МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Навчально-науковий інститут інноватики, природокористування та інфраструктури
Кафедра економічної експертизи та землевпорядкування

КАЧМАР Дмитро Володимирович

Геодезичні роботи під проектування автодоріг // Geodetic works for road design

спеціальність: 193 – Геодезія та землеустрій
освітньо-професійна програма - Геодезія та землеустрій

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи ГЗ-41
Д. В. Качмар
_____

Науковий керівник:
Р. Б. Ванчура
_____

Кваліфікаційну роботу допущено
до захисту:
" ___ " _____20___ р.
Завідувач кафедри
_____ **Б. О. Язлюк**

ТЕРНОПІЛЬ – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....4

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОДЕЗИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ БУДІВНИЦТВІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ, У НАУКОВІЙ ЛІТЕРАТУРІ.....7

1.1. Поняття та сутність сучасних геодезичних технологій, які використовуються при будівництві автомобільних доріг.....7

1.2. Особливості геодезичного обслуговування будівництва автомобільних шляхів.....12

1.3. Аналіз та узагальнення нормативного забезпечення з геодезичного супроводу об'єктів дорожнього будівництва.....17

1.4. Сучасні геодезичні прилади, які використовують під час будівництва, реконструкції та ремонтних робіт автомобільних доріг.....18

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕНН ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПРОСТОРОВІ УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛДЕЗИЧНИХ РОБІТ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ АВТОДОРІГ.....23

2.1. Топографо-геодезичне забезпечення району робіт.....23

2.2. Вихідні дані для проектування автомобільної дороги, створення геодезичної основи.....25

2.3. Особливості вирівнювання та оцінки точності планової та висотної основи у програмі.....28

2.4. Розробка та реалізація картосхеми розміщення ділянки геодезичних робіт.....36

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ТА ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ.....43

3.1. Аналіз особливостей забезпечення геодезичних робів при виконанні проекту.....43

3.2. Порядок проведення геодезичних робіт на об'єкті.....47

3.3. Складання поздовжнього і поперечних профілів траси.....50

3.4. Особливості складання топографічного плану масштабу 1:1000 з січенням рельєфу 0.5 м.....52

3.5. Застосування інноваційних систем планування GPS-спостережень при виконання геодезичних робіт 57

3.6. Аналіз отриманих результатів та камеральна обробка матеріалів польових вимірів 64

ВИСНОВКИ 71

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ 73

ВСТУП

Актуальність дослідження. В сучасному світі автомобільні дороги відіграють ключову роль у забезпеченні зручності та безпеки транспортного руху. Проектування і будівництво доріг вимагають комплексного підходу та врахування численних аспектів, серед яких важливе місце займають геодезичні роботи. Геодезія, як наука про вимірювання та встановлення географічних положень точок на земній поверхні, відіграє критичну роль у всіх етапах проектування та будівництва автодоріг. У цьому вступі до дипломної роботи розглянемо ключові аспекти геодезичних робіт під час проектування автомобільних доріг, враховуючи їхню важливість, методи та технології виконання, а також їхній вплив на якість та ефективність будівництва та експлуатації дорожнього покриття.

Геодезичні роботи в контексті проектування автодоріг охоплюють широкий спектр завдань, починаючи від визначення початкових геодезичних відомостей для обраної території до встановлення точок замірів і контролю якості під час будівництва. Вони допомагають забезпечити точність укладання дорожнього покриття, раціональне використання будівельних матеріалів та безпеку руху на дорозі.

Дослідження зосередиться на використанні сучасних методів та технологій геодезичних вимірювань, таких як GPS, RTK, аерофотозйомка та геоінформаційні системи.

Розглянувши ці аспекти, ми зможемо краще зрозуміти важливість геодезичних робіт у контексті проектування автодоріг та їхній вплив на якість та безпеку дорожнього руху.

Актуальність проведення дипломної роботи на тему "Геодезичні роботи під проектування автодоріг" обумовлена кількома факторами:

- Розвиток транспортної інфраструктури є одним із пріоритетних напрямків в розвитку будь-якої країни. Автодороги відіграють

ключову роль у забезпеченні зв'язку між різними регіонами, розвитку економіки та підвищенні якості життя населення. Тому оптимізація процесу проектування автодоріг має велике значення для забезпечення їхньої безпеки, ефективності та сталого розвитку.

- З використанням сучасних технологій у геодезичних роботах, таких як GPS, аерофотозйомка, цифрові та геоінформаційні системи, з'являються нові можливості для покращення точності та швидкості виконання робіт. Це дозволяє знизити витрати часу та ресурсів на проектування, підвищити якість результатів і забезпечити виконання проектів в установлені терміни.
- Зростання обсягів транспортного руху, впровадження нових технологій у будівництві доріг та зміна кліматичних умов вимагають постійного вдосконалення методів та підходів у геодезичних роботах. Розробка та впровадження нових методів та технологій у геодезичну практику є важливим завданням для забезпечення якості та сталості будівництва автодоріг.

Аналізом даної проблеми займалося багато науковців, представники різних галузей науки: Островський А.Л., Мороз О.І., Перій С.С., Літинський В.О., Черняга П.Г., Лященко А.А., Карпінський Ю.О., Тревого І.С., Войтенко С.П., Могильний С.Г. Третяк К.Р., Моторний А.Д., Чеботарьов О.С., Селіханович В.С. та ін.

На сьогоднішній день існує потреба у дослідженні, яке б узагальнило, систематизувало існуючі відомості з даної проблеми.

Враховуючи все вищесказане, нами і була обрана тема дипломної роботи:

"Геодезичні роботи під проектування автодоріг".

Мета роботи: аналіз та оцінка ефективності геодезичних робіт у проектуванні автодоріг з метою покращення якості та швидкості їх виконання.

Відповідно до мети були визначені наступні **завдання**:

1. Вивчення сучасних методів і технологій геодезичних робіт у проектуванні автодоріг.

2. Аналіз використання геодезичних даних та їхнього впливу на якість проектування та будівництво автодоріг.

3. Оцінка точності та надійності результатів геодезичних вимірювань у контексті вимог до проектів дорожнього будівництва.

4. Розробка рекомендацій щодо оптимізації та покращення процесу проведення геодезичних робіт під час проектування автодоріг.

5. Практичне застосування отриманих знань та розробка конкретних рекомендацій для підвищення ефективності геодезичних робіт у будівництві та експлуатації автодоріг.

Для розв'язання поставлених завдань нами були використані такі **методи дослідження**: теоретико-критичний аналіз літератури з теми дослідження; зіставлення, узагальнення і синтезування здобутої інформації тощо.

Робота може бути використана студентами ВНЗ для підготовки до семінарських занять, також може бути використана викладачами для проведення лекції, практик тощо.

Об'єкт дослідження – Геодезичні роботи під час проектування автодоріг в контексті сучасних вимог та технологій дорожнього будівництва.

Предмет – методи, технології та процедури геодезичних робіт, застосованих у процесі проектування автодоріг.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, та списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОДЕЗИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ БУДІВНИЦТВІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ, У НАУКОВІЙ ЛІТЕРАТУРІ

1.1. Поняття та сутність сучасних геодезичних технологій, які використовуються при будівництві автомобільних доріг

Автомобільні дороги з'єднують міста будь-якого розміру, мають значний вплив на забезпечення вчасності доставки товарів для торгових компаній, кур'єрських служб та промислових підприємств. Для забезпечення максимального транспортного навантаження та тривалого безперервного функціонування нових автомагістралей важливо ретельно розробити і якісно виконати кожен етап проектування.

Будівництво якісних автомагістралей розпочинається з геодезичних робіт, які включають ознайомлення з проектом, аналіз наявних геодезичних даних, планування розбивальних робіт та складання графіка виконання. Геодезична розбивка виконується за допомогою сучасних електронно-оптичних приладів у прямому та зворотному напрямках з вимірюваннями кожні сто метрів на рівних ділянках та кожні двадцять метрів на викривлених уривках. Пункти вимірювань позначаються пікетами з урахуванням відстані до осі дороги, а також позначаються важливі елементи інфраструктури, такі як перехрестя, лінії електропередачі, річки тощо. Виконання геодезичної розбивки передбачає також організацію узбіч, кюветів, укосів та інших необхідних елементів [12, с. 56].

Виконавча геодезична зйомка є важливою частиною будівельних робіт у сфері дорожнього будівництва, що включає в себе детальні інженерно-геодезичні вимірювання. Цей процес виконується після завершення зведення дорожного покриття. Під час зйомки фіксуються різноманітні параметри, включаючи, але не обмежуючись:

- ширину проїжджої частини;
- ефективність відводу дощової води з ухилів;
- товщину асфальтного покриття;
- висоту бордюрів та люків;
- наявність бетонування у місцях прокладання підземних комунікацій;
- дотримання вимог щодо безпеки наземних комунікацій у точках перетину з дорогами;
- відповідність радіусам закруглень на поворотах;
- точки перетину дороги з підземними трубопроводами.

Виконавча геодезична зйомка є ключовою для визначення точності втілення проекту на місцевості, контролю будівельного процесу та вчасного виявлення відхилень від затвердженої проектної документації.

Сучасні автомобільні дороги складаються з різноманітних за призначенням та конструктивними особливостями споруд, які призначені для забезпечення безпечного руху транспортних засобів з розрахунковими швидкостями й навантаженням. Основу будь-якої автомобільної дороги становить її траса, а графічне зображення цієї траси на горизонтальній площині називається планом траси [32, с. 75].

Мінімальні довжини таких перехідних кривих визначаються відповідно до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Довжини перехідних кривих

Радіуси колових кривих	15	30	50	60	80	100	150	200	250	300	400	500	600 1000	1000 2000
Довжини перехідних кривих	20	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	100

Поздовжнім профілем дороги називається проекція осі дороги на вертикальну площину, яка відображається на кресленні. Ухили на різних ділянках дороги визначають її стрімкість та впливають на швидкість руху транспортних потоків. Чим більший ухил профілю, тим менше можливість реалізації великих швидкостей транспорту [23, с. 89].

Автомобільні дороги поділяються на п'ять категорій залежно від їхньої інтенсивності руху. Усі геометричні параметри доріг (ширина земляного полотна, радіуси горизонтальних і вертикальних кривих, максимальні ухили) зв'язані з категорією дороги.

Кожна автомобільна дорога, як будь-яка інша споруда, зображується у формі трьох проекцій: плану, поздовжнього профілю та поперечних профілів.

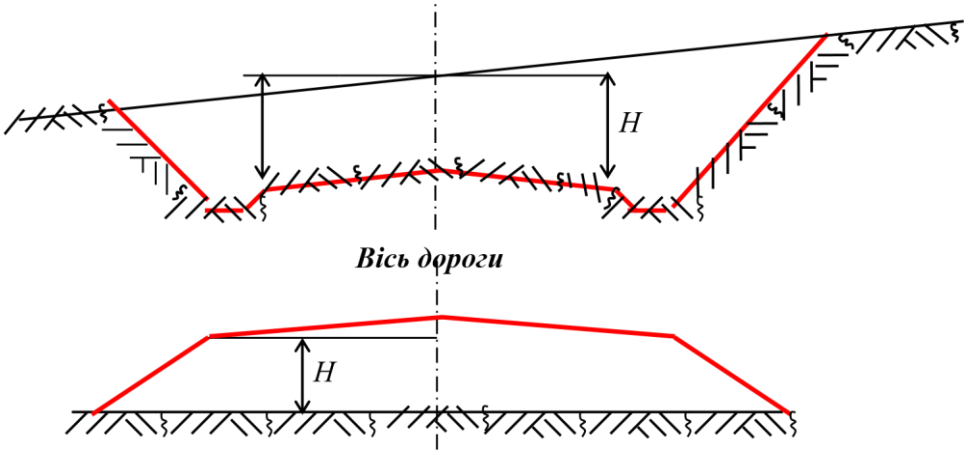


Рис. 1.1 Робоча висота

Зміни ухилів, які відбуваються вздовж дорожнього профілю, іноді призводять до переломів у профілі. Ці переломи можуть бути пом'якшені за допомогою вертикальних кривих, які бувають увігнутими або опуклими. Величина радіусів цих вертикальних кривих, так само як і горизонтальних, визначає транспортно-експлуатаційні характеристики автодороги. Вони мають

великий вплив на безпечну швидкість руху автомобілів, тому їхні значення визначаються відповідно до категорії дороги. Кожна категорія дороги має свої вимоги до радіусів вертикальних кривих, що забезпечує безпечну та комфортну експлуатацію транспортної інфраструктури [41, с. 47].

Таблиця 1.2

Нормативами максимальні ухили, радіуси кривих у плані, найменші радіуси

Розрахункова швидкість	Максимальні ухили /%/ %	Мінімальні *R* у плані /м/		Мінімальні *R* у профілі /м/		
		Основні	В гірській місцевості	Опуклі	Увігнуті	
					Основні	В гірській місцевості
150 120 100 80 60 50 40 30	30 40 50 60 70 80 90 100	1200 800 600 300 150 100 60 30	1000 600 400 250 125 100 60 30	30 000 15 000 10 000 5 000 2 500 1 500 1 000 600	8 000 5 000 3 000 2 000 1 500 1 200 1 000 600	4 000 2 500 1 500 1 000 600 400 300 200

Зображення перерізу дорожнього полотна вертикальною площиною, яка перпендикулярна до осі траси, відоме як поперечний профіль. Проїжджа частина дороги є областю, де відбувається рух транспортних засобів.

Дороги першої категорії мають окремі проїжджі частини для транспортного руху у протилежних напрямках, розділені роздільною смугою для забезпечення безпеки. Біля проїжджої частини розміщують узбіччя для тимчасової стоянки автомобілів та матеріалів для ремонтних робіт.

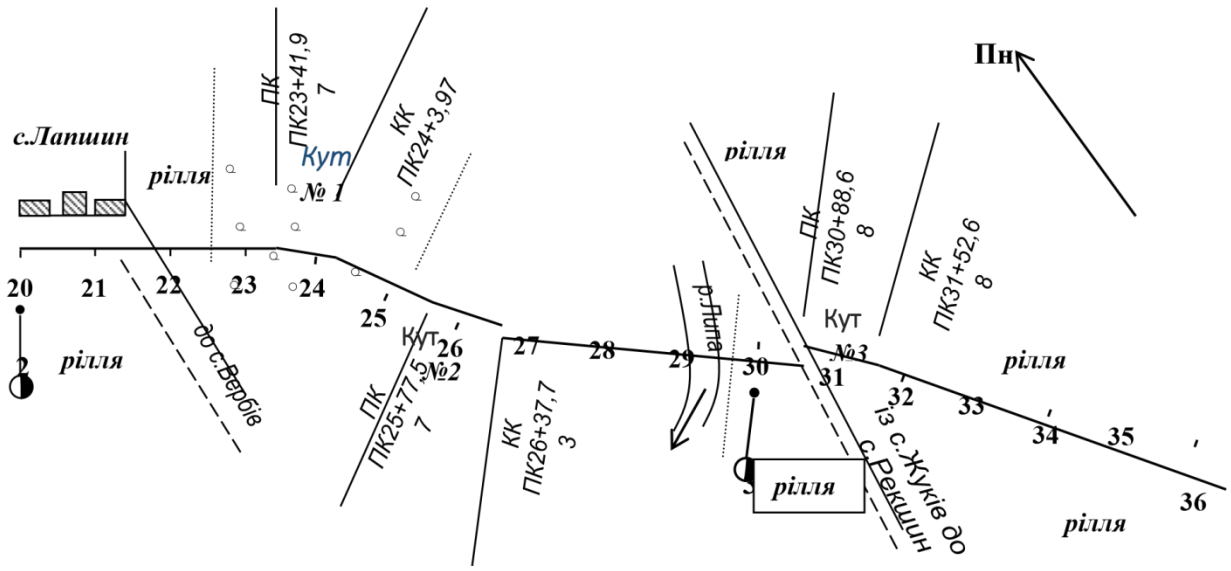


Рис. 1.2. План траси автомобільної дороги

Розпочинаючи польові роботи, особливо в складних і важкодоступних районах, спершу проводять аеровізуальні та наземні рекогносцировочні обстеження. Аеровізуальні обстеження, виконувані під час польоту літака або гвинтокрила на невеликих висотах, дозволяють оцінити правильність обраного напрямку траси, визначити місця для мостових переходів, вивчити складні інженерно-геологічні умови, а також виявити перешкоди та шляхи їх обходу. Отримані дані зафіксовуються у звіті, а потім вносяться зміни до визначеного наперед варіанту траси. Лише після цього розпочинаються наземні роботи.

Знайти на місцевості обрану трасу допомагають планово-картографічні матеріали, на яких зазначені перетини траси з місцевістю. Встановлюють дві-три точки траси, включаючи вершину першого кута повороту [34, с. 88].

Отже, від аеровізуальних обстежень до наземних робіт з трасування, кожен етап важливий для успішного проектування автомобільних доріг. Використання сучасних технологій, таких як теодоліти та системи автоматизованого проектування, дозволяє отримати точні дані і забезпечити високу якість будівництва. Ретельне планування і документування кожного етапу дозволяє

ефективно враховувати умови місцевості та вимоги безпеки, забезпечуючи створення доріг, які відповідають вимогам сучасного транспорту та задовольняють потреби суспільства.

1.2. Особливості геодезичного обслуговування будівництва автомобільних шляхів

Під час розробки та будівництва автомобільних доріг, інженерно-геодезичні дослідження відіграють вирішальну роль. Геодезичні роботи становлять необхідну складову процесу, спрямовану на забезпечення систематичного контролю за будівельними роботами. Вони визначають фактичні форми земляного полотна та конструкцій дорожнього покриття у відповідності до проекту. Геодезичні розмітки та контрольні дослідження полягають у позначенні та закріпленні на місці проектних точок, які визначають контури дорожніх споруд у плані та профілі.

Використовуються різні типи геодезичних знаків, такі як кілки, пали, тички-візирки та інші, для закріплення осей, контурів, висот та інших параметрів будівництва. Ці знаки позначають осі земляного полотна, межі споруд, напрямки твірних укосів, контури резервів та кавальєрів та інше [38, с. 76].

Геодезичні роботи виконуються відповідно до послідовності будівельних процесів, включаючи пошуковий, підготовчий, будівельний та заключний етапи. Пошуковий період включає роботи з визначення осі дороги на місцевості, підготовчий - згущення геодезичних пунктів та визначення їх абсолютних висот. Будівельний період передбачає систематичний контроль за розташуванням та геометрією дорожнього покриття, а також розмічування поздовжніх та поперечних профілів. На заключному етапі складається технічна документація на основі зібраних даних.

Важливою частиною процесу є прийомка геодезичних робіт замовником після завершення польових робіт. Такий підхід дозволяє забезпечити високу якість будівництва та відповідність споруд проектним параметрам [49, с. 54].

Для забезпечення високої якості будівництва автомобільних доріг необхідно дотримуватися встановлених допусків. Наприклад, середні квадратичні помилки геодезичних вимірювань не повинні перевищувати 35% величини будівельного допуску.

Таблиця 1.3

Допуски геодезичних розмічувальних робіт щодо будівництва автомобільних доріг

Найменування відхилень	Одиниця виміру	Величина будівельного допуску □	Точність розмічувальних робіт
Земляне полотно Вісь земляного полотна: на прямих на кривих	*см см*	5 10	2 4
Висоти бровок та осі земляного полотна	*см*	5	2
Звуження земляного полотна між віссю й бровкою	*см*	10	4
Ширина основи для підстилаючих шарів	*см*	10	4
Збільшення крутизни укосів	%	10	4
Положення меж укосів	*см*	15	6
Ширина насипних берм		20	8
Основи та укоси скельних виїмок		20	8
Водовідвідні та супутні споруди			
Поперечні розміри кюветів, нагірних канав та дренажів	*см*	5	2
Поздовжні ухили дна канав, кюветів та дренажів	%	0,005	0,002
Зменшення мінімальних ухилів дна канав, кюветів та дренажів	Не допускається		
Бровки та межі резервів	*см*	30	10
Дорожні основи та покриття			
Конструктивні шари дорожнього одягу (підстилаючі та основи під покриття): ширина шару товщина шару поперечні ухили	*см см* %	10 10 0,005	4 - 0,002

Продовження таблиці 1.3

Покриття: ширина – для мостових і цементобетонних товщина покриття висоти осі* поперечний ухил	*см* % *см* %	5 10 5 0,005	2 - 2 0,002

Нормативна точність геодезичних розміркових робіт, визначена у графі 4, важлива для різних етапів будівництва доріг. Ця точність використовується під час детального розміщення земляного полотна перед початком будівництва, для розпланування робіт та влаштування дорожньої основи та покриття [25, с. 86].

