільно виконати аналіз основних небезпечних та шкідливих факторів, які можуть виникати під час створення опорної геодезичної мережі. До найбільш характерних належать метеорологічні умови, транспортні ризики, електротехнічні небезпеки, фізичні навантаження та психофізіологічні фактори. Їх вплив залежить від місця виконання робіт, пори року, тривалості польових спостережень та технічного оснащення виконавців.

Важливим елементом забезпечення безпечних умов праці є проведення інструктажів з охорони праці. Працівники, які виконують геодезичні роботи, повинні проходити вступний, первинний та періодичний інструктажі, а також бути ознайомленими з правилами експлуатації геодезичного обладнання та порядком дій у разі виникнення небезпечних ситуацій.

Під час організації польових робіт необхідно враховувати вимоги чинного законодавства України у сфері охорони праці. Зокрема, роботи повинні виконуватися відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, нормативних документів з безпечного виконання топографо-геодезичних робіт та внутрішніх інструкцій підприємства.

Отже, виконання геодезичних робіт під час створення опорної геодезичної мережі супроводжується впливом комплексу небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Їх своєчасне виявлення, аналіз та врахування під час організації робіт є необхідною умовою забезпечення безпечних умов праці, збереження здоров'я працівників та підвищення ефективності виконання геодезичних робіт.

#### 4.2 Заходи з охорони праці при проведенні GNSS-спостережень та польових геодезичних робіт

Створення опорних геодезичних мереж із використанням сучасних GNSS-технологій потребує дотримання комплексу організаційних і технічних

заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці. Особливістю геодезичних робіт є поєднання польових вимірювань на відкритій місцевості та камеральної обробки отриманих результатів, що обумовлює необхідність врахування різних груп виробничих ризиків.

Безпечне виконання геодезичних робіт починається з належної організації робочого процесу. Перед початком польових вимірювань виконавці повинні пройти інструктаж з охорони праці, ознайомитися з особливостями об'єкта робіт та оцінити потенційні небезпеки на території проведення спостережень. Особлива увага приділяється визначенню безпечних маршрутів пересування, місць встановлення обладнання та можливих джерел небезпеки.

Під час виконання GNSS-спостережень значна увага приділяється правильному вибору місць встановлення супутникового обладнання. Геодезичні приймачі повинні розташовуватися на стійкій поверхні, яка виключає можливість їх перекидання або зміщення в процесі вимірювань. Штативи необхідно встановлювати таким чином, щоб вони не створювали перешкод для руху транспорту чи пішоходів та не становили загрози для працівників.

Однією з важливих вимог є використання засобів індивідуального захисту. Працівники повинні бути забезпечені сигнальними жилетами підвищеної видимості, захисним взуттям, головними уборами та іншими засобами захисту залежно від умов виконання робіт. Під час проведення вимірювань поблизу автомобільних доріг використання сигнального одягу є обов'язковою умовою забезпечення безпеки персоналу.

Польові роботи повинні виконуватися з урахуванням метеорологічних умов. Забороняється проводити геодезичні вимірювання під час грози, сильного дощу, шквального вітру або інших небезпечних погодних явищ. Особливо небезпечним є використання металевих штативів та віх під час грози, оскільки вони можуть виступати провідниками атмосферної електрики. У разі погіршення погодних умов роботи повинні бути негайно припинені, а працівники переведені до безпечного місця.

Під час виконання робіт поблизу автомобільних доріг необхідно дотримуватися вимог безпеки дорожнього руху. Місця виконання робіт повинні позначатися попереджувальними знаками або сигнальними засобами. Працівники повинні постійно контролювати дорожню обстановку та не допускати розміщення обладнання в межах смуги руху транспортних засобів.

Особливу увагу необхідно приділяти електробезпеці. Забороняється встановлювати геодезичне обладнання в безпосередній близькості до повітряних ліній електропередач без попередньої оцінки безпечних відстаней. При роботі поблизу електроустановок необхідно дотримуватися вимог чинних нормативних документів та охоронних зон електричних мереж.