Ефективний контроль під час будівництва дороги може бути забезпечений за допомогою проміжних геодезичних перевірок, використовуючи величину будівельного допуску (Δ) як критерій точності. Це дозволяє підтримувати оперативний контроль без втрати якості виконання робіт та забезпечує відповідність точності геодезичних робіт вимогам будівельних процесів.

Планова та висотна геодезична мережа для будівництва дороги створюється на етапі пошукових робіт. Траса разом з усіма важливими точками закріплення є основою для всіх подальших розмічувальних робіт. Спосіб перенесення та закріплення траси в натурі визначено відповідними нормативними документами. Роботи з створення планово-висотної основи відображаються у акті приймання-передачі, а всі закріплені та перенесені точки включаються до схеми закріплення траси [32, с. 47].

Таким чином, розміщення виносних точок є важливим етапом будівництва доріг і вимагає уважного планування та виконання, особливо в умовах складної місцевості.

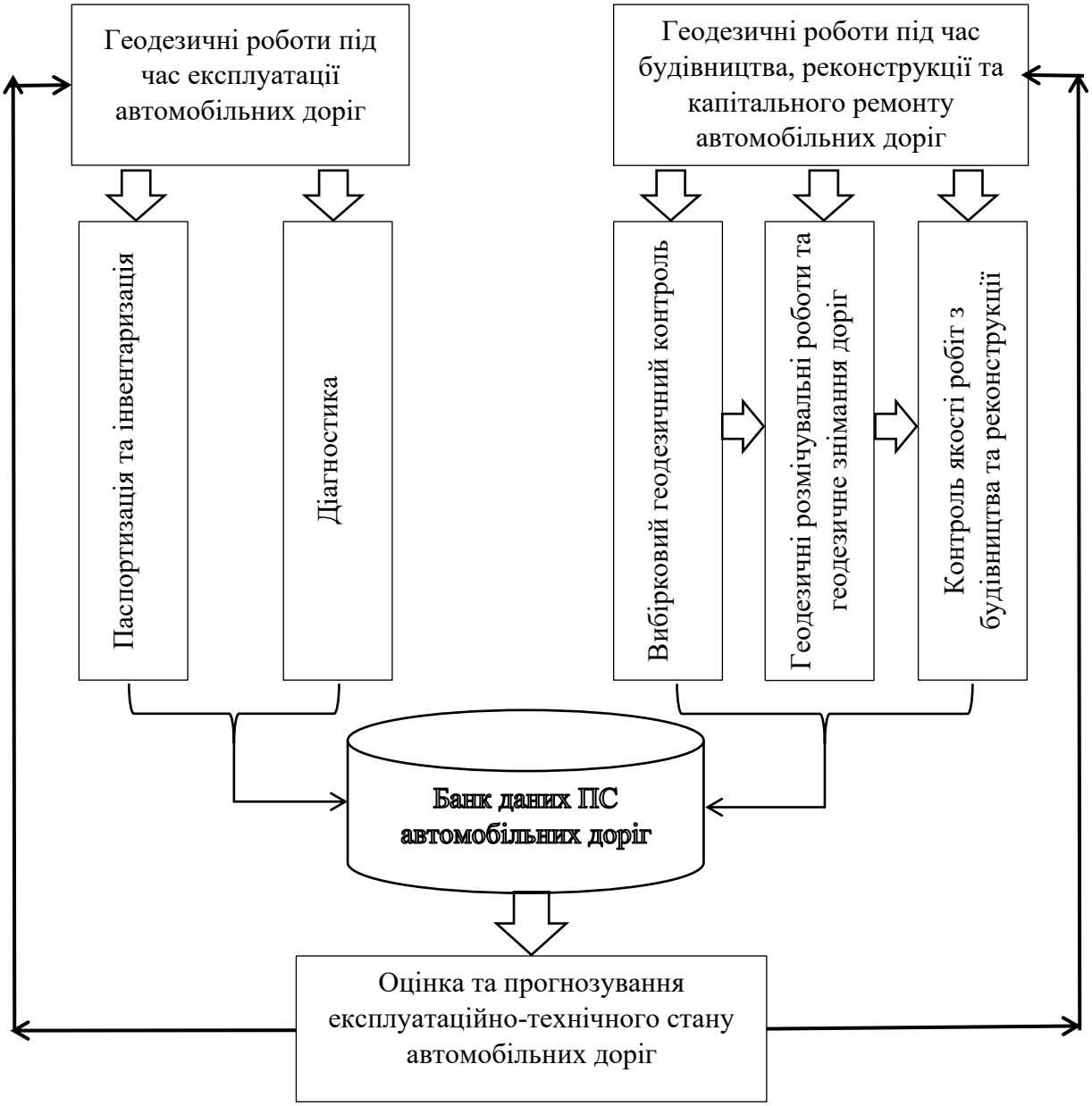


Рис. 1.3. Схема геодезичного забезпечення дорожньо-будівельних робіт

Відповідність розміщення автомобільних доріг на місцевості, включно з поздовжнім і поперечним профілями земляного полотна, точне розташування осей штучних споруд і фундаментів та інші параметри забезпечується завдяки проведенню геодезичних робіт під час будівництва, реконструкції та будівництва автомобільних доріг. Для автоматизації цих геодезичних вимірювань та зйомок використовуються різноманітні технології та інструменти, які допомагають забезпечити точність і ефективність процесу [24,с. 47].

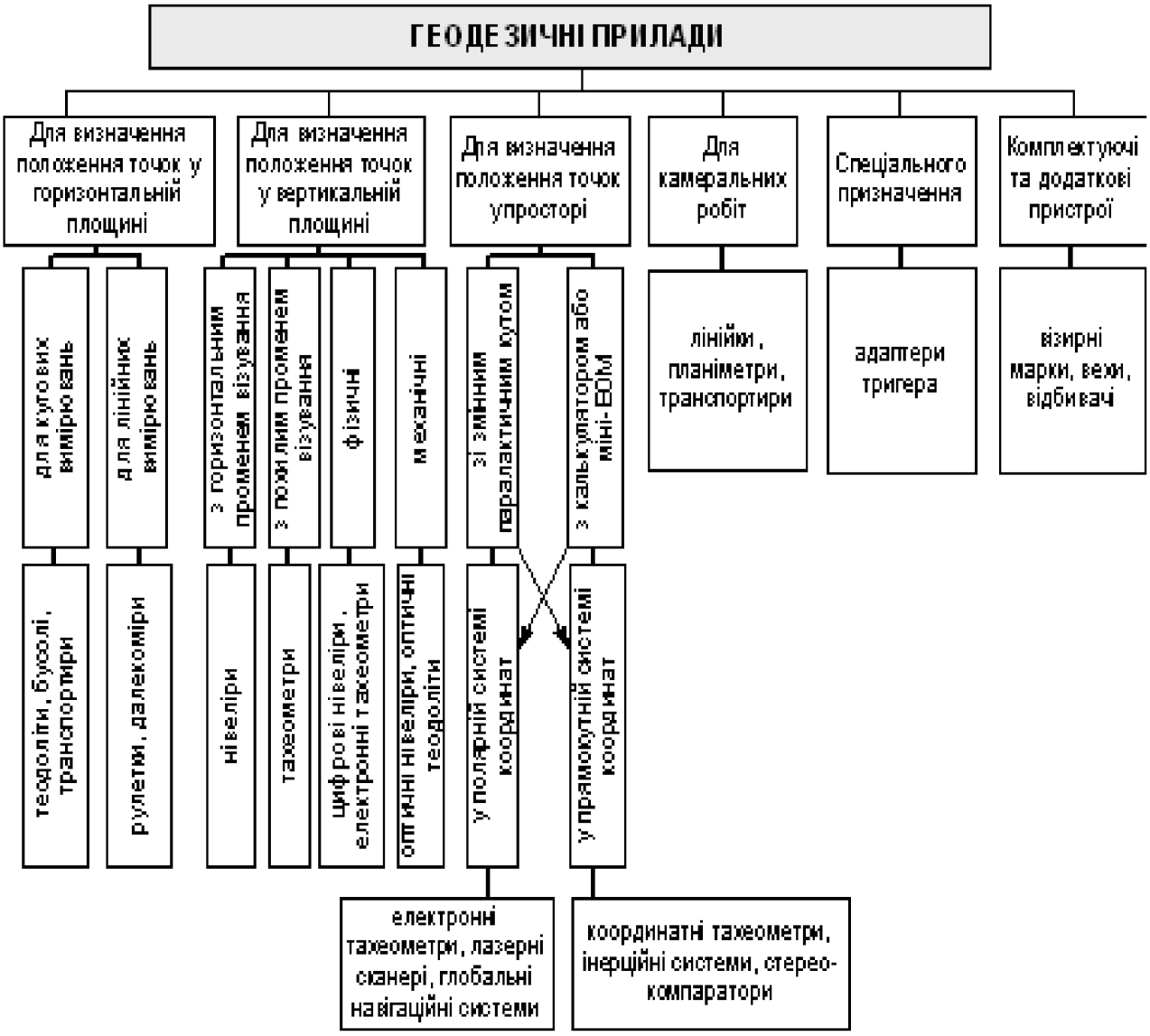


Рис. 1.4 Класифікація геодезичних приладів

Вибір геодезичного обладнання для будівництва автомобільних доріг повинен бути обґрунтований необхідними параметрами точності. Використання сучасних геодезичних приладів дозволяє автоматизувати процес отримання та обробки даних. Це забезпечує можливість одночасної роботи як геодезистів, так і будівельної техніки, обладнаної відповідними системами. Такий підхід допомагає знизити вплив можливих похибок на точність геодезичних вимірювань[39, .с 46].

Вибір геодезичного обладнання в будівництві автомобільних доріг визначається необхідністю забезпечення необхідних параметрів точності. Використання сучасних геодезичних приладів дозволяє автоматизувати процес отримання та обробки даних, що забезпечує ефективну роботу як геодезистів, так і будівельної техніки.

1.3. Аналіз та узагальнення нормативного забезпечення з геодезичного супроводу об’єктів дорожнього будівництва

Геодезичні роботи в будівництві автомобільних доріг та штучних споруд є невід'ємною складовою технологічного процесу та відносяться до основних видів робіт. Якість і техніко-економічні показники таких об'єктів прямо залежать від якості геодезичного супроводу їх проектування та будівництва.

У будівництві автомобільних доріг та штучних споруд геодезичні роботи слід виконувати відповідно до конкретного графіка, з урахуванням технології та строків виконання різних видів робіт. Важливо, щоб обсяг та точність цих робіт гарантували правильне розміщення та виконання будівельних об'єктів з відповідністю геометричним параметрам [32 ,с. 47].

Розвиток технологій у галузі геодезії потребує впровадження як традиційних, так і нових методів та засобів виконання геодезичних робіт. Нормативні документи з цієї галузі не завжди враховують сучасні методи та технології, що ускладнює регулювання процесів геодезичного супроводу.

Важливим є вироблення національного стандарту для виконання геодезичних робіт та контролю при будівництві дорожніх об'єктів, що доповнив би існуючі нормативні положення. Такий стандарт дозволив би унормувати всі етапи геодезичних робіт та забезпечити їх відповідність вимогам якості та точності.

Під час розроблення нового стандарту необхідно вирішити кілька ключових завдань:

1. Систематизація та узагальнення вимог: Новий стандарт повинен узгодити та структурувати вимоги до геодезичних робіт, включаючи розмічування, контроль та моніторинг об'єктів дорожнього господарства.

2. Визначення точності робіт: Стандарт має встановити вимоги до точності геодезичних робіт під час будівництва, реконструкції та ремонту автомобільних доріг та споруд на них.

3. Впровадження сучасних методів: Новітні методи геодезичного виробництва повинні бути впроваджені для забезпечення необхідної точності та ефективності будівельних та монтажних робіт.

4. Застосування сучасних засобів: Стандарт повинен дозволити застосування сучасних методів та засобів геодезичного супроводу, які відповідають світовим стандартам та тенденціям розвитку галузі.

Розробка нового стандарту є важливим кроком для покращення якості та ефективності будівництва автомобільних доріг та забезпечення сталого розвитку транспортної інфраструктури країни.

Цей стандарт сприятиме впровадженню сучасних методів та технологій, що забезпечать ефективність та точність геодезичних робіт. Покращення нормативного забезпечення геодезичного супроводу будівництва доріг буде сприяти не лише підвищенню якості дорожньої інфраструктури, але й сприятиме розвитку галузі геодезії та геоінформаційних технологій в країні, що відіграє ключову роль у сталому економічному розвитку.

1.4. Сучасні геодезичні прилади, які використовують під час будівництва, реконструкції та ремонтних робіт автомобільних доріг

Паралельно з традиційними методиками геодезичних робіт, сьогодні все більш поширюється використання сучасних технологій, які передбачають застосування новітніх геодезичних приладів, що виявляються більш ефективними.

На сучасному ринку доступна широка гама геодезичних приладів, і технології виконання геодезичних робіт швидко розвиваються. Сучасні геодезичні технології відрізняються від традиційних за своїми особливостями та засобами вимірювань. Кілька років тому для виконання конкретних видів вимірювань застосовувалися окремі технології та прилади: теодоліти використовувалися для кутових вимірювань, нівеліри - для висотних вимірювань, а для лінійних вимірювань - рулетки або далекоміри. Точність цих приладів також була відповідною. Однак з появою електронних тахеометрів, потреба в додаткових конструкціях на місцевості відпала, що дало можливість швидко отримувати координати та підвищити точність вимірювань [24,с. 65].

Використання сучасного геодезичного обладнання передбачає знання теоретичних основ картографії, геодезії та топографії, а також технічних особливостей приладів, специфіки роботи з супутниковими системами, розуміння принципів дії приладів і характеру можливих похибок в ході вимірювань. Важливим чинником, що визначає сучасний рівень інженерно-геодезичного забезпечення будівництва, реконструкції або ремонтних робіт, є рівень використання можливостей сучасних приладів і технологій.

На перший погляд може здатися, що сучасні прилади і технології, які характеризуються високим рівнем автоматизації, не вимагають відповідного рівня підготовки фахівців, однак це не так. Нові прилади і технології дозволяють істотно розширити коло завдань, які можуть бути вирішені методами геодезії і топографії, підвищити доступність топографо-геодезичних матеріалів під час вирішення різних завдань будівництва та експлуатації доріг.

У останні десятиліття спостерігається значний ріст темпів модернізації геодезичних приладів, що використовуються під час виконання різних робіт. Були

розроблені зовсім нові технології, які поліпшили їх функціональність та технічні характеристики.

Сучасні геодезичні прилади можна розділити на декілька груп, таких як геодезичне GPS-обладнання, електронні тахеометри, електронні теодоліти, електронні нівеліри та лазерні сканери. Кожен з них має свою сферу застосування та свої переваги і недоліки. У комплексних роботах необхідно використовувати різні види сучасного геодезичного обладнання, оскільки кожен з них виконує свою унікальну функцію [31 ,с. 88].

На сьогоднішній день найпопулярнішими є електронні тахеометри від відомих закордонних виробників, таких як Sokkia, Topcon, Leica, Trimble. Вони оснащені вбудованим програмним забезпеченням, що охоплює широкий спектр геодезичних робіт: від створення геодезичних мереж до розв'язання координатних геометричних задач. Електронні тахеометри мають різні класи точності, і кутова точність може коливатися від 1 до 5 хвилин.

Електронні теодоліти - це модернізовані версії традиційних оптичних пристроїв, які пропонують спрощений процес вимірювань. Вони автоматично відображають відліки, що дозволяє значно прискорити роботу та зменшити похибку. Однак, наявність електронних компонентів у таких приладах потребує постійного живлення, і їхні функції можуть бути чутливі до зовнішніх умов.

Цифрові нівеліри забезпечують підвищену якість та надійність вимірювань. Головною перевагою цих приладів є можливість автоматичного зняття відліків за допомогою спеціальних реєстраційних рейок з штрих-кодами, що забезпечує точність і швидкість вимірювань [23, с. 55].

Лазерні сканери є новітнім обладнанням у сфері геодезії. Технічно, лазерний сканер - це прилад, оснащений високошвидкісним безвідбивачевим лазерним далекоміром та системою зміни напрямку променя лазеру. В області сканування, яка охоплює сектор повороту дзеркала, лазерний промінь далекоміра

розширюється зі швидкістю до 50 000 точок в хвилину, щоб створити повний образ об'єкта.

Електронні тахеометри та цифрові нівеліри отримали широке застосування в геодезичному супроводі ремонтних та будівельних робіт. Вони дозволяють виконувати великий обсяг геодезичних операцій, включаючи виноску в натуру. Електронний тахеометр полегшує процес вимірювань, зберігаючи автоматично дані про номери пікетів, відстані та кути, і надаючи можливість проведення розрахунків навіть у зонах з низькими температурами.

Одним із методів визначення висот є нівелювання, яке застосовується для вивчення рельєфу під час будівництва, реконструкції та ремонтних робіт автомобільних доріг, а також для спостереження за інженерними та штучними спорудами у процесі експлуатації. Цифрові нівеліри, у порівнянні з оптичними аналогами, пропонують можливість побудувати робочу площину, що робить їх особливо ефективними [32, с. 46].

Сучасні лазерні сканери набувають широкої популярності в топографічній зйомці доріг, адже вони базуються на комп’ютерній обробці даних, отриманих в результаті сканування лазером. Цей метод дозволяє отримати тривимірний образ об'єкта шляхом реєстрації сигналів лазера, що відбиваються від різних поверхонь. Процес сканування лазером дозволяє точно визначити координати всіх точок в межах радіусу дії [15, с. 10].

Основною перевагою методу лазерного сканування є можливість його оперативного застосування в умовах неперервного автомобільного руху, не порушуючи при цьому роботу транспортної інфраструктури. Лазерне сканування доріг є мобільним і високоточним методом, який може бути застосований на будь-якому етапі життєвого циклу автомобільних доріг, від вивчення для проєктування і будівництва до ремонту і реконструкції. Лазерне сканування доріг надає можливість порівняти ділянку дороги до та після проведення робіт і оцінити такі параметри, як товщина нового дорожнього покриття з точністю до 1 см по

вертикалі. Крім того, цей метод може використовуватися для моніторингу стану дорожніх розв'язок і мостів.

Сучасні технології геодезичного супроводу будівництва, реконструкції та ремонтних робіт автомобільних доріг значно полегшують та прискорюють процеси виконання різних завдань у цій галузі. Завдяки поєднанню високої точності, мобільності та швидкості сканування, методи лазерного сканування стають важливим інструментом для ефективного контролю, моніторингу та управління автомобільними дорогами.

Висновки до розділу 1

У першому розділі проведено аналіз наукової літератури щодо геодезичних технологій, які застосовуються в будівництві автомобільних доріг. Розглянуті основні методи та прийоми, що використовуються для вимірювання, обробки та аналізу геодезичних даних. Визначено основні принципи та методики використання геодезичних технологій в процесі проектування та будівництва автодоріг.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕНН ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПРОСТОРОВІ УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛДЕЗИЧНИХ РОБІТ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ АВТОДОРІГ

2.1. Топографо-геодезичне забезпечення району робіт

Характеристика об'єкта включає в себе опис Вінницької області, довжину автомобільних доріг, які підлягають зніманню, а також параметри кадастрової зйомки та ортофотоплану. Об'єкт перебуває у державній власності. Для проведення робіт використовується обладнання, таке як Phantom 4 RTK, а також програмне забезпечення Pix4d mapper і Pix4d survey. Планується 8 днів польової роботи і 1 місяць та 1 тиждень камеральних робіт. Результатом є топографічний план масштабу 1:1000. Цільове призначення об'єкта - для розміщення та експлуатації будівель і споруд автомобільного транспорту та дорожнього господарства, а також розроблення передпроєктної документації щодо проектування автомобільної дороги державного значення.

Роботи проводяться відповідно до законодавства та стандартів, серед яких Інструкція з топографічного знімання, Земельний кодекс України, Закони про Державний земельний кадастр та землеустрій, а також відповідні національні стандарти щодо будівництва та реконструкції доріг [32 ,с. 46].

З огляду на обсяг робіт та терміни виконання, планується використання трьох бригад, які складатимуться з кваліфікованих фахівців та необхідного обладнання. Вимагається використання системи координат УСК-2000 або місцевої системи, пов'язаної з УСК-2000.

Роботи розпочинаються з підготовчих етапів, включаючи аналіз вихідних даних, підбір матеріалів, обстеження місцевості та створення електронної карти земель. Далі виконуються геодезичні зйомки та камеральна обробка отриманих матеріалів.

Другий етап включає в себе проведення землевпорядних робіт, таких як складання кадастрових планів та формування обмінних файлів у форматі XML для земельних ділянок у смузі відводу автомобільних доріг у Вінницькій області, які мають невірні дані реєстрації. Також передбачається внесення виправлених даних до Державного земельного кадастру для цих земельних ділянок. На цьому етапі також складається зведений інвентаризаційний план, обчислюються площі земельних ділянок та угідь, складається експлікація земель за формою 6-зем, виготовляються кадастрові плани, інші технічні документи та акти приймання-передачі [28, с. 64].

Третій етап передбачає державну реєстрацію земельних ділянок у Державному земельному кадастрі. Це включає створення обмінних файлів для цих ділянок, підготовку документів для затвердження проектів землеустрою та подачі їх до органу Укрдержреєстру для реєстрації права постійного користування. Також проводиться перенесення та встановлення меж земельних ділянок, закріплення межовими знаками та призначення актів приймання-передачі. Роботи здаються та приймаються поетапно відповідно до календарного плану. Кадастрову зйомку проводять у масштабі 1:1000, а також визначають межі та площі зелених насаджень у смугах відводу доріг, дотримуючись вимог законодавства, зокрема Закону України "Про Державний земельний кадастр".

Загалом, процес геодезичного забезпечення будівництва починається з проведення інженерно-геодезичних вишукувань, під час яких збираються та обробляються топографо-геодезичні дані. Ці дані є важливим етапом для комплексної оцінки умов території будівництва, проектування та безпечної експлуатації об’єктів будівництва і архітектури. Вони також використовуються для інженерного захисту територій, планування територій, архітектурно-містобудівного проектування та ведення містобудівного кадастру.

Під час інженерно-геодезичних вишукувань збираються різноманітні дані, такі як відомості про вихідні геодезичні пункти, схеми геодезичних мереж, матеріали обчислень та врівноваження, а також акти здачі геодезичних пунктів на спостереження та польового контролю. Додатково, для опорної та планово-висотної геодезичних мереж надаються спеціальні матеріали, які допомагають у точній фіксації та вимірюванні даних.

Інженерно-геодезичні вишукування є важливим етапом перед будівництвом, який забезпечує необхідну базу даних для подальшого проектування та будівництва об'єктів будівництва і інфраструктури.

2.2. Вихідні дані для проектування автомобільної дороги, створення геодезичної основи

З метою забезпечення точності та надійності геодезичної бази для будівництва дороги, було ретельно розроблено проект геодезичної основи. Цей проект передбачав не лише створення планової та висотної основи, але й детальне планування робіт з використанням полігонометрії та тригонометричного нівелювання.

Початковим етапом геодезичних робіт під час проектування автодороги було створення необхідної геодезичної бази. Для цього було розроблено та виконано планову та висотну геодезичну основу. Планова основа була створена шляхом витягнутого ходу 2-го розряду, який був проведений від настінних марок полігонометрії 1-го розряду. У свою чергу, висотна основа була сформована у вигляді ходу тригонометричного нівелювання.

Проект геодезичної основи для проектування автодороги передбачав створення планової основи за допомогою полігонометрії 2-го розряду та висотної основи шляхом тригонометричного нівелювання. Ці роботи були заплановані у

відповідності до рисунку 2.1 та виконані з використанням пунктів полігонометрії 2-го розряду.

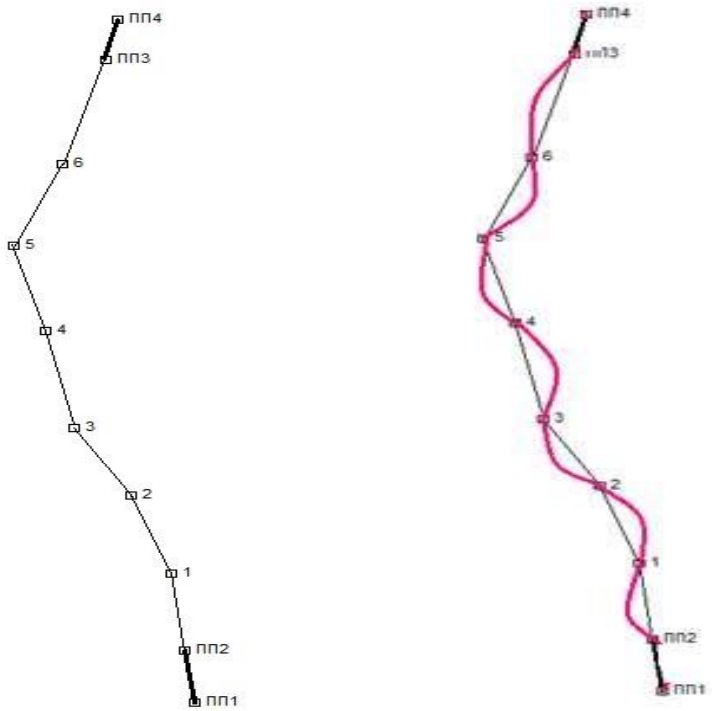


Рис. 2.1 Планова та висотна геодезична основа

Проектування планової основи для проектування автодороги передбачало створення витягнутого ходу 2-го розряду, що виходив від настінних пунктів полігонометрії 1-го розряду. Загальна довжина цього ходу становила 970,596 м, при цьому найменша його сторона складала 121,778 м, а найбільша - 169,650 м. Цей проектний хід відповідав усім нормативним вимогам до полігонометрії 2-го розряду [1]. Передбачалося, що для вимірювань буде використовуватися електронний тахеометр, що дозволить одночасно виконувати тригонометричне нівелювання та визначати висоти геодезичних пунктів.

Роботи з рекоґностування та закладання пунктів планової основи передбачали обстеження настінних пунктів полігонометрії відповідно до вимог інструкцій. Місцезнаходження цих пунктів встановлювалося на місцевості з

використанням топографічних карт, а в разі відсутності зовнішніх ознак - шляхом інструментальних промірів [35 ,с. 87].

Прив'язка крайніх точок полігонометричного ходу виконувалася знесенням координат кутовою засічкою з двох настінних марок на тимчасові пункти з обох країв ходу. Це передбачалося виконати з урахуванням умов міської забудови та можливості закріплення пунктів полігонометрії на настінних знаках.

Виміряємо горизонтальні кути α, β, γ, ψ та φ. Виміряємо два базиси b_1 і b_2. Базиси є сторонами трикутників Р 1 Т 11, Р 1 Т 12.

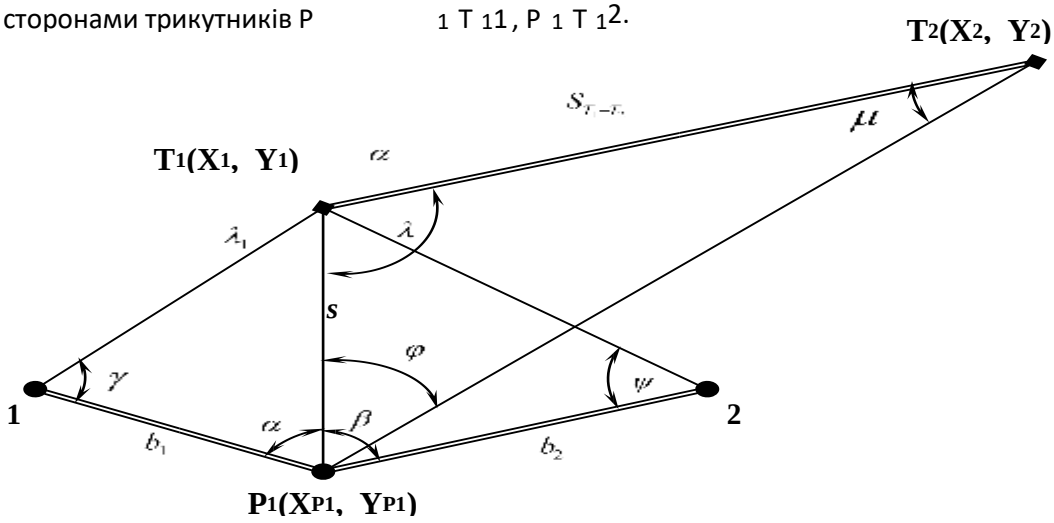


Рис. 2.2. Знесення координат із недоступної (високої) точки Т*1* на пункт полігонометрії Р*1*

Оцінка точності МР1МР1 є важливим кроком у визначенні достовірності отриманих результатів. Ця формула дозволяє оцінити похибку вимірювань та інші фактори, що впливають на точність визначення координат.

Після розрахунку оцінки точності можна провести аналіз результатів та вирішити, чи є вони задовільними для подальшого використання у проекті. У випадку, якщо точність не відповідає вимогам, можуть бути прийняті заходи для поліпшення результатів, такі як додаткові вимірювання або коригування методології роботи [49, с. 57].

Враховуючи усі етапи визначення геодезичної основи і її точності, можна забезпечити надійні дані для подальших інженерно-геодезичних робіт і будівельних проектів, що забезпечить успішне виконання завдань і запобігає можливим помилкам під час будівництва або реконструкції об'єктів.

Проведення ретельного аналізу кожного етапу геодезичних робіт, включаючи визначення геодезичної основи, рекоґностування пунктів, вимірювання та оцінку точності, є важливим для забезпечення якості та достовірності геодезичних даних. Цей процес вимагає не лише технічної компетентності, але й уважності до деталей та ретельного планування.

Від створення геодезичної основи до рекоґностування пунктів і визначення координат кожен етап вимагає уважності, точності та використання сучасних технологій. Це не лише забезпечує якість та надійність будівельних проектів, але й є ключовим для безпеки та ефективності будівництва. Враховуючи вимоги стандартів та ретельний контроль якості на кожному етапі, геодезичні роботи відіграють важливу роль у успішному завершенні будівельних проектів.

2.3. Особливості вирівнювання та оцінки точності планової та висотної основи у програмі

Проектування інженерних споруд, таких як дороги, залізниці, мости, а також гідротехнічні споруди, потребує належних вихідних даних для ефективного планування. Початковим етапом у цьому процесі є збір землевпорядних топографо-геодезичних даних, які зазвичай отримуються шляхом вимірювань на місцевості за допомогою спеціалізованих геодезичних приладів.

Результатом роботи програми є різноманітні вихідні матеріали, включаючи креслення та планшети планів у різних масштабах, векторні плани у різних форматах, текстові файли з вимірами та координатами, а також каталоги з оцінками. CREDO DAT застосовується в різних галузях, включаючи проектування

промислових, цивільних та транспортних об'єктів, геодезичне забезпечення будівництва, кадастрові системи та розвідку корисних копалин.

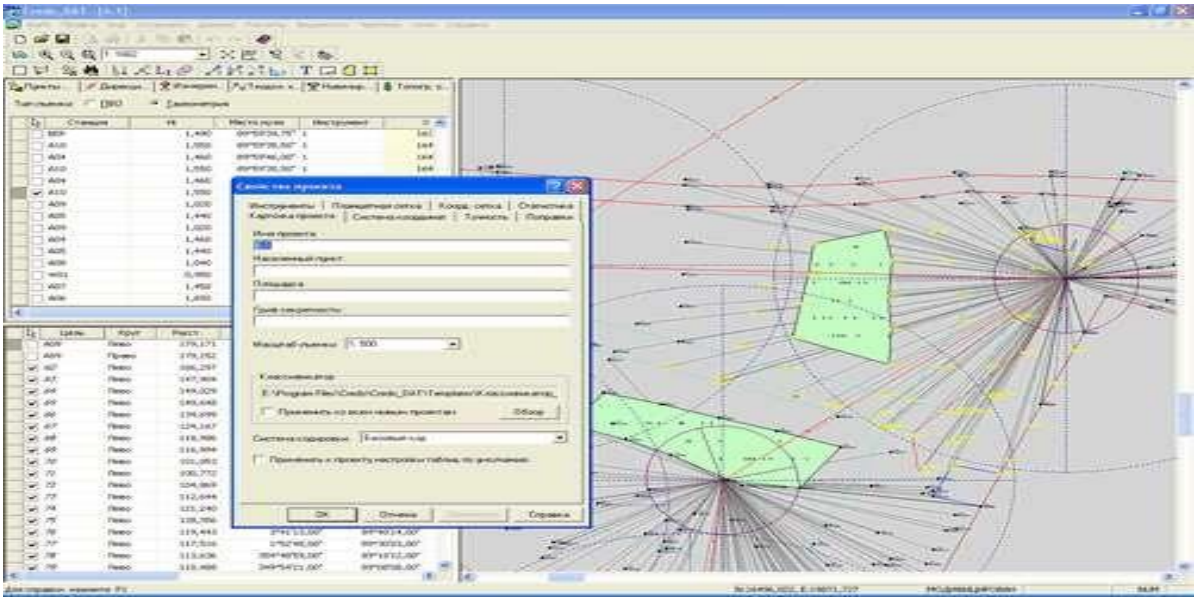


Рис. 2.3 Обробка геодезичних знімань в CREDO_DAT

На початковому етапі розпочав роботу над новим проектом у програмному забезпеченні Credo Dat [38 ,с. 46].

Під час створення нового проекту у програмному забезпеченні Credo Dat, першим кроком було визначення основних параметрів проекту, таких як масштаб, область дослідження та необхідні дані. (Рис.2.4).

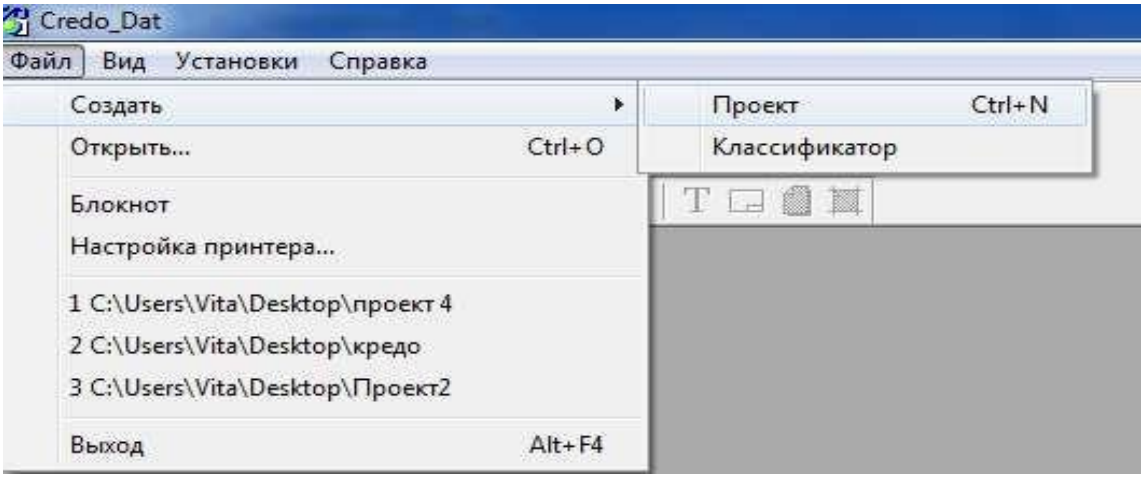


Рис.2.4 - Створення проекту

У підпрограмі "Пункти ПВО" на малюнку 2.5 ми вказуємо координати та висоти вихідних геодезичних пунктів.

У підпрограмі "Пункти ПВО", зображеній на малюнку 2.5, ми вказуємо координати та висоти вихідних геодезичних пунктів. Це є важливим етапом перед початком будь-яких геодезичних робіт, оскільки точні координати і висоти цих пунктів визначають базову основу для подальшого вимірювання та розрахунків. У цій підпрограмі ми також можемо вказати додаткові параметри, які стосуються цих пунктів, такі як їхні описи, класифіка [25, с. 76]

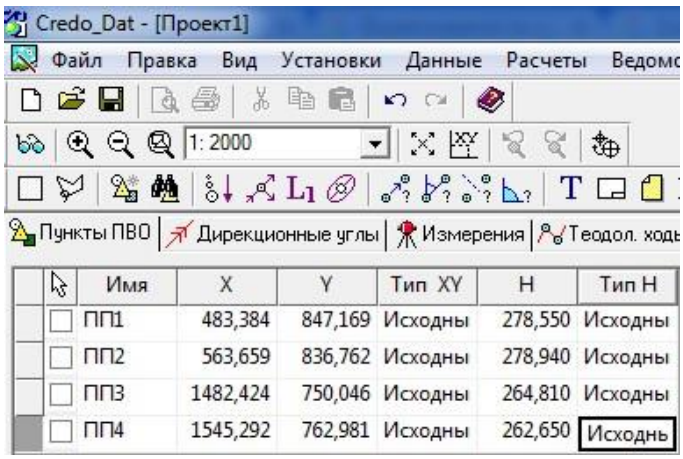


Рис. 2.5 Внесення вихідних пунктів

У програмному модулі "Дирекційні кути", зображеному на малюнку 2.6, я встановлюю дирекційний кут для лінії між GPS-точками GPS1 і GPS2. Цей етап важливий для точного визначення напрямку та розташування між цими точками, що може бути ключовим для подальших геодезичних вимірювань та аналізу даних. У цій підпрограмі я також можу встановити додаткові параметри, такі як типи кутів (наприклад, горизонтальний або вертикальний), або провести додаткові обчислення для підвищення точності вимірювань.[39,с. 56].

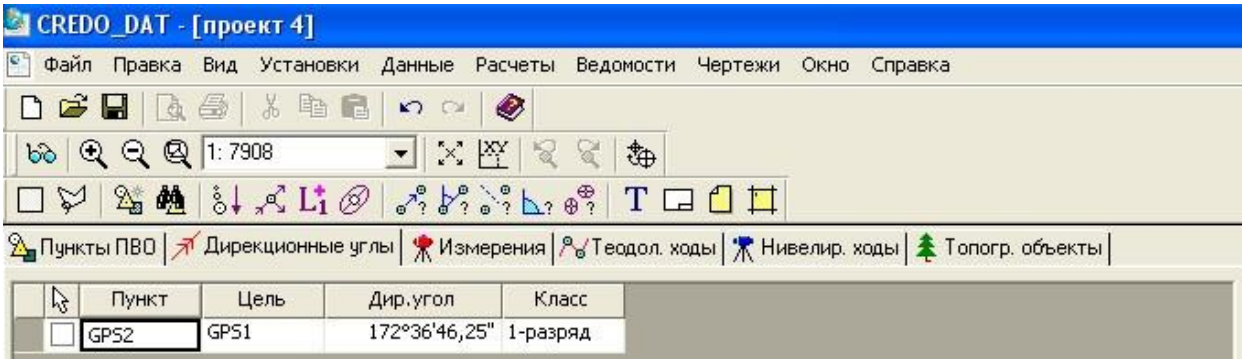


Рис. 2.6 Внесення розрахунку дирекційний кут

Після введення результатів вимірювань у вкладку "Теодолітні ходи", важливо здійснити перевірку точності та правильності введених даних. Впевніться, що назви станцій відповідають дійсним точкам, а відстані та кути правильно виміряні та записані. Після цього ви зможете використовувати ці дані для подальших обчислень та проектування.