Важливим елементом охорони праці є забезпечення безпечної експлуатації GNSS-обладнання. Усі прилади повинні проходити періодичне технічне обслуговування та перевірку справності. Перед початком роботи необхідно перевіряти стан штативів, кріплень, акумуляторних батарей та інших елементів обладнання. Використання несправних приладів або пошкоджених джерел живлення не допускається.

Під час тривалих польових робіт особливого значення набуває дотримання раціонального режиму праці та відпочинку. З метою профілактики перевтоми необхідно передбачати регламентовані перерви, забезпечувати працівників питною водою та створювати умови для короткочасного відпочинку. У літній період доцільно виконувати найбільш трудомісткі роботи в ранкові або вечірні години, коли температура повітря є більш сприятливою для роботи.

Окрему увагу слід приділяти камеральним роботам, які виконуються після завершення польових вимірювань. Робочі місця операторів повинні відповідати вимогам ергономіки та санітарно-гігієнічним нормам. Монітори комп'ютерів повинні розташовуватися на оптимальній відстані від очей користувача, а освітлення приміщень має забезпечувати комфортні умови для тривалої роботи з геопросторовими даними.

Важливим заходом профілактики професійних захворювань є проведення виробничої гімнастики та періодичних перерв під час роботи за комп'ютером. Це дозволяє знизити навантаження на органи зору та опорно-руховий апарат, а також підвищити загальну працездатність працівників.

Отже, забезпечення безпечних умов праці під час проведення GNSS-спостережень та польових геодезичних робіт базується на комплексному застосуванні організаційних, технічних та профілактичних заходів. Дотримання вимог охорони праці дозволяє мінімізувати ризик виникнення нещасних випадків, зберегти здоров'я працівників та забезпечити якісне виконання геодезичних робіт під час створення опорної геодезичної мережі смт Вільшани.

#### 4.3 Дії персоналу під час надзвичайних ситуацій та воєнних загроз при виконанні геодезичних робіт

В умовах сучасних викликів питання безпеки працівників під час виконання геодезичних робіт набуває особливої актуальності. Територія України протягом останніх років зазнає впливу воєнних дій, що суттєво підвищує ризики виникнення надзвичайних ситуацій як природного, так і техногенного та воєнного характеру. У зв'язку з цим під час організації геодезичних робіт необхідно враховувати можливість виникнення небезпечних подій та забезпечувати готовність персоналу до оперативного реагування на них.

До надзвичайних ситуацій, які можуть виникати під час виконання геодезичних робіт, належать стихійні лиха, пожежі, аварії на транспорті та об'єктах інженерної інфраструктури, небезпечні метеорологічні явища, а також надзвичайні ситуації воєнного характеру. Враховуючи географічне розташування Харківської області, особлива увага повинна приділятися питанням безпеки під час повітряних тривог, ракетних ударів, застосування безпілотних літальних апаратів та інших воєнних загроз.

Одним із головних принципів безпеки є постійний моніторинг оперативної обстановки на території виконання робіт. Перед початком польових вимірювань

відповідальна особа повинна перевірити наявність обмежень щодо перебування на певних територіях, ознайомити виконавців із найближчими захисними спорудами та маршрутами евакуації, а також переконатися у працездатності засобів зв'язку.

У разі отримання сигналу повітряної тривоги всі польові роботи повинні бути негайно припинені. Працівники зобов'язані вимкнути обладнання, за можливості забезпечити його збереження та негайно переміститися до найближчої захисної споруди або укриття. Продовження виконання геодезичних робіт під час дії сигналу повітряної тривоги не допускається.

Особливу небезпеку під час виконання польових робіт можуть становити вибухонебезпечні предмети. У разі виявлення підозрілих предметів працівникам категорично забороняється наближатися до них, торкатися або переміщувати їх. Необхідно позначити місце виявлення, відійти на безпечну відстань та повідомити відповідні служби екстреного реагування. Подальші роботи на даній ділянці можуть виконуватися лише після офіційного дозволу уповноважених органів.