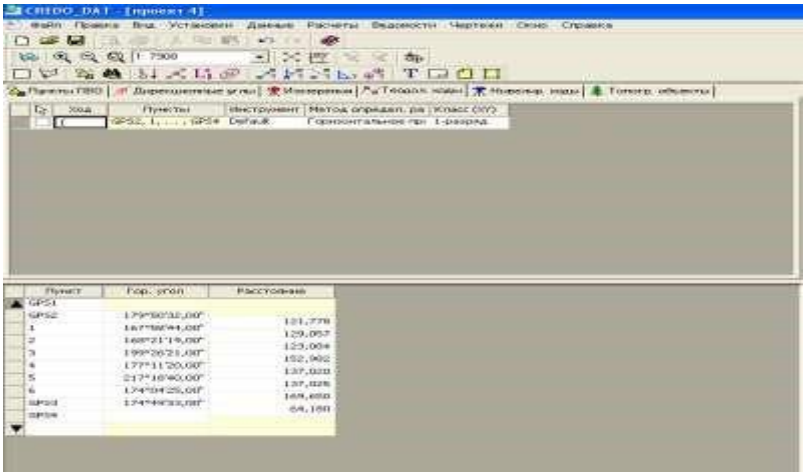


Рис. 2.7 Введення результатів вимірів

Після введення даних нівелювання у відповідний розділ програми, можна здійснити їх обробку та аналіз. Це важливий етап проектування, оскільки висотні дані не менш важливі, ніж горизонтальні координати, і впливають на точність та надійність будівельних робіт. Дані нівелювання допомагають встановити висотні рівні для точок у межах проектованої споруди або ділянки, що дозволяє правильно

розрахувати нахил поверхні та необхідні корекції для досягнення необхідної геометрії та рівня зручності використання.

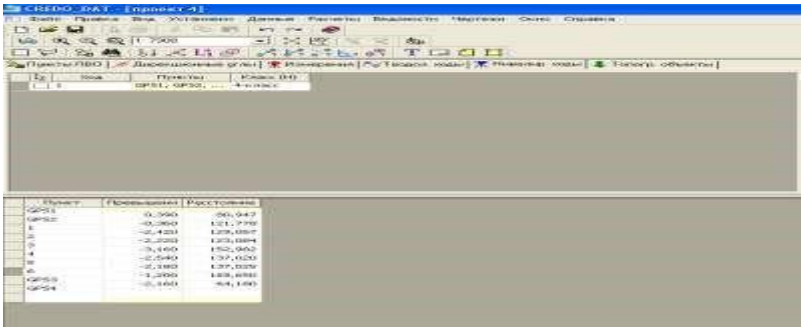


Рис. 2.8 Підпрограма «Нівелірні ходи»

Після введення всіх необхідних даних та перевірки їх правильності ми переходимо до етапу попереднього опрацювання. Цей етап дозволяє системі здійснити попередні розрахунки і перевірити правильність введених даних перед остаточними обчисленнями. Для цього вибираємо вкладку "Розрахунки" та обираємо опцію "Провести розрахунок".

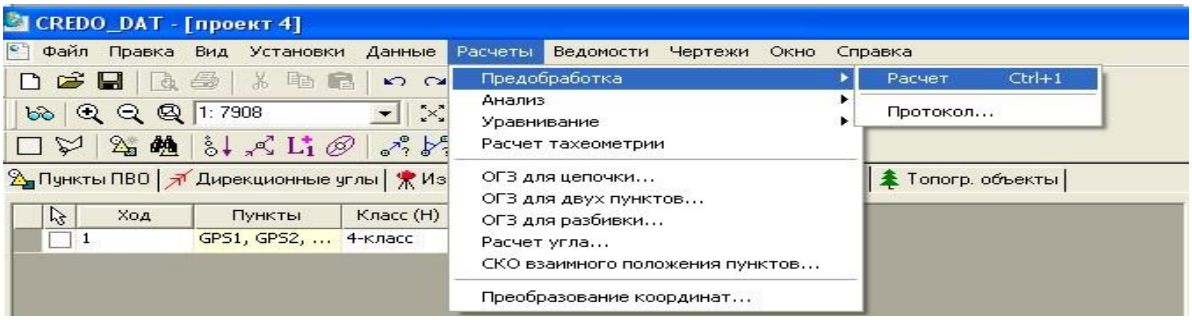


Рис. 2.9 Попереднє опрацювання результатів вимірів

Проводимо аналіз геодезичної мережі за допомогою вбудованих інструментів програми. Для цього переходимо до розділу "Розрахунки", обираємо опцію "Аналіз" і потім "L1-аналіз" [17, с. 59].

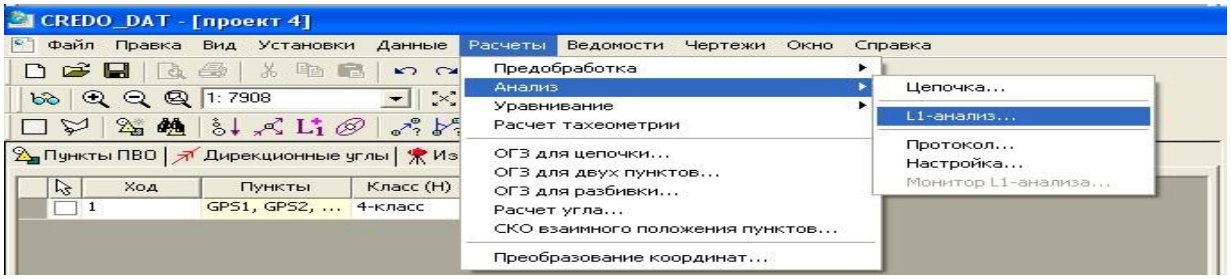


Рис. 2.10 «L1-аналіз»

Після завершення попередніх етапів важливо провести процедуру зрівноваження для впевненості у стійкості та точності результатів. Щоб це зробити, переходимо до вкладки "Расчеты" - "Уравнивание" - "Расчет".

Після переходу до цієї вкладки в програмному забезпеченні ми можемо провести процедуру зрівноваження, що дозволить підтвердити правильність та надійність наших даних. В процесі зрівноваження будуть враховані всі вимірювання та параметри мережі, що дозволить забезпечити її стабільність та надійність.

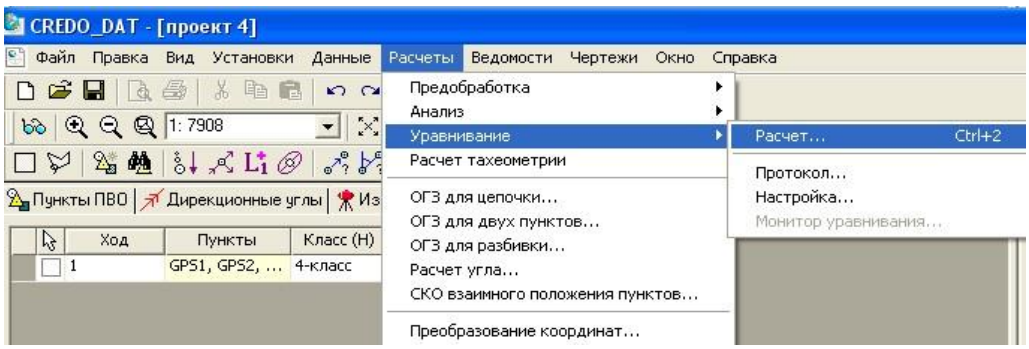


Рис. 2.11 «Урівнювання»

У правій частині робочого вікна, яке ми вже заповнили у попередніх кроках, відображається побудований полігонометричний хід на основі наших вимірювань.

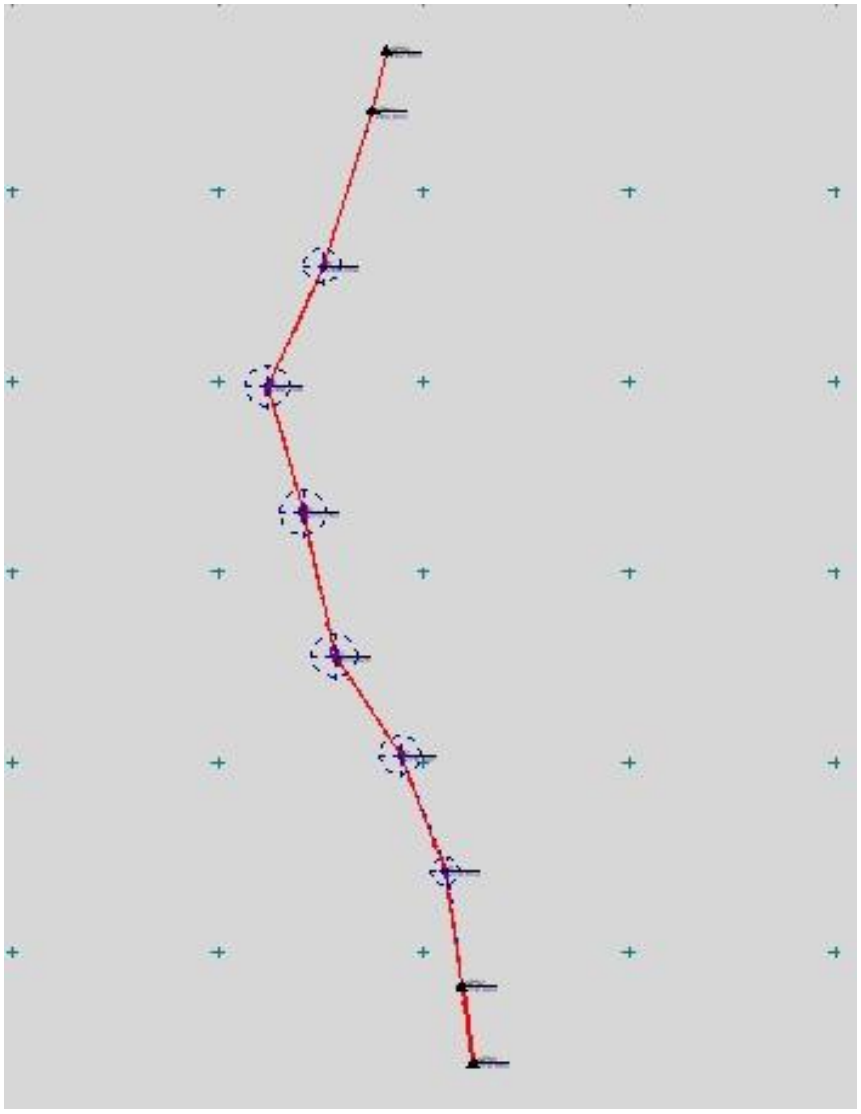


Рис. 2.12 Побудований графічно хід полігонометрії

Кінцевим результатом моїх робіт є відомості. Для виведення відомостей на екран я захожу у вкладку «Відомості» і вибираю необхідні мені відомості (Рис.2.13).

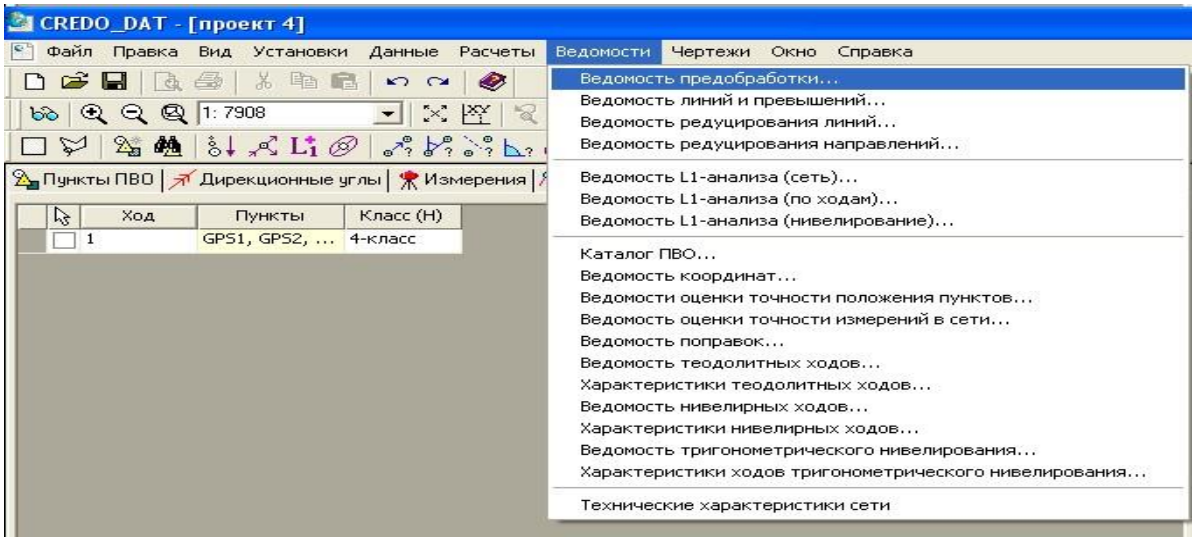


Рис. 2.13 Відомості

За результатами вимірів встановлено, що загальна довжина ходу становить 970,597 м, при цьому найменша сторона складає 121,779 м, а найбільша - 179,651 м. На основі аналізу виявлено, що лінійна та кутова нев'язки знаходяться в межах допуску. Відносна помилка ходу складає 1:14756, що не перевищує гранично допустимого значення 1:5000.

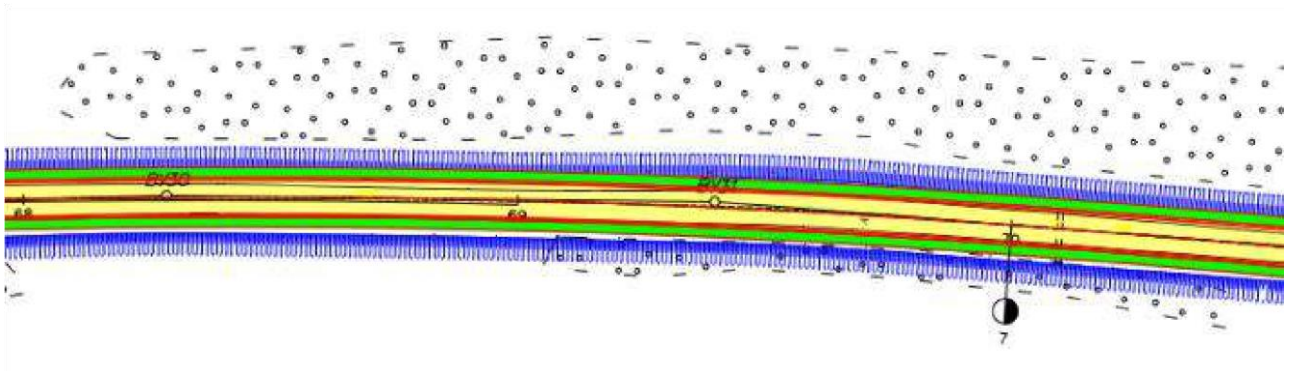


Рис. 2.14 Побудова плану будівництва автомобільної дороги в програмі

Отже, на основі проведених розрахунків та аналізу даних вимірювань можна зробити висновок про відповідність створеної геодезичної основи вимогам і стандартам. Відповідність допустимим значенням нев'язок та помилок свідчить про те, що проектування та вимірювання були виконані точно та відповідально.

Це дозволяє використовувати отримані дані для подальшого проектування і будівництва з необхідною достовірністю та точністю [9,с. 54].

Отримані дані можуть бути використані для подальшого проектування та будівництва з необхідною достовірністю та точністю. Результати роботи є важливим етапом у реалізації інженерних проектів та сприяють забезпеченню надійності та стабільності будівництва.

2.4. Розробка та реалізація картосхеми розміщення ділянки геодезичних робіт

Картосхема розміщення ділянки топографічних знімань для будівництва дороги включає в себе докладне відображення території, на якій планується проведення землевпорядних і геодезичних робіт. Вона включає графічні дані про географічне положення ділянки, рельєф місцевості, існуючі транспортні маршрути, межі земельних ділянок, водні та екологічні особливості, а також інші важливі елементи інфраструктури. Ця картосхема надає детальну інформацію для проектування та будівництва дороги, допомагаючи забезпечити оптимальне використання території та врахувати всі фактори, що можуть вплинути на конструкцію та безпеку дорожнього руху.

Номенклатура - це система класифікації та позначень, що використовується для ідентифікації та організації топографічних планів і карт. В Україні для створення номенклатури карт використовується міжнародне розграфлення аркушів карти масштабу 1:1000 000. [32, с. 47].

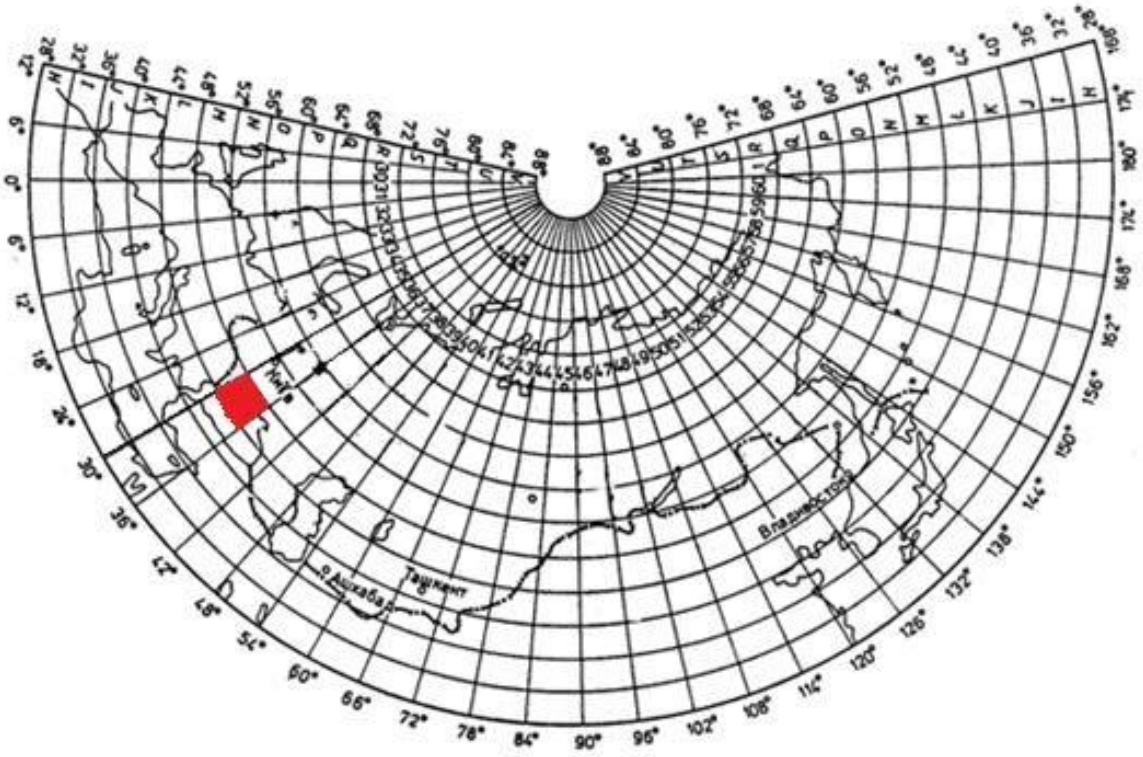


Рис. 2.15 Номенклатура карт масштабу 1:1 000 000

Паралелі проводять через кожні 4 градуси. Підрахунок поясів від A до W відбувається в напрямку від екватора на північ та на південь. При перетині таких колон і рядів (поясів) утворюються аркуші карт з масштабом 1:1000000. На одному з таких аркушів номенклатурне позначення складається з букви ряду і номера колони: наприклад, L – 36 (див. рис. 2.4). Розміри такого аркуша становлять 6 градусів по довготі і 4 градуси по широті [29 ,с. 32].

Для визначення розграфлення та номенклатури топографічних карт масштабів 1:50 000, 1:25 000 та 1:10 000 на досліджувану ділянку проведемо ділення аркуша карти масштабом 1:100 000 на 4 частини, отримаємо аркуш масштабом 1:50 000. Ділянка будівельних робіт розташована на аркуші (Б) масштабом 1:50000. Його номенклатурне позначення — L-36-015-Б (див. рис. 2.16).