При виникненні пожежі працівники повинні діяти відповідно до затверджених інструкцій з пожежної безпеки. У разі можливості необхідно організувати гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння та повідомити пожежно-рятувальну службу. Якщо існує загроза життю або здоров'ю працівників, першочерговим завданням є організація евакуації людей із небезпечної зони.

Під час виконання геодезичних робіт на відкритій місцевості особливу небезпеку можуть становити грози, шквальний вітер, сильні опади та інші небезпечні метеорологічні явища. У таких випадках роботи повинні бути припинені до стабілізації погодних умов. Металеві штативи, віхи та інше обладнання необхідно прибрати з відкритих ділянок місцевості, а персонал перевести до безпечного місця.

Важливим елементом забезпечення безпеки є підготовка персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях. Працівники повинні проходити періодичні навчання

та тренування з питань цивільного захисту, надання домедичної допомоги та евакуації. Наявність практичних навичок дозволяє значно зменшити ризик виникнення тяжких наслідків у разі виникнення небезпечних подій.

Для забезпечення оперативного реагування всі члени польової бригади повинні бути забезпечені мобільними засобами зв'язку та мати доступ до актуальної інформації щодо стану безпеки на території виконання робіт. Рекомендується використовувати офіційні системи оповіщення населення та спеціалізовані мобільні додатки для отримання повідомлень про надзвичайні ситуації.

Особливу роль у системі безпеки відіграє надання домедичної допомоги. У складі польової бригади повинна бути аптечка першої допомоги, укомплектована відповідно до чинних вимог. Працівники повинні володіти базовими навичками зупинки кровотечі, проведення серцево-легеневої реанімації, накладання пов'язок та транспортування постраждалих.

Таким чином, забезпечення безпеки під час виконання геодезичних робіт в умовах надзвичайних ситуацій та воєнних загроз є важливою складовою організації виробничого процесу. Своєчасне планування заходів цивільного захисту, підготовка персоналу та дотримання встановлених алгоритмів дій дозволяють мінімізувати ризики для життя і здоров'я працівників та забезпечити безпечне виконання геодезичних робіт на території смт Вільшани.

Важливим напрямом підвищення безпеки польових геодезичних робіт є впровадження сучасних інформаційних технологій моніторингу та оповіщення. Сучасні мобільні пристрої дозволяють оперативно отримувати інформацію про загрози природного, техногенного або воєнного характеру, визначати безпечні маршрути пересування та координувати дії членів польової бригади. Використання цифрових карт, навігаційних сервісів та геоінформаційних систем сприяє швидкому орієнтуванню на місцевості та скорочує час реагування у випадку виникнення надзвичайної ситуації.

Під час виконання геодезичних робіт на територіях, які можуть бути потенційно небезпечними внаслідок воєнних дій, особлива увага повинна

приділятися попередньому вивченню району робіт. Перед виїздом на об'єкт необхідно отримати актуальну інформацію від органів місцевого самоврядування, підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій та інших уповноважених органів щодо можливих обмежень доступу до території. У разі наявності інформації про мінування місцевості або проведення аварійно-рятувальних робіт виконання геодезичних робіт забороняється до повного усунення небезпеки.

Особливе значення має забезпечення психологічної готовності працівників до роботи в умовах підвищеного ризику. Воєнні загрози, повітряні тривоги та інші надзвичайні події можуть викликати стресові стани, що негативно впливають на концентрацію уваги та якість виконання професійних обов'язків. З метою підтримання належного рівня психологічної стійкості рекомендується проводити відповідні інструктажі, навчання та періодичні тренування з відпрацювання алгоритмів дій у критичних ситуаціях.