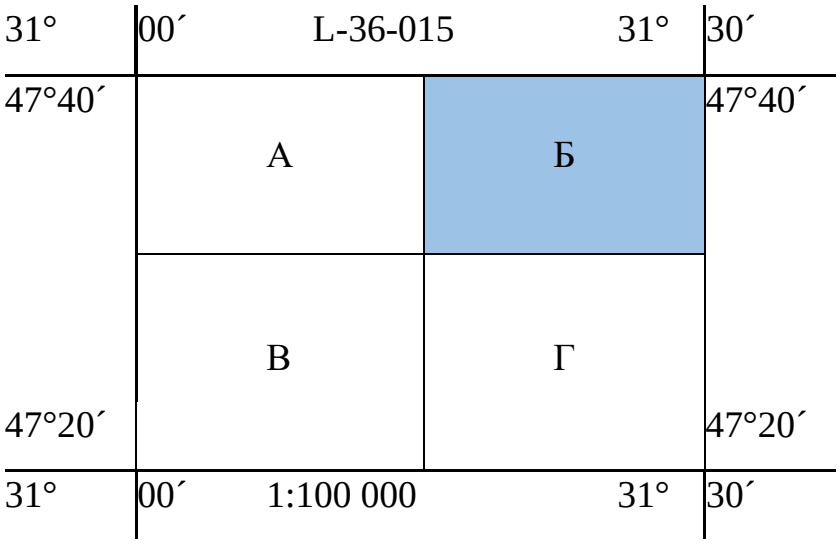


Рис. 2.16 Розподіл карти М 1:100 000 на аркуші М 1:50 000

Розбивши аркуш карти з масштабом 1:50 000 також на чотири частини, ми отримуємо топографічні карти з масштабом 1:25 000. Ділянка будівельних робіт, розташована в місті Вінниця, знаходиться на аркуші "а" масштабу 1:25 000. Його номенклатурне позначення – L-36-015-Б-а (див. рис. 2.17) [40 ,с. 76].

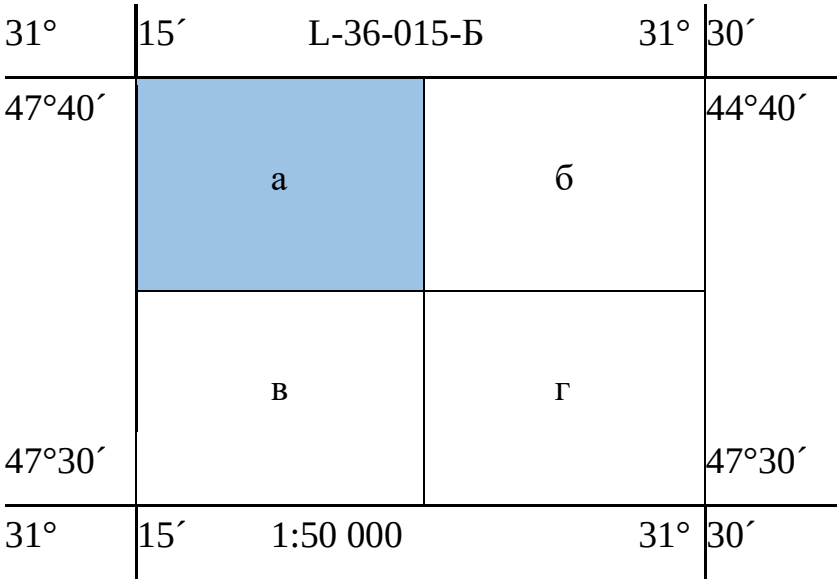


Рис. 2.17 Розподіл карти М 1:50 000 на аркуші М 1:25 000

Розділення карти на менші аркуші з меншим масштабом дозволяє збільшити рівень деталізації та точності при дослідженні конкретних областей. Це особливо корисно для інженерно-геодезичних робіт, де потрібна висока точність та докладність зображення території. Розграфлення карт з різними масштабами допомагає забезпечити ефективне та точне планування та виконання різноманітних інженерних та будівельних проектів.

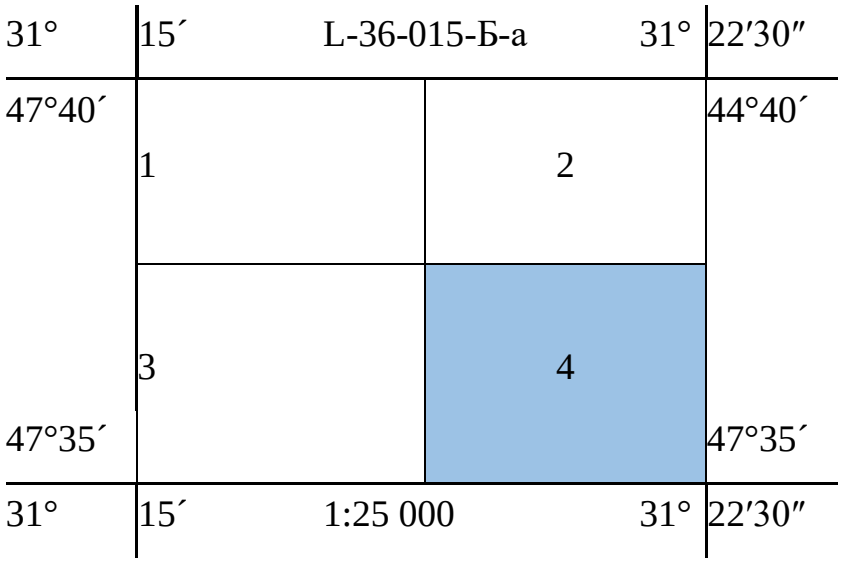


Рис. 2.18 Розподіл карти М 1:25 000 на аркуші М 1:10 000

Для створення топографічних та кадастрових планів в місцевих регіональних системах координат (МСК), що базуються на Українській системі координат УСК-2000, використовується наступне розграфлення. Рамка аркушів масштабу 1:10 000 має збігатися з лініями кілометрової сітки, а нумерація аркушів починається з північно-західного кута вздовж горизонтальних рядів. Кожен аркуш позначається чотирма символами з цифр арабського алфавіту.

Щодо отримання номенклатури аркушів плану 1:5 000, аркуш масштабом 1:10 000 ділиться на чотири частини, кожна з яких позначається символами з цифр арабського алфавіту: 1, 2, 3, 4. Ділянка будівельних робіт із координатами B = 47º36′05″ та L = 31º19′11″ розташована на аркуші "3" масштабом 1:5 000, і його номенклатура: 48-0794-3 (див. рис.2.19).

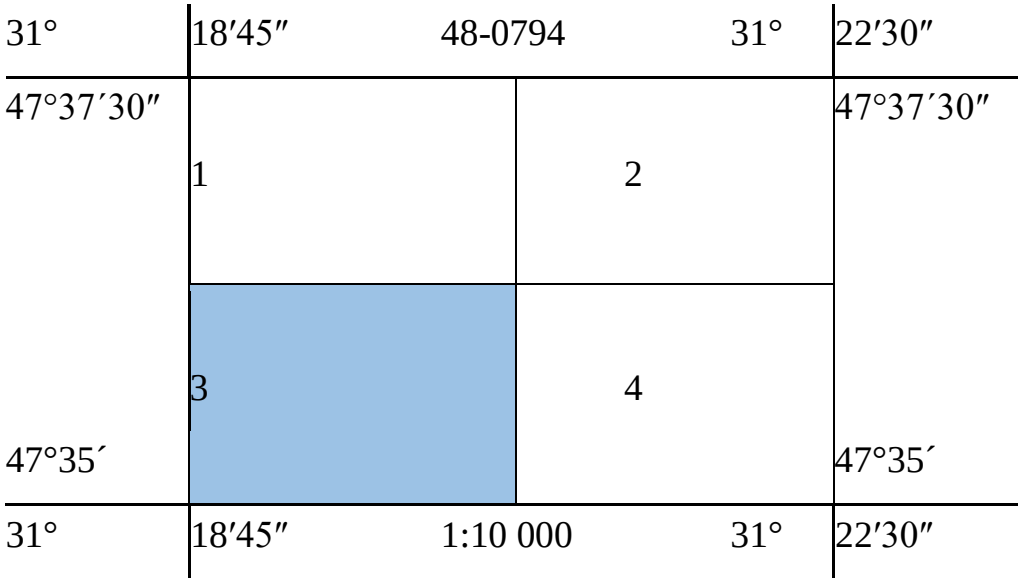


Рис. 2.19 Розподіл карти М 1:10 000 на аркуші планів М 1:5000

Земельна ділянка, де проводяться будівельні роботи, розташована на аркуші "А" масштабом 1:2000 із номенклатурним позначенням 48-0794-3-А

Це розподілення аркушів дозволяє забезпечити більш деталізоване відображення конкретних земельних ділянок та об'єктів на карті з більш високим масштабом. Такий підхід є важливим для точного планування та виконання будівельних проектів та забезпечення необхідної точності та докладності геодезичних даних.

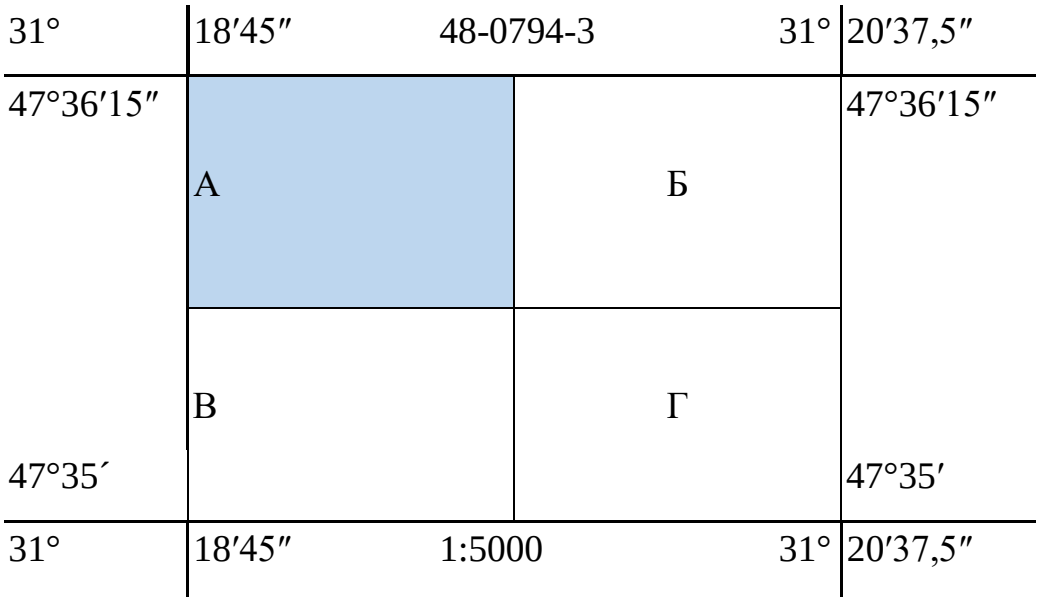


Рис. 2.20 Розподіл карти М 1:5000 на аркуші планів М 1:2000

Для отримання аркушів плану масштабом 1:1000, аркуш масштабу 1:2000 також розділяється на чотири однакові частини, які позначаються символами з римського алфавіту: I, II, III, IV. Досліджувана територія з координатами B = 47º36′05″ та L = 31º19′11″ знаходиться на аркуші "I" масштабу 1:1000 і має номенклатурне позначення 48-0794-3-A-I (див. рис.2.21).

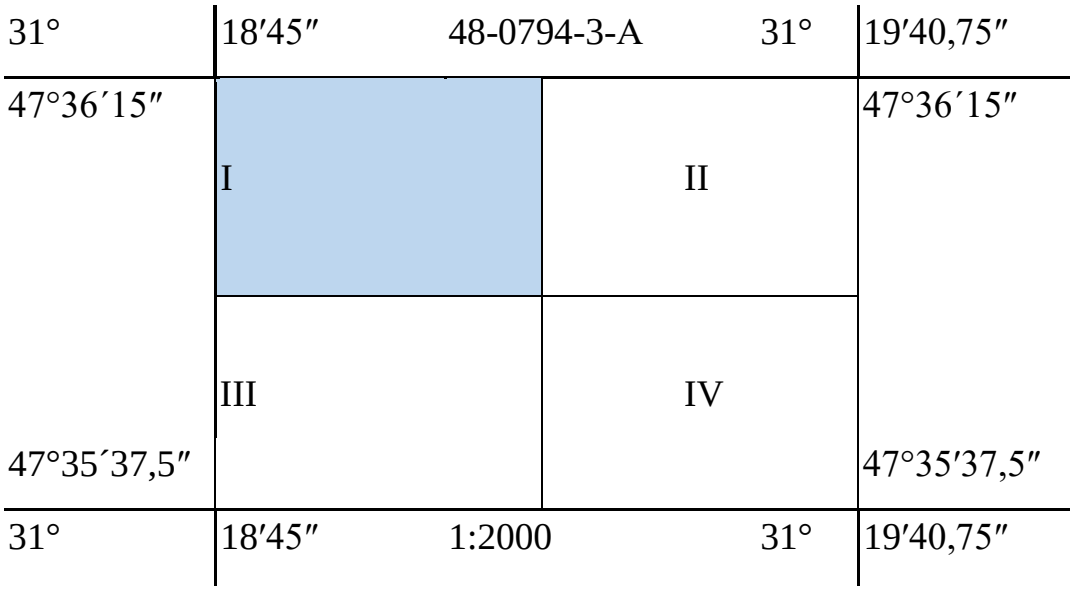


Рис. 2.21 Розподіл плану М 1:2000 на аркуші планів М 1:1000

На етапі підготовки до проведення інженерно-геодезичних досліджень для будівництва покриття дороги комунальної власності у місті Вінниця Вінницької області взялися за збір, аналіз та оцінку усіх даних щодо ситуації та рельєфу місцевості. Також були вивчені розташування та характеристики існуючих будівель і споруд, як наземних, так і підземних, що необхідні для комплексного оцінювання умов території будівництва та наступного проектування [21, с. 76].

У результаті, перед проведенням будівельних робіт для покриття доріг у місті Вінниця Вінницької області було проведено ретельне дослідження місцевості та умов будівництва. Інженерно-геодезичні вишукування, аналіз топографо-геодезичних та картографічних матеріалів, а також вивчення існуючих будівель та

споруд дозволили зробити комплексну оцінку території та розробити ефективний план дій для подальшого проектування та будівництва.

Висновки до розділу 2

У другому розділі розглянуто методичне забезпечення та організаційно-просторові умови використання геодезичних робіт при проектуванні автомобільних доріг. Визначено оптимальні підходи до організації геодезичних вимірювань на об'єктах автомобільних доріг з урахуванням специфіки та вимог проекту.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ ТА ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ

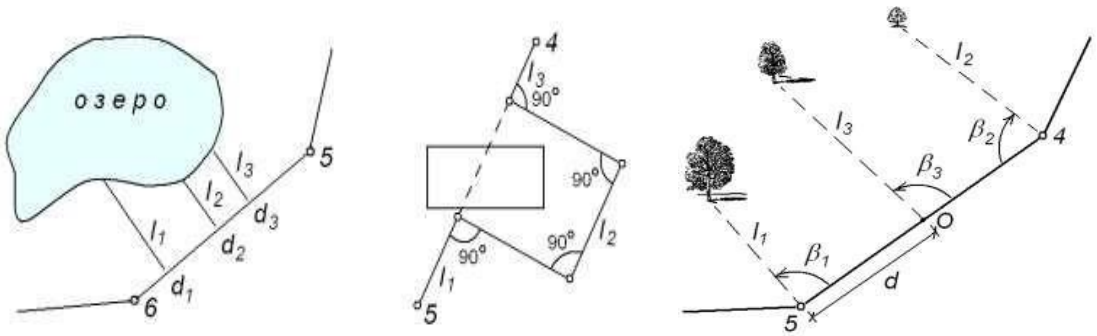
3.1. Аналіз особливостей забезпечення геодезичних робів при виконанні проекту

На основі результатів топографічного знімання розробляється топографічний план, який відображає ситуацію та рельєф місцевості у встановленому масштабі. Для проведення таких знімань на місцевості закріплюють пункти, місцеположення яких обчислено відповідно до визначеної системи координат. Загальна множина таких пунктів складає знімальну основу.

Горизонтальне знімання місцевості, під час якого вимірюються кути та відстані за допомогою тахеометра, називається тахеометричним зніманням. Знімальну основу можна будувати різними методами, а основним під час тахеометричного знімання є тахеометричний хід. Процес тахеометричного знімання місцевості може бути розділений на кілька етапів, включаючи підготовчий, полеві та камеральні роботи [38, с. 36].

Для отримання планового розміщення об'єктів застосовуються різні методи знімань, включаючи полярні координати, перпендикуляри, засічки, обходи та створи. Наприклад, метод перпендикулярів полягає у визначенні розташування окремих точок місцевості відносно базису чи сторони полігона.

Спосіб полярних координат застосовується для знімання ситуації на відкритій, слабко розчленованій місцевості. Положення будь-якої точки на площині визначається полярним кутом та відстанню від полюса до цієї точки. Полюсом знімання може бути центр компаса чи іншого кутомірного приладу, встановленого на станції.



а) б)

Рис. 3.1 а) Спосіб перпендикулярів б) Спосіб полярних координат

Метод засічок застосовується для вимірювання важкодоступних або віддалених точок на відкритій місцевості. Під час цього методу використовуються кутомірні прилади для вимірювання кутів між напрямком на точку відомого положення (наприклад, сторона полігона) та напрямком на об'єкт, який потрібно знімати (наприклад, дерево) [25, с. 74].

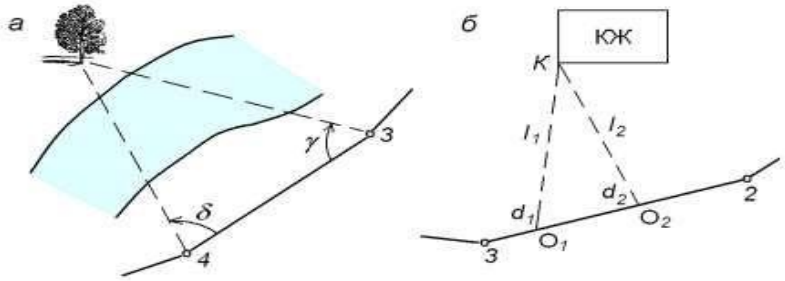
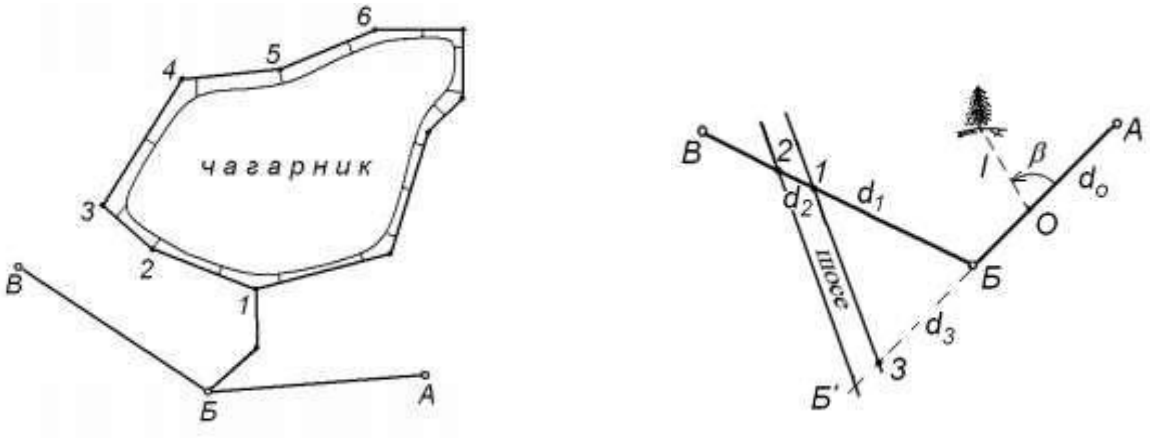


Рис. 3.2 Спосіб засічок: а – кутових; б – лінійних

Під час знімання об’єктів з чіткими обрисами, таким як будівлі чи інженерні споруди, що розташовані близько до сторін полігона, можна використовувати метод лінійних засічок (див. рис. 3.3, б). У цьому випадку з двох вихідних точок проводяться два вимірювання відстаней до точки, яку потрібно зняти. Положення цієї точки на плані визначається у місці перетину виміряних відрізків, які відображаються у масштабі від вихідних точок [32 ,с. 47].

Межі контуру об'єкта вимірюються від сторін додаткового ходу за допомогою методу перпендикулярів. Якщо контур об'єкта має прямолінійні межі, такі як сільськогосподарські угіддя чи лісонасадження, то знімальний хід прокладається вздовж меж об'єкта, що дозволяє точно відобразити його контури.



а) б)

Рис. 3.3 а) Спосіб обходу, б) Спосіб створів (промірів)

Метод створів (промірів) використовується, коли межі ситуації перетинають сторони полігона або їх продовження, для визначення положення допоміжних опорних точок. Цей метод особливо ефективний при зніманні забудованих територій і часто застосовується разом із методами перпендикулярів та лінійних засічок (див. рис. 3.3, б).

Швидкість вимірювання під час тахеометричного знімання досягається завдяки тому, що положення точки місцевості визначається на плані й по висоті за одного наведення труби приладу на рейку, яка встановлена в даній точці.

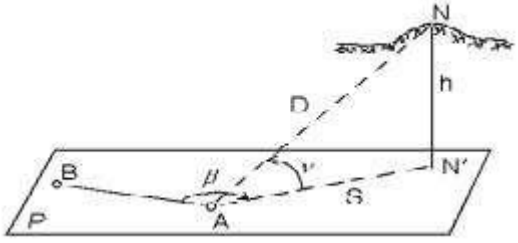


Рис. 3.4 Принцип тахеометричного знімання

При використанні технічних теодолітів, тахеометричне знімання полягає у визначенні просторових полярних координат (β, ν, D) точок місцевості та їх подальшому нанесенні на план. Для цього горизонтальний кут β між початковим напрямом (АВ) і напрямом на точку (N), що знімається, вимірюється за допомогою горизонтального круга, вертикальний кут ν - вертикального круга теодоліта, а відстань D до точки - нитковим віддалеміром. Таким чином, планове положення знімальних точок місцевості визначається полярним способом, а перевищення точок - методом тригонометричного нівелювання, яке здійснюється за допомогою похилого променя візування. Для організації тахеометричного знімання створюють знімальне обґрунтування у вигляді тахеометричних ходів.

Наприклад, вздовж автошляху було проведено топографічне знімання масштабу 1:1000, з особливим акцентом на знімання контурів будівель і споруд, а також проїжджої частини та трамвайних колій. Було уважно нівелювано вісь дороги, кромку дороги, трамвайні колії, бордюрний камінь та тротуари. Загальна довжина автошляху становила 895 метрів, від ПК00+00 до ПК8+94,54. Поперечники були розміщені через кожні 5 метрів [39, с. 46].

Тахеометр Sokkia SET 603 R має спеціальний режим знімання, для якого необхідно створити окремий файл, де зберігаються всі дані знімання, такі як висоти відбивача, приладу, номери станцій, результати орієнтування і вимірювань тощо. У такому випадку результати вимірювань майже не відображаються на дисплеї, а автоматично записуються у файл знімання, що є дуже зручним для досвідчених спеціалістів.

По завершенні роботи на станції проводилось візування на точку орієнтування. Зміна орієнтирного напрямку під час процесу знімання на станції не повинна перевищувати 20 секунд. Якщо таке відхилення виявлялося, роботу на станції перевиконували [448, с. 76].

З метою контролю якості тахеометричного знімання додатково проводилися вимірювання з кожної станції на декілька пікетів, які вже були визначені з сусідніх станцій.

Після завершення польових робіт переходили до камерального опрацювання даних. Цей процес включав такі етапи:

- Обчислення журналу тахеометричного ходу;
- Обчислення координат точок тахеометричного ходу;
- Обчислення висот точок тахеометричного ходу;
- Складання схеми тахеометричного ходу та побудова плану знімання.

Вищесказане описує процес топографічного знімання за допомогою тахеометра, який використовується для отримання детальних планів місцевості та рельєфу. Знімання включає в себе ряд кроків, починаючи від підготовчого етапу, коли встановлюються пункти знімальної основи, до польових робіт, включаючи вимірювання кутів та відстаней, та завершується камеральним опрацюванням даних, що включає в себе обчислення та побудову плану знімання. Важливою частиною процесу є контроль якості, який забезпечується за допомогою перевірок на місці та додаткових вимірювань. Технічні параметри та точність вимірювань регламентуються відповідними інструкціями та стандартами. Кінцевий результат - детальний план місцевості з висотними та плановими координатами точок, який може бути використаний для різних цілей, включаючи інженерно-геодезичні вишукування, проектування та будівництво.

3.2. Порядок проведення геодезичних робіт на об’єкті

Топографічне знімання інженерних мереж вздовж проектованої автодороги є важливою складовою інженерного благоустрою міських територій. Цей процес передбачає детальне дослідження підземних та наземних мереж для забезпечення оптимального розташування і ефективного використання інженерних комунікацій.

Під час планування інженерних мереж необхідно враховувати кілька факторів, таких як мінімальна довжина мережі, категорія ґрунту, паралельність забудови і вулиць, перетинання під кутом 90 градусів та існуючі комунікаційні мережі.

Розробка проекту інженерних мереж передбачає використання різних позначень для різних типів комунікацій, таких як силові електричні мережі, каналізаційні мережі, газові мережі, водогінні мережі, теплові мережі та слабкострумові електричні мережі [23 ,с. 49].

Сам процес знімання підземних комунікацій передбачає роботи з рекоґностування мереж на місцевості, обстеження та знімання мереж у колодязях і шурфах, а також камеральне опрацювання результатів та складання планів з відображенням технічних характеристик мереж. Точність знімання комунікацій залежить від різноманітних факторів, таких як щільність розміщення мереж, характер території та вимоги до точності.

Проведення прямого знімання підземних комунікацій відбувається після точного визначення їх місцезнаходження на місцевості. Простий випадок цього - коли знімання виконується безпосередньо в траншеї, яка ще не закопана, тобто відразу після завершення робіт. У випадку експлуатованих мереж без виконавчої документації застосовується метод шурфування. Це передбачає риючі глибокі поперечні траншеї (шурфи), розташовані на такій відстані одна від одної, щоб з достатньою точністю виявити та визначити розташування всіх необхідних комунікацій.

Проведення знімання існуючих підземних комунікацій відбувається за умови наявності затвердженого технічного завдання (технічного проекту) після проведення рекоґностування та обстеження. Результати цього знімання, а також нівелювання існуючих підземних комунікацій, документуються у вигляді журналів вимірювання кутів, довжин ліній та нівелювання, абрисів обстеження та прив'язок підземних споруд, схем знімальної основи, відомостей про обчислення координат кутів кварталів, будівель та підземних комунікацій, а також схем

розміщення підземних комунікацій на планах різних масштабів. Також включається таблиця характеристик підземних комунікацій та технічний звіт або пояснювальна записка [35 ,с. 97].

Результати тахеометричного знімання та знімання інженерних геодезичних мереж одночасно опрацьовуються у програмі Autodesk AutoCAD Civil 3D. Ця система автоматизованого проектування об'єктів інфраструктури та випуску документації, що базується на технології інформаційного моделювання інженерних споруд (BIM), призначена для інженерів, що працюють над проектами в галузі транспортних споруд, землеустрою та водних ресурсів. Серед можливостей Autodesk AutoCAD Civil 3D - проектування коридорів, проектування напірних трубопровідних мереж, моделювання рельєфу та інші.

Загалом, використання програм AutoCAD Civil 3D та Autodesk Revit Structure, базованих на технології інформаційного моделювання (BIM), сприяє підвищенню рівня співпраці між проектувальниками будівельних конструкцій та інфраструктури. Ці інструменти дозволяють швидко формувати концепції та виконувати проекти, забезпечуючи гнучке проектування і взаємодію об'єктів.

Хмарні сервіси сприяють зберіганню та обміну креслень, а також забезпечують доступ до них через мобільні додатки. Основні переваги включають швидке розроблення та оцінку проектів, багатокористувацький доступ, можливість розширення функціоналу та автоматичне формування документації [31, с. 37].

AutoCAD Civil 3D є потужним інструментом для різноманітних завдань проектування, включаючи генпланування, проектування доріг і інженерних мереж, а також моделювання поверхонь та земельних робіт. Ці програми сприяють покращенню ефективності та координації у процесі роботи над будівельними проектами, роблячи їх більш точними, швидкими та зручними для спільної роботи між усіма учасниками проекту.

3.3. Складання поздовжнього і поперечних профілів траси

Під час проектування дороги на місцевості, було виявлено та відтворено точно розташування поворотних кутів, якщо доступ до них був обмежений, то їх місцезнаходження визначали на цифровій карті за допомогою програми AutoCAD Civil 3D 2013. На наступному етапі інженерно-геодезичних робіт було складено поздовжній профіль від ПК0+00 до ПК9+95,53 м по проектованій автодорозі, а також поперечні профілі через кожні 5 м.

Поздовжній профіль дороги відображає рельєф місцевості, положення брівки земляного полотна та ґрунтовий розріз, а також розміщення штучних споруд. Цей профіль є ключовим документом для будівництва дороги і оформлюється відповідно до вимог. Для наочності, вертикальний масштаб профілю більший за горизонтальний і становить звичайно 1:10.

Побудова поздовжнього профілю розпочинається з визначення позначок пікетних і плюсових точок, а потім проводиться відтворення поверхні землі по осі дороги. Проектна лінія характеризує поздовжній профіль брівки земляного полотна, а робочі позначки вказують на висоту насипу або глибину виїмки.

Побудова проектної лінії передбачає стійкість дорожнього покриття, зручність та безпеку руху автомобілів та економічність. У складних рельєфних умовах вибір кращого варіанту проектної лінії може бути складним, і тут електронні обчислювальні машини допомагають знайти оптимальне рішення.

На поздовжньому профілі розташовано розгорнутий план траси, що полегшує проектування. Побудова поздовжнього профілю відбувається у формі плавної лінії з прямолінійними ділянками та вертикальними кривими, забезпечуючи відповідність вимогам безпеки та комфорту руху автомобілів.

Для створення поздовжнього профілю дороги у програмі AutoCAD Civil 3D, спочатку вибирається кнопка "Profile" на головній панелі меню, а потім обирається опція "Create Surface Profile". Цей процес дозволяє інженерам та

геодезистам точно відобразити рельєф місцевості та інші важливі параметри для подальшого проектування і будівництва дороги [24, с. 68].

Основною метою побудови поздовжнього профілю є забезпечення стабільності та безпеки дорожнього покриття у будь-яких умовах, враховуючи географічні та природні особливості місцевості. Такий підхід дозволяє максимально ефективно використовувати ресурси при будівництві та експлуатації доріг, зменшуючи витрати та ризики.

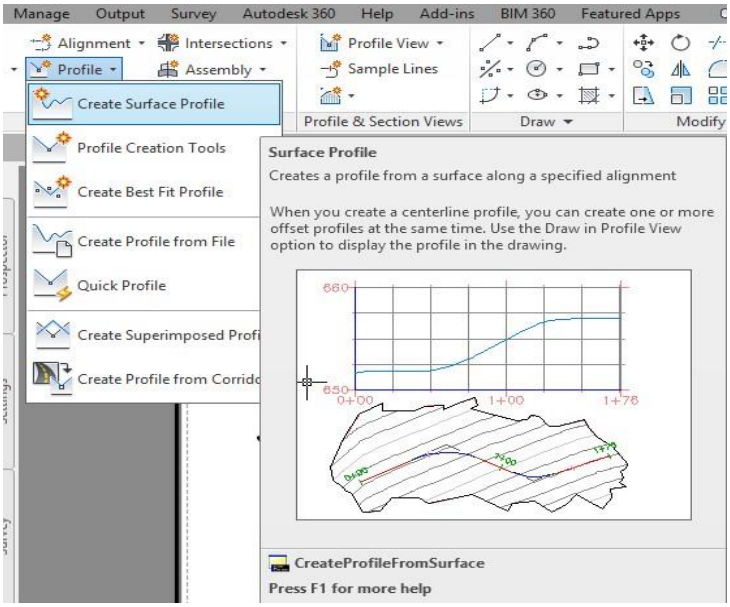


Рис. 3.5 Створення профілю

Задається траса для профілю, його ім’я, стиль виду профілю (Рис.3.6).

Рис.3.6 Характеристики профіля

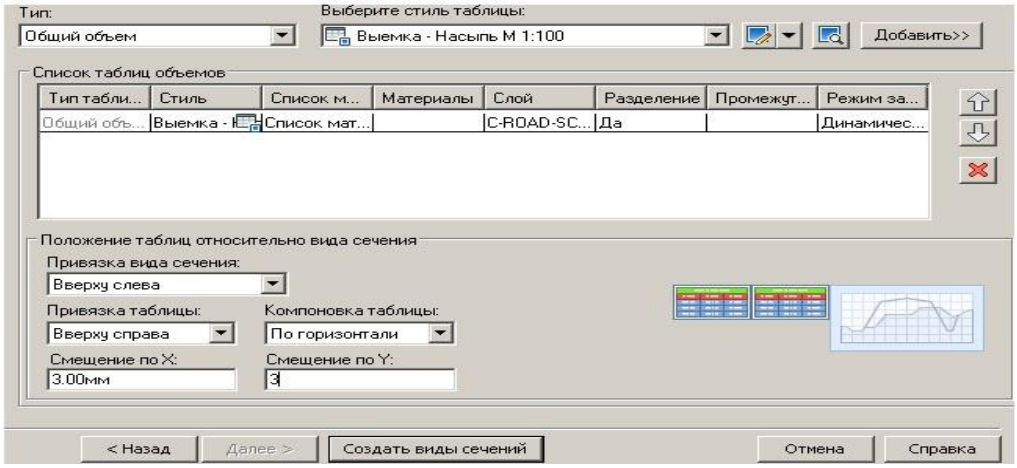


Рис. 3.7 Таблиця видів перетинів

Після завершення цих кроків відобразиться зрозуміла та організована таблиця, що ілюструє відповідність між видами перетинів та їх характеристиками, що спростить аналіз та розуміння даних проекту.

Вищезгадані текстові уривки стосуються процесу розробки профілю дороги та інженерно-геодезичних робіт з цієї області. Зокрема, розглядаються методи та інструменти для створення поздовжніх та поперечних профілів, встановлення відповідних параметрів, вибір стилів для відображення різних елементів дорожнього покриття, а також налаштування таблиць із характеристиками перетинів. Все це є важливою частиною проектування та будівництва доріг, оскільки надає інженерам та архітекторам засоби для аналізу, візуалізації та оптимізації траєкторії та конструкції дорожнього покриття.

3.4. Особливості складання топографічного плану масштабу 1:1000 з січенням рельєфу 0.5 м

Складання топографічного плану масштабу 1:1000 з січенням рельєфу 0.5 м у програмі AutoCAD Civil 3D 2013 передбачає кілька етапів. Початковим кроком є збір даних на місці шляхом проведення теренних вимірювань. Після цього зібрані

дані вводяться в програму AutoCAD Civil 3D 2013. Наступним етапом є створення цифрової моделі рельєфу (ЦМР) з урахуванням встановленого січення рельєфу 0.5 м. Для цього використовуються спеціальні інструменти програми, які дозволяють побудувати тривимірну модель місцевості на основі отриманих даних. Після створення ЦМР переходять до роботи над самим топографічним планом. З використанням інструментів AutoCAD Civil 3D 2013 встановлюються масштаб, формат та межі плану. Далі додаються векторні об'єкти, такі як дороги, будівлі, водойми, різні топографічні елементи тощо, які відображаються на плані з врахуванням масштабу 1:1000. На завершальному етапі виконується перевірка та корекція отриманого плану, забезпечуючи його відповідність вимогам та точність. Коли план готовий, його можна надрукувати або експортувати у відповідному форматі для подальшого використання.

Топографічні плани масштабу 1:1000 знаходять широке застосування в різних галузях, таких як промислове будівництво, житлово-цивільне будівництво, інженерні мережі, гідротехнічні споруди та кадастрові роботи. Вони використовуються для складання виконавчих планів, генеральних планів, робочих креслень, а також для вертикального планування і прив'язки будівель до ділянок забудови [38, с. 75].

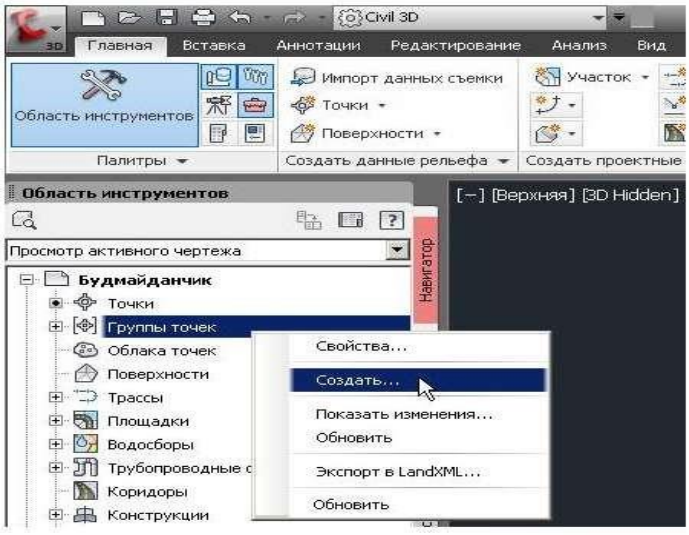


Рис. 3.8 Створення групи точок

У вікні "Властивості групи точок" на вкладці "Інформація" вкажіть назву групи точок як "ЧЗ". На вкладці "Співпадання вихідних описів" встановіть позначку у рядку з кодом TOPO*, а потім натисніть кнопку "OK".

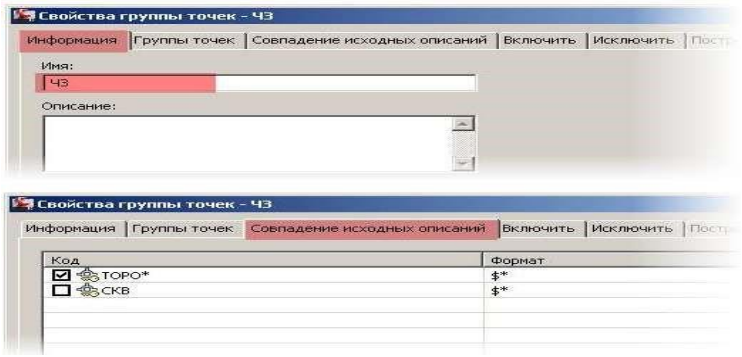


Рис. 2.2 Параметри групи точок

Для створення цифрової моделі місцевості ми скористаємося даними з групи точок "ЧЗ". • У розділі "Інструменти" на вкладці "Навігатор" клацніть правою кнопкою миші на колекції "Поверхні" і оберіть опцію "Створити поверхню" (див. Рис. 3.9).