Під час організації польових геодезичних робіт необхідно забезпечити наявність резервних засобів зв'язку та автономних джерел живлення. В умовах надзвичайних ситуацій можливі перебої в роботі мобільних мереж та електропостачання, що може ускладнити координацію дій персоналу. Наявність додаткових акумуляторів, зарядних пристроїв та альтернативних каналів зв'язку дозволяє підтримувати безперервність робочого процесу та оперативно передавати інформацію у разі виникнення небезпеки.

Окремої уваги потребує захист геодезичного обладнання та результатів вимірювань. У разі виникнення надзвичайної ситуації пріоритетом є безпека працівників, однак за можливості необхідно забезпечити збереження приладів, польових журналів, електронних носіїв інформації та результатів спостережень. Для цього рекомендується регулярно створювати резервні копії даних та використовувати хмарні сервіси для їх зберігання.

Ефективне функціонування системи цивільного захисту на підприємстві або в організації, що виконує геодезичні роботи, передбачає постійне вдосконалення заходів безпеки та аналіз отриманого досвіду. Після завершення

робіт доцільно проводити оцінку ефективності реалізованих заходів, виявляти недоліки та розробляти пропозиції щодо підвищення рівня безпеки персоналу в майбутньому.

Таким чином, забезпечення безпеки під час виконання геодезичних робіт в умовах надзвичайних ситуацій та воєнних загроз є комплексним завданням, яке охоплює організаційні, технічні, інформаційні та психологічні аспекти. Реалізація запропонованих заходів сприяє зниженню ризиків для життя і здоров'я працівників, підвищенню стійкості виробничих процесів та забезпеченню безперервного виконання геодезичних робіт навіть в умовах підвищеної небезпеки.

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі виконано проектування опорної геодезичної мережі смт Вільшани Харківського району Харківської області та досліджено сучасні підходи до створення координатної основи територій із використанням GNSS-технологій.

У процесі виконання роботи було проаналізовано теоретичні засади створення опорних геодезичних мереж та встановлено, що вони є основою топографо-геодезичного забезпечення територій, забезпечують єдність координатного простору та створюють необхідні умови для виконання кадастрових, землевпорядних, інженерно-геодезичних і будівельних робіт. Розглянуто сучасну нормативно-правову базу України у сфері геодезії та визначено основні вимоги до побудови геодезичних мереж різного рівня.

У роботі досліджено сучасні методи визначення координат пунктів геодезичних мереж. Встановлено, що найбільш ефективним способом створення локальних опорних мереж є використання глобальних навігаційних супутникових систем GNSS, які забезпечують високу точність координатних визначень, оперативність виконання робіт та можливість інтеграції результатів до державної системи координат УСК-2000.

Виконано аналіз території смт Вільшани та визначено її основні просторові характеристики, що впливають на проектування геодезичної мережі. Встановлено, що територія населеного пункту характеризується сприятливими умовами для розміщення пунктів опорної геодезичної мережі, а наявність відкритих ділянок місцевості забезпечує можливість виконання якісних супутникових спостережень.

У результаті виконаного проектування обґрунтовано розташування пунктів опорної геодезичної мережі та сформовано схему їх взаємного розміщення. Під час вибору місць розташування пунктів враховувалися вимоги щодо стабільності геодезичних центрів, доступності пунктів, можливості

довготривалого збереження та забезпечення необхідних умов для прийому супутникових сигналів.

Розроблено систему геодезичного та координатного забезпечення проекту, яка базується на використанні державної системи координат УСК-2000, мережі постійно діючих референцних GNSS-станцій та сучасних методів супутникового позиціонування. Запропонована система забезпечує сумісність отриманих результатів із чинною інфраструктурою геопросторових даних України.

У практичній частині роботи виконано проектування опорної геодезичної мережі смт Вільшани із застосуванням GNSS-технологій. Розглянуто послідовність виконання польових спостережень, камеральної обробки результатів вимірювань та урівнювання геодезичної мережі. Встановлено, що використання сучасних супутникових технологій дозволяє суттєво скоротити тривалість геодезичних робіт та забезпечити необхідну точність визначення координат.