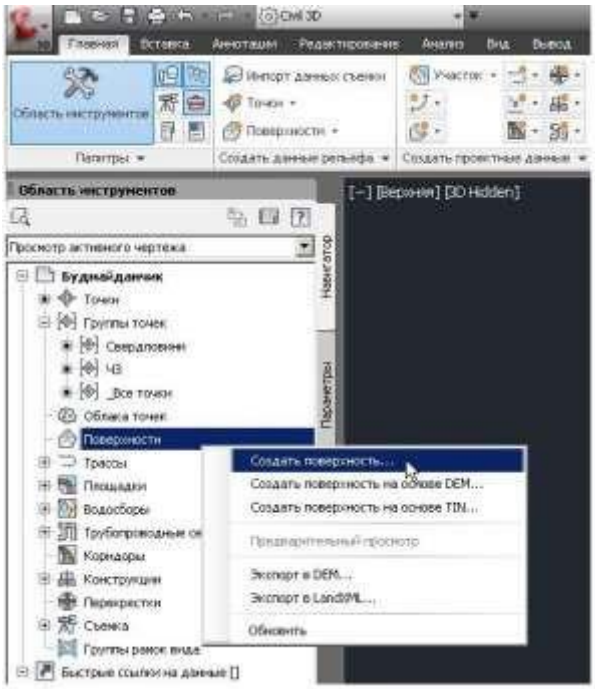
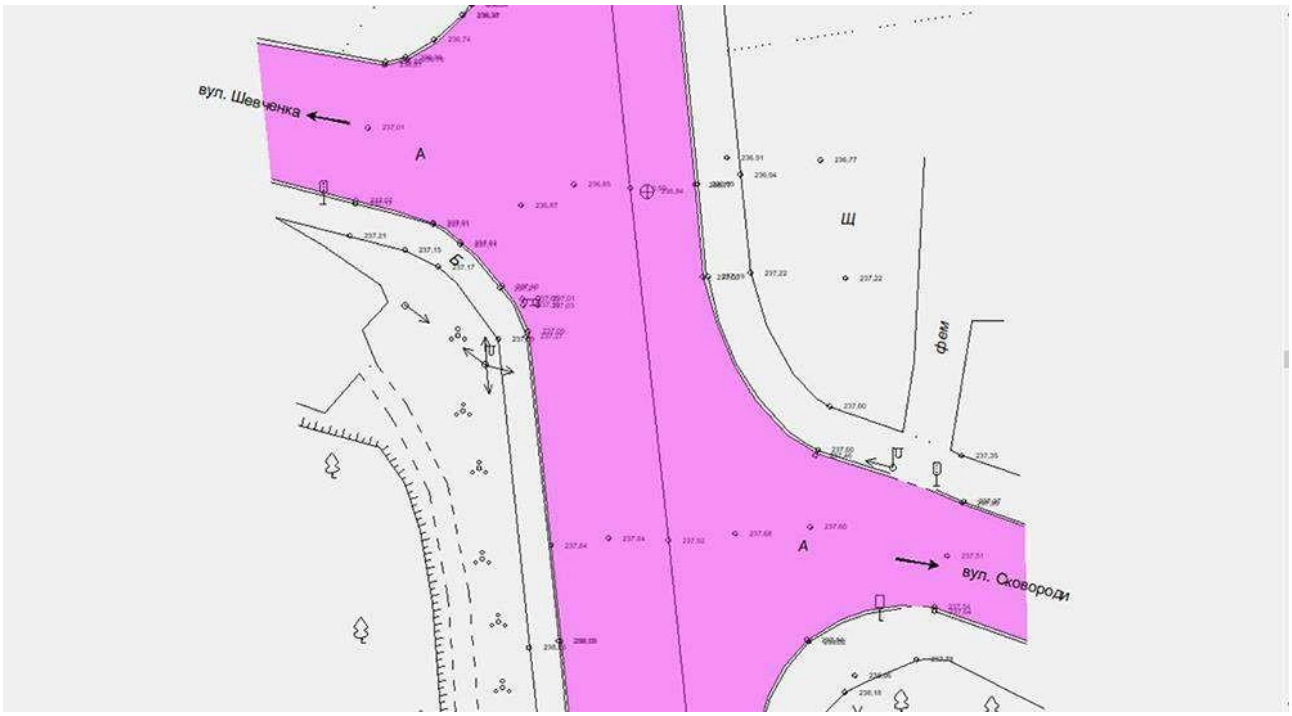


Рис. 3.9 Створення поверхні

У вікні налаштування "Створення поверхні" вкажіть назву поверхні як "ЧЗ" та виберіть стиль "Горизонталі 0,5м", після чого натисніть кнопку "ОК".



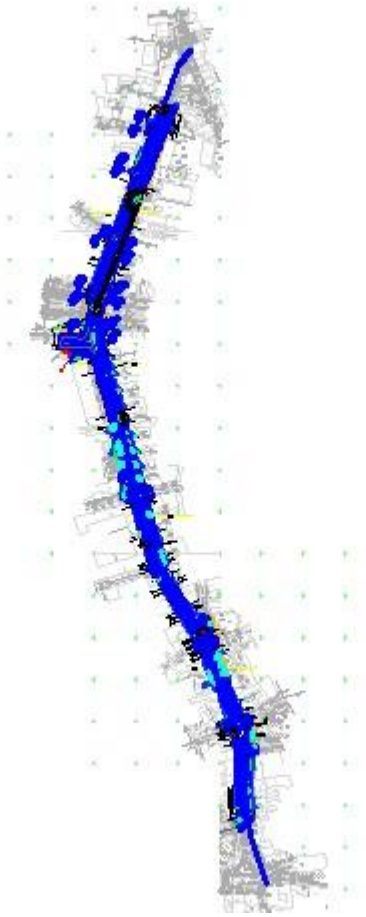


Рис. 3.10 Топографічний план району робіт

Топографічний план був роздрукований на шість аркушів. Підготовлений під час камеральних досліджень топографічний план масштабу 1:1000 був використаний для розробки проекту автодороги від ПК0+00 до ПК9+94,58.

Завдяки підготовленому топографічному плану масштабу 1:1000, ми отримали необхідні дані для подальшої розробки проекту автодороги. Цей план, роздрукований на шести аркушах, став основою для подальших інженерних робіт та проектування. Точність та детальність цього плану дозволили ефективно виконувати роботу з розробки проекту, забезпечуючи необхідну інформацію для будівництва автодороги з високою якістю та точністю [48, .с 61].

У результаті проведених робіт було підготовлено топографічний план масштабу 1:1000, який став важливим етапом у проектуванні автодороги. Цей

план був роздрукований на шести аркушах і використовувався для детального вивчення місцевості та планування майбутньої дороги. Він надавав необхідну інформацію для складання проекту автодороги та забезпечував точність та деталізацію для виконання інженерних робіт з високою якістю.

3.5. Застосування інноваційних систем планування GPS-спостережень при виконання геодезичних робіт

Геодезичне забезпечення будівництва і експлуатації сучасних інженерних споруд вимагає точних вимірювань для визначення координат і висот геодезичних пунктів, складання топографічних карт, планів і подовжніх профілів трас, а також для спостереження за деформаціями споруд. При виконанні геодезичних робіт при трасуванні лінійних споруд виокремлюють передпроектні, проектні та вишукувальні етапи.

Під час планування і проведення зйомки з використанням ГНСС-технологій необхідно дотримуватися деяких норм, щоб успішно виконувати роботи. Важливо мати у своєму розпорядженні значну кількість пунктів з відомими координатами, планувати час вимірювань, розташовувати базовий приймач на відкритому місці та уникати спотворень сигналу від металевих об'єктів.

Використання кінематичного методу із подальшою обробкою передбачає застосування двох GPS-приймачів. Перший приймач розміщується над точкою з відомими координатами, наприклад, у місті Вінниця, тоді як другий приймач (ровер) переміщується по території від точки до точки. Сигнали передаються від першого до другого приймача для забезпечення спостережень.

Режим RTK-кінематики в реальному часі є найбільш продуктивним для визначення координат. Він вимагає роботи лише одного двохчастотного приймача. Базова станція порівнює відомі координати з отриманими результатами і формує поправки, які передаються на рухливий GPS-приймач. При сприятливих

умовах, сервіс System.NET дозволяє за кілька секунд визначити місцезнаходження з точністю 10-20 мм в плані і 15-30 мм по висоті.

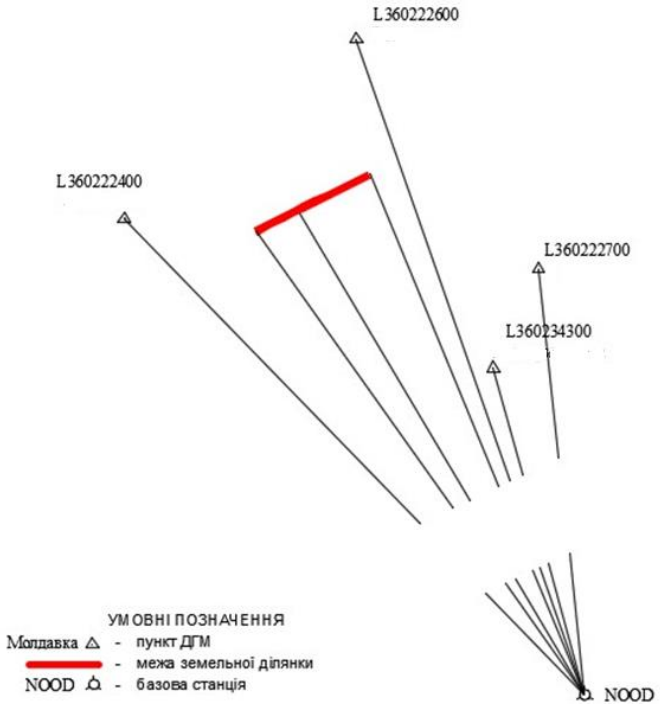


Рис. 3.11 Схема GPS–спостережень

Після аналізу вищевказаної інформації було прийнято рішення виконати польові роботи з використанням сучасного методу - GPS-зйомки ділянки проектованої дороги, що складає 3,6 км, та суміжних територій, з використанням двохчастотного GNSS-приймача South S760 з номером S7645C123160637 в режимі RTK [24 ,с. 58].

У комплект обладнання для виконання польових робіт входить GNSS приймач South S760 та контролер South S760 (див. рис.3.2), а також польове програмне забезпечення South SurvX. Технічні характеристики GNSS-приймача South S760 наведено в таблиці 3.12.

а) в)

Рис. 3.12 GNSS приймач South S760 (а) та контролер (в)

Таблиця 3.1

Технічні характеристики GNSS-приймача South S760

Параметри/точність	Значення
Точність статики, СКП	В плані: ±2,5 мм + 0.5 мм/км По висоті: ±5 мм + 0.5 мм/км
Точність кінематики, СКП:	
Одна базова станція (<30 км)	В плані: ±8 мм + 1 мм/км По висоті: ±15 мм + 1 мм/км
Мережевий RTK	В плані: ±8 мм + 0,5 мм/км По висоті: ±15 мм + 0,5 мм/км
Кількість частот/систем	GPS L1C/A, L1C, L2C, L2E, L5 ГЛОНАСС L1C/A, L1P, L2C/A, L2P, L3 SBAS L1 C/A, L5 Galileo GIOVE-A, GIOVE-B, E1, E5A, E5B
Параметри/точність	Значення
Кількість супутникових каналів	336
Зберігання даних	8GB вбудованої пам’яті, підтримка збереження даних на зовнішній USB-накопичувач
Частота запису даних	1Гц~50Гц
Формати даних прийому/ передачі	Поправки: CMR+, CMRx, RTCM 2.1, 2.3, 3.0, 3.1 и 3.2
Час ініціалізації	< 10 с
Надійність ініціалізації	>99.9%

Прогнозування якості GPS-спостережень

Отже, після аналізу наданої інформації було вирішено здійснити польові роботи за допомогою сучасного методу - GPS-зйомки ділянки проектованої

дороги та прилеглих територій, що має довжину 3,6 км, використовуючи двохчастотний GNSS-приймач South S760 з номером S7645C123160637 в режимі RTK. Для цього використовується програмне забезпечення South SurvX, яке може бути встановлене на будь-який пристрій з операційною системою Android, такий як смартфон, планшетний комп'ютер або спеціалізований контролер. Програма має простий та зрозумілий інтерфейс, що дозволяє почати роботу мінімальною підготовкою.

Програма автоматично з'єднується з RTK GNSS приймачем за допомогою Bluetooth після першого налаштування з'єднання. Вона дозволяє налаштувати локальну систему координат або прийняти налаштування від мережі станцій (RTCM1021-1027), здійснювати зйомку точок, ліній або об'єктів у режимі RTK, виконувати винос у натуру та працювати з отриманими даними.

Вплив цього фактору оцінюється за допомогою різних складових DOP: GDOP (Geometric Dilution of Precision), PDOP (Position Dilution of Precision), HDOP (Horizontal Dilution of Precision), VDOP (Vertical Dilution of Precision) та TDOP (Time Dilution of Precision). Значення цих параметрів допомагають визначити якість геодезичних вимірювань та прийняти рішення щодо їхнього використання.

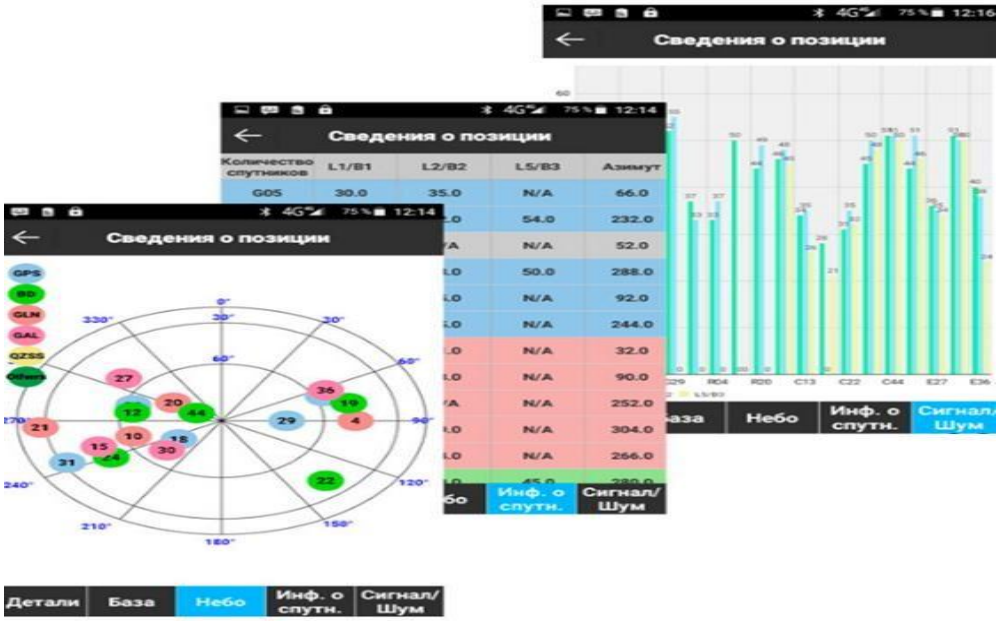


Рис. 3.13 Інтерфейс ПЗ South SurvX

Спостереження проводилися в режимі реального часу (RTK) за допомогою постійно працюючої базової станції мережі System.NET, що має код NOOD. В районі проведення спостережень відсутні об'єкти, які могли б перешкоджати отриманню сигналів приймачем [18, .с 37].

Для доступу до серверу мережі System.NET використовувався мобільний Інтернет-зв'язок згідно зі стандартами GSM/GPRS. Оператор послуг мобільного зв'язку - МТС. Інтернет-адреса серверу мережі: rtk.gnss.org.ua, порт: 2114. Поправки від мережі передавалися у стандартизованому форматі RTCM v3.x.

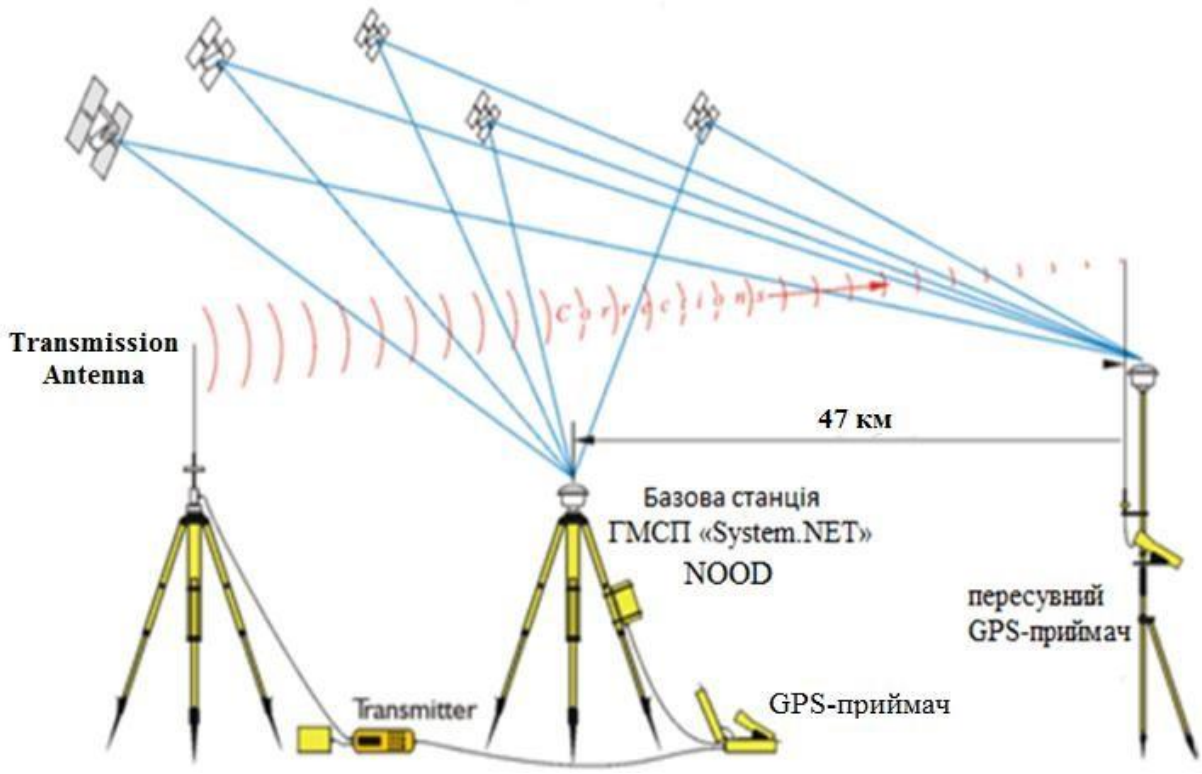


Рис. 3.14 Схема GPS-спостережень

Перший крок полягав у проведенні спостережень на пунктах Державної геодезичної мережі (ДГМ) під назвою "Вінниця", з метою оцінки точності GNSS-приймача South S760 в порівнянні з його паспортною точністю. Спостереження на цих пунктах ДГМ здійснювалися у двох режимах: режимі реального часу (RTK) протягом 45 секунд (при 6-7 супутниках) і режимі Fast Static, що тривав 20 хвилин, при масці піднесення 13˚, що відфільтровувало сигнали супутників, які перебували в меншій площині екліптики над горизонтом.

Згідно з паспортною інформацією (див. табл.3.1), точність South S760 складає:

- у режимі Fast Static - 2,5 мм + 0,5·S,
- у режимі кінематики RTK - 8 мм + 1 мм·S, де S - довжина базової лінії у кілометрах.

Максимальна довжина базової лінії від перманентної GNSS-станції NOOD до пункту ДГМ "Стрижавка" становить приблизно 49 км, отже, очікувана точність у режимі Fast Static повинна бути приблизно 27 мм, а точність у режимі кінематики RTK - близько 57 мм. Точність центрування біподу при висоті 2 м - приблизно 1 см. Таким чином, при ідеальних умовах для спостережень середня квадратична похибка положення точки буде [24, с. 69]:

- у режимі Fast Static
- у режимі кінематики RTK.

Контроль полягає у порівнянні довжин ліній між пунктами ДГМ, отриманих в результаті GPS-спостережень, з довжинами, розрахованими за координатами, отриманими з серверу ДГМ України (див. таблицю 3.2).

Таблиця 3.2

Звіт за розрахунками паспортної точності GPS-приймача South S760

Від	До	Режим зйомки	Довжина базової лінії м	Тип рішення	Ratio	СКП, м
NOOD	Стрижавка	Статика	48976,971	L1, L2 Фіксоване	5,4	0,015
NOOD	Стрижавка	Кінематика RTK	48976,965	L1, L2 Фіксоване	5,4	0,022
NOOD	Вінниця	Статика	47515,737	L1, L2 Фіксоване	5,5	0,007
NOOD	Вінниця	Кінематика RTK	47515,721	L1, L2 Фіксоване	5,5	0,019

Ratio (відношення) - це співвідношення ймовірності правильності найкращого набору цілих чисел до ймовірності правильності наступного найкращого набору. Це означає, що високе відношення показує, що найкращий набір цілих чисел є значно кращим, ніж будь-який інший. Така висока якість надає нам впевненість у його правильності. Відношення повинно перевищувати 5.

Після GPS-зйомки в режимі RTK були отримані координати та висоти 475 пікетів кожні 5 м вздовж осі автомобільної дороги та з обох сторін на відстані 10 м від неї.

Координати точок геодезичної основи були визначені в світовій системі координат WGS84 (World Geodetic System 1984) з можливістю переведення в будь-яку державну систему координат (СК-63 чи УСК-2000).

Координати точок геодезичної основи, визначені в світовій системі координат WGS84, забезпечують можливість інтеграції цих даних з іншими географічними інформаційними системами. Це робить їх універсальними та зручними для подальшого використання у різних геодезичних та картографічних додатках, що дозволяє забезпечити зручність та надійність у виконанні подальших геодезичних та картографічних робіт.