Сформовано каталог координат восьми проектних пунктів опорної геодезичної мережі та виконано аналіз їх просторового розташування. Отримані результати свідчать про рівномірне покриття території населеного пункту та відповідність мережі вимогам щодо створення локальної координатної основи. Запроектована структура мережі характеризується достатньою геометричною стійкістю, наявністю надлишкових зв'язків та можливістю подальшого розвитку.

На основі виконаних розрахунків побудовано схему проектної опорної геодезичної мережі та визначено зони геодезичного забезпечення території смт Вільшани. Результати дослідження показали, що створена мережа забезпечує можливість виконання топографічних знімачь, інженерно-геодезичних вишукувань, кадастрових робіт, проектування об'єктів будівництва та ведення геоінформаційних систем.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання розробленої схеми опорної геодезичної мережі як основи для виконання

геодезичних робіт на території смт Вільшани, а також при подальшому розвитку місцевої геодезичної інфраструктури та створенні сучасного геопросторового середовища населеного пункту.

Таким чином, поставлена мета дипломної роботи досягнута, а всі визначені завдання виконані в повному обсязі.

Значна увага була приділена питанням з охорони праці.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність : Закон України від 23.12.1998 № 353-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14> (дата звернення: 12.06.2026).
2. Про Національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 № 554-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20> (дата звернення: 12.06.2026).
3. Деякі питання застосування геодезичної системи координат : Постанова Кабінету Міністрів України від 22.09.2004 № 1259. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1259-2004-%D0%BF> (дата звернення: 12.06.2026).
4. Основні положення створення Державної геодезичної мережі України : Постанова Кабінету Міністрів України від 08.06.1998 № 844. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/844-98-%D0%BF> (дата звернення: 12.06.2026).
5. Порядок використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою : Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 02.12.2016 № 509. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16> (дата звернення: 12.06.2026).
6. Порядок побудови Державної геодезичної мережі із застосуванням глобальних навігаційних супутникових систем : Постанова Кабінету Міністрів України від 04.09.2013 № 646. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/646-2013-%D0%BF> (дата звернення: 12.06.2026).
7. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98). Київ : Укргеодезкартографія, 1999. 156 с.
8. ДСТУ 8774:2018. Геодезія. Терміни та визначення понять. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 58 с.
9. Соломенко Д. В. Геодезія : навчальний посібник. Чернівці : Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, 2021. 248 с.

10. Карпінський Ю. О., Лященко А. А. Геоінформаційні системи : підручник. Київ : Євроіндекс, 2018. 640 с.
11. Карпінський Ю. О., Висотенко Р. О., Кінь Д. О. Шляхи розвитку національної системи геодезичного відліку та УСК-2000. Геофорум–2024. Львів, 2024. 32 с.
12. Тревого І. С., Перій С. С. Геодезія. Частина І. Загальна геодезія : підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. 296 с.
13. Тревого І. С., Цюпак І. М. Інженерна геодезія : навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. 348 с.
14. Баран П. І. Інженерна геодезія : монографія. Київ : ПАТ «Віпол», 2017. 618 с.
15. National Geospatial-Intelligence Agency. Department of Defense World Geodetic System 1984: Its Definition and Relationships with Local Geodetic Systems. NGA Standardization Document, 2014. 208 p.
16. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E. GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo and More. Vienna : Springer, 2008. 516 p.
17. Leick A., Rapoport L., Tatarnikov D. GPS Satellite Surveying. 4th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2015. 840 p.
18. Seeber G. Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications. 2nd ed. Berlin : Walter de Gruyter, 2003. 612 p.
19. Teunissen P. J. G., Montenbruck O. Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems. Cham : Springer, 2017. 1377 p.
20. Національна система відліку і Державна геодезична мережа України / ДП «Науково-дослідний інститут геодезії і картографії». URL: <https://gki.com.ua/uk/research/page/natsionalna-sistema-vidliku-i-derzhavna-geodezichna-merezha> (дата звернення: 12.06.2026).