Усе вищезазначене описує процес виконання геодезичних робіт з використанням сучасних методів і технологій, зокрема GPS-зйомки та RTK-вимірювань. Для забезпечення точності та надійності вимірювань використовуються спеціалізовані GNSS-приймачі та програмне забезпечення, які дозволяють проводити спостереження в режимі реального часу і забезпечують автоматичний обмін коригувальних поправок з базовою станцією. Результати вимірювань використовуються для отримання координат точок на місцевості, що є важливим етапом при розробці та будівництві різних об'єктів інфраструктури. Такий підхід дозволяє отримати точні та достовірні дані, які можуть бути використані для подальших інженерних та будівельних робіт.

3.6. Аналіз отриманих результатів та камеральна обробка матеріалів польових вимірів

Камеральна обробка матеріалів польових вимірів у проектуванні автомобільних доріг є важливим етапом, який передує розробці проектної

документації. Під час цього процесу проводиться аналіз та обробка отриманих на місцевості даних з метою визначення геометричних параметрів дорожнього покриття, рельєфу території, а також розташування і конфігурації інженерних споруд.

У першу чергу проводиться перевірка і корекція отриманих в полі координат точок і контурів дорожньої мережі з використанням спеціалізованих програмних засобів. Далі здійснюється обробка і аналіз виміряних параметрів, таких як ширина проїзної частини, радіуси закруглень, нахил дороги тощо.

Проводиться зведення та аналіз результатів геодезичних вимірювань з метою виявлення можливих відхилень від проектних параметрів та вимог нормативно-технічної документації. Якщо виявляються розбіжності, необхідно внести відповідні корективи до проекту.

На цьому етапі може проводитися моделювання різних варіантів проектних рішень з метою вибору оптимального варіанту траси дороги, розташування споруд та інших елементів інфраструктури.

У результаті камеральної обробки матеріалів польових вимірів отримують готові дані, які використовуються для підготовки проектної документації і подальшої реалізації проекту будівництва автомобільних доріг.

Завдяки підготовці абрисів у польових умовах, наступний етап камеральної обробки польових вимірів був суттєво спрощений. Для визначення потреби у будівельних матеріалах для дорожньої конструкції проектувальникам необхідно мати інформацію про площу конструктивного шару, який підлягає капітальному ремонту [32 ,с. 54].

Площа автодороги буде розрахована аналітичним шляхом на основі отриманих координат точок повороту на межах ділянки дороги.

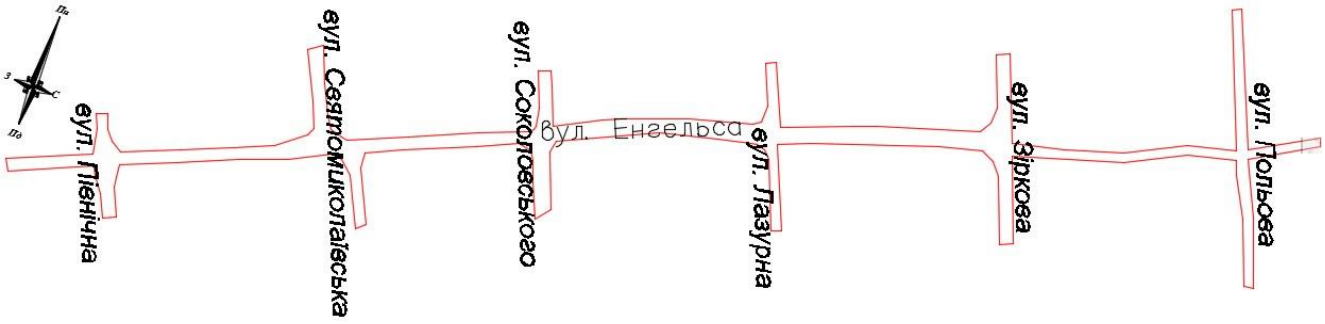


Рис. 3.15 Межа проїзної частини автодороги

Обчислення площі земельної ділянки за координатами кутів повороту меж здійснюється за формулою Гауса:

$$P = 0{,}5\sum_{1}^{n} x_i(y_{i+1} - y_{i-1}) = 0{,}5\sum_{1}^{n} y_i(x_{i-1} - x_{i+1}) \qquad (3.1)$$

(нумерація точок поворотів меж – за ходом годинникової стрілки)

Відомість обчислення площі земельної ділянки представлена в табл.3.3.

Таблиця 3.3

Відомість обчислення площі земельної ділянки

№№ точок	Координати, м				Різниці координат		Добутки (площі)	
	x_i, м		y_i, м		$x_{i-1} - x_{i+1}$	$y_{i+1} - y_{i-1}$	$x_i(y_{i+1} - y_{i-1})$	$y_i(x_{i-1} - x_{i+1})$
1	4211 224,35		5265 639,80		-22,81	14,80	3320,38	-14593,84
2	4211	249,25	5265	651,09	-23,25	19,25	4798,06	-15137,84
3	4211	247,60	5265	659,05	3,53	12,17	3013,29	2326,45
4	4211	245,72	5265	663,26	-1,40	5,28	1297,40	-928,56
5	4211	249,00	5265	664,33	-5,25	-3,35	-834,15	-3487,73
6	4211	250,97	5265	659,91	-4,50	-7,48	-1877,26	-2969,60
7	4211	253,50	5265	656,85	-6,48	-5,28	-1338,48	-4256,39
8	4211	257,45	5265	654,63	-40,97	5,51	1418,55	-26820,19
9	4211	294,47	5265	662,36	-44,00	19,54	5753,94	-29143,84
10	4211	301,45	5265	674,17	-15,69	18,66	5625,06	-10577,73
11	4211	310,16	5265	681,02	-9,78	9,56	2965,13	-6660,38
12	4211	311,23	5265	683,73	2,47	10,71	3333,27	1688,81

Продовження таблиці3.3

13	4211	307,69	5265	691,73	10,88	22,19	6827,64	7526,02
14	4211	300,35	5265	705,92	3,39	17,32	5202,06	2393,07
15	4211	304,30	5265	709,05	-13,30	-16,68	-5075,72	-9430,36
16	4211	313,65	5265	689,24	-11,85	-23,68	-7427,23	-8167,49
17	4211	316,15	5265	685,37	-8,39	-5,26	-1662,95	-5750,25
18	4211	322,04	5265	683,98	-23,61	6,52	2099,70	-16148,77
19	4211	339,76	5265	691,89	-37,71	17,18	5837,08	-26091,17
20	4211	359,75	5265	701,16	-34,78	15,51	5579,72	-24386,34
21	4211	374,54	5265	707,40	-16,15	8,58	3213,55	-11424,51
22	4211	375,90	5265	709,74	-0,21	7,91	2973,37	-149,05
23	4211	374,75	5265	715,31	5,68	16,42	6153,39	4062,96
24	4211	370,22	5265	726,16	0,83	12,31	4557,41	602,71
25	4211	373,92	5265	727,62	-10,72	-14,65	-5477,93	-7800,09
26	4211	380,94	5265	711,51	-20,78	-8,47	-3226,56	-14785,18
27	4211	394,70	5265	719,15	-19,34	10,22	4033,83	-13908,36
28	4211	400,28	5265	721,73	-25,34	10,15	4062,84	-18288,64
29	4211	420,04	5265	729,30	-38,94	13,28	5578,13	-28398,94
30	4211	439,22	5265	735,01	-21,44	7,50	3294,15	-15758,61
31	4211	441,48	5265	736,80	-2,38	6,87	3032,97	-1753,58
32	4211	441,60	5265	741,88	5,38	17,56	7754,50	3991,31
33	4211	436,10	5265	754,36	2,63	13,95	6083,60	1983,97
34	4211	438,97	5265	755,83	-11,61	-17,09	-7502,00	-8775,19
35	4211	447,71	5265	737,27	-36,91	-7,40	-3313,05	-27212,64
36	4211	475,88	5265	748,43	-58,82	21,45	10207,63	-44022,65
37	4211	506,53	5265	758,72	-32,97	13,96	7071,16	-25015,00
38	4211	508,85	5265	762,39	-2,25	8,92	4538,94	-1715,38
39	4211	508,78	5265	767,64	6,38	20,51	10435,08	4897,54
40	4211	502,47	5265	782,90	2,29	17,32	8702,78	1792,84
41	4211	506,49	5265	784,96	-14,62	-23,80	-12054,46	-11476,12
42	4211	517,09	5265	759,10	-44,83	-16,06	-8304,47	-34030,45
43	4211	551,32	5265	768,90	-51,98	19,40	10695,61	-39967,42
44	4211	569,07	5265	778,50	-32,42	13,48	7671,06	-25238,97
45	4211	583,74	5265	782,38	2,41	44,68	26081,50	1885,54
46	4211	566,66	5265	823,18	14,57	41,98	23788,39	11993,73

Продовження таблиці3.3

47	4211	569,17	5265	824,36	-20,57	-38,92	-22152,10	-16957,09
48	4211	587,23	5265	784,26	-37,91	-28,50	-16736,06	-29731,30
49	4211	607,08	5265	795,86	-20,89	9,01	5469,79	-16625,52
50	4211	608,12	5265	793,27	18,81	-14,53	-8835,98	14921,41
51	4211	588,27	5265	781,33	11,73	-28,70	-16883,35	9165,00
52	4211	596,39	5265	764,57	-16,27	-36,95	-22036,61	-12439,55
53	4211	604,54	5265	744,38	2,97	-1,44	-870,54	2210,81
54	4211	593,42	5265	763,13	19,60	35,22	20900,25	14957,35
55	4211	584,94	5265	779,60	23,26	12,37	7235,71	18133,50
56	4211	570,16	5265	775,50	32,73	-13,58	-7742,77	25382,12
57	4211	552,21	5265	766,02	51,23	-20,19	-11149,12	39243,20
58	4211	518,93	5265	755,31	23,09	-36,19	-18780,08	17440,11
59	4211	529,12	5265	729,83	-6,12	-27,18	-14381,48	-4466,56
60	4211	525,05	5265	728,13	12,08	18,11	9508,66	8795,81
61	4211	517,04	5265	747,94	11,33	23,50	12150,44	8474,16
62	4211	513,72	5265	751,63	7,43	5,42	2784,36	5584,61
63	4211	509,61	5265	753,36	55,52	-15,50	-7898,96	41826,55
64	4211	458,20	5265	736,13	60,83	-1,48	-678,14	44778,79
65	4211	448,78	5265	751,88	-1,34	-28,94	-12987,69	-1007,52
66	4211	459,54	5265	707,19	-7,71	-45,81	-21051,53	-5452,43
67	4211	456,49	5265	706,07	11,61	19,22	8773,74	8197,47
68	4211	447,93	5265	726,41	13,74	23,69	10611,46	9980,87
69	4211	442,75	5265	729,76	35,28	-4,69	-2076,50	25745,93
70	4211	412,65	5265	721,72	59,21	-22,18	-9152,58	42733,04
71	4211	383,54	5265	707,58	29,86	-17,85	-6846,19	21128,34
72	4211	382,79	5265	703,87	-6,15	-20,62	-7893,13	-4328,80
73	4211	389,69	5265	686,96	-3,25	-21,45	-8358,85	-2232,62
74	4211	386,04	5265	682,42	10,83	12,44	4802,34	7390,61
75	4211	378,86	5265	699,40	8,96	19,47	7376,40	6266,62
76	4211	377,08	5265	701,89	5,94	3,22	1214,20	4169,23
77	4211	372,92	5265	702,62	48,40	-19,48	-7264,48	34006,81
78	4211	328,68	5265	682,41	43,53	-25,14	-8263,02	29705,31
79	4211	329,39	5265	677,48	-8,59	-20,85	-6867,78	-5819,55
80	4211	337,27	5265	661,56	-5,08	-18,28	-6165,30	-3360,72

Продовження таблиці3.3

81	4211	334,47	5265	659,20	10,29	12,67	4237,73	6783,17
82	4211	326,98	5265	674,23	11,71	18,68	6107,99	7895,23
83	4211	322,76	5265	677,88	7,77	3,95	1274,90	5267,13
84	4211	319,21	5265	678,18	12,92	-4,76	-1519,44	8762,09
85	4211	309,84	5265	673,12	26,81	-12,08	-3742,87	18046,35
86	4211	292,40	5265	666,10	34,99	-15,00	-4386,00	23306,84
87	4211	274,85	5265	658,12	33,96	-15,23	-4185,97	22349,76
88	4211	258,44	5265	650,87	15,53	-14,28	-3690,52	10108,01
89	4211	259,32	5265	643,84	-4,79	-15,80	-4097,26	-3083,99
90	4211	263,23	5265	635,07	0,07	-10,58	-2784,97	44,45
91	4211	259,25	5265	633,26	7,16	5,34	1384,39	4534,14
92	4211	256,07	5265	640,41	6,92	11,69	2993,46	4431,64
93	4211	252,33	5265	644,95	5,31	7,28	1836,96	3424,68
94	4211	250,76	5265	647,69	25,89	-8,66	-2171,58	16768,69
95	4211	226,44	5265	636,29	26,41	-7,89	-1786,61	16804,42
	2P		суми		0,00	0,00	-5867,72	-5867,72
	P ($м^2$)						2933,86	2933,86
	P (га)						0,2934	

Площа ділянки автодороги, яка потребує капітального ремонту, була розрахована шляхом визначення координат поворотних точок на її межах і складає 0,2934 гектара.

У цьому розділі розглянуто процес складання проекту геодезичних робіт та послідовність виконання польових робіт з використанням сучасного методу GPS-спостережень. Проведено аналіз прогнозування якості спостережень та їх подальшу камеральну обробку [23, с. 50].

Внаслідок проведених робіт було оновлено топографо-картографічну інформацію про ділянку автодороги, що вимагає капітального ремонту. Отримані актуальні дані будуть використані для подальшого складання проекту будівельних робіт.

Точність матеріалів, отриманих за допомогою GPS-спостережень, не поступається результатам, отриманим за допомогою традиційних методів топографічного знімання. Крім того, час виконання зменшується, оскільки немає необхідності в створенні окремої знімальної мережі.

Отже, використання сучасних методів GPS-спостережень значно полегшує та прискорює процес проведення геодезичних робіт при проектуванні автодоріг. Отримані результати є точними і достовірними, а їх камеральна обробка дозволяє швидко оновити топографічну інформацію та використати її для подальшого проектування. Такий підхід сприяє ефективному використанню ресурсів та забезпечує високу якість будівництва та ремонту доріг.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі проведено дослідження особливостей проектування автомобільних доріг та геодезичного забезпечення реалізації проекту. Визначено ключові аспекти та вимоги до геодезичних робіт у процесі проектування автодоріг. Розглянуті методи та технології, що використовуються для забезпечення точності та надійності геодезичних вимірювань під час будівництва автомобільних доріг.

ВИСНОВКИ

Таким чином, геодезичні роботи у контексті проектування автодоріг є невід'ємною складовою будівельного процесу, спрямованою на забезпечення точності, якості та безпеки дорожнього руху. Термін "геодезичні роботи" охоплює широкий спектр дій, пов'язаних з вимірюванням, аналізом та використанням геодезичних даних для реалізації проектних завдань.

У процесі проведення геодезичних робіт для проектування автодоріг використовуються сучасні технології, що дозволяють забезпечити високу точність та ефективність вимірювань. Використання GPS-спостережень, лазерних вимірювачів, аерофотозйомки та інших методів дозволяє отримувати детальну та достовірну інформацію про місцевість, яка є ключовою для правильного проектування та будівництва автомобільних доріг.

Результати проведених геодезичних робіт надають інженерам та проектувальникам необхідні дані для створення оптимальних та безпечних траєкторій доріг, визначення висотних та геометричних параметрів, контролю якості будівництва, а також планування експлуатації дорожньої інфраструктури.

Таким чином, геодезичні роботи під час проектування автодоріг відіграють ключову роль у забезпеченні успішної реалізації дорожніх проектів, забезпечуючи високу точність, ефективність та безпеку на дорогах. Впровадження сучасних геодезичних технологій та методів сприяє підвищенню якості та швидкості виконання робіт, а також оптимізації витрат ресурсів.

Геодезичні роботи є невід'ємною складовою будівельного процесу при проектуванні та будівництві автомобільних доріг. Застосування сучасних геодезичних технологій та методів дозволяє забезпечити високу точність та ефективність вимірювань, що є важливим для успішної реалізації дорожних проектів. Використання геодезичних робіт дозволяє зменшити ризики та

забезпечити якість та безпеку на дорогах, що має велике значення для забезпечення комфорту та безпеки дорожнього руху.

Отже, у роботі було проведено дослідження геодезичних робіт під час проектування автодоріг. Аналіз наукової літератури, методичне забезпечення та дослідження особливостей проектування дали можливість визначити оптимальні підходи та технології для забезпечення точності та надійності геодезичних вимірювань у будівництві доріг. Результати досліджень показали, що правильне використання геодезичних робіт сприяє покращенню якості та безпеки автодорожнього руху. Такий підхід до проектування та будівництва доріг відкриває перспективи для подальшого розвитку і вдосконалення інфраструктури та дорожнього господарства.

У дослідженні геодезичних робіт під час проектування автодоріг було розглянуто теоретичні засади, методичне забезпечення та практичні аспекти робіт. Аналіз літературних джерел, вивчення методів та особливостей проектування дозволило виявити ефективні шляхи підвищення якості та точності геодезичних вимірювань у будівництві доріг. Застосування сучасних технологій та правильна організація робіт сприяють покращенню інфраструктури та безпеки дорожнього руху. Такий підхід відкриває нові можливості для подальшого розвитку дорожнього господарства та покращення якості автомобільних доріг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. Анисенко О.В., Платонова К.А. Сучасні геодезичні прилади, їх значеннння і роль у геодезичних вимірюваннях. Інвестиції: практика та досвід. 2019. № 4. С. 80–83.
2. Арсеньєва Н.О., Крухмальова О.В. Аналіз програмних комплексів автоматизованого проектування автомобільних доріг / Розвиток інформативних технологій в міському господарстві і будівництві Комунальне господарство міст, Вип. 140 К. 2018, С. 25-29.
3. Батракова А.Г. Інженерно-геодезичний моніторинг і контроль в будівництві, частина І. Геодезичні роботи при будівництві мостових переходів : навч. посіб. / Батракова А.Г., Кузьмін В.І. – Харків : ХНАДУ, 2018. – 116 с.
4. Білятинський О.А. Проектування автомобільних доріг. Ч.1: [Підруч. для вищих навч. закл.] / Білятинський О.А., Заворицький В.Й., Старавойда В.П., Хом'як Я.В. – К.:Вища школа, 1997. – 518 с
5. Бондар А.Л. Стан та основні напрями розвитку державної геодезичної мережі України / А.Л. Бондар, І.М. Заєць, О.В. Кучер // Вісник геодезії та картографії. – 2001. – No 3.
6. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроями [Електронний ресурс] // Наказ Міністерства соціальної політики України 14.02.2018 № 207 – Режим доступу до ресурсу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18#Text.
7. Віват А., Літинський В., Колгунов В., Покотило І. Дослідження точності визначення координат GNSS методом в режимі RTK. Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2011. №74. С.52-59.
8. Волосецький Б.І. Геодезія у природокористуванні. Навч. посібн. Львів. 2012. 292 с.

9. ГБН В.2.3-218-007:2012 «Екологічні вимоги до автомобільних доріг. Проектування», затверджено наказом Державного агентства автомобільних доріг України «Укравтодор» від 06.08.2012 № 307, чинний з 01.10.2012 р.
10. ГБН В.2.3-37641918-554:2013 «Шари дорожнього одягу з кам'яних матеріалів, відходів промисловості і ґрунтів, укріплених цементом. Проектування на будівництво», затверджено наказом Державного агентства автомобільних доріг України «Укравтодор» від 10.07.2013 р. № 223, чинний з 01.11.2013 р.
11. ГБН В.2.3-37641918-556:2015 «Автомобільні дороги. Споруди шумозахисні. Вимоги до проектування», затверджено наказом Міністерства інфраструктури України від 03.09.2015 р. № 348.
12. ГБН Г.1-218-182:2011 «Ремонт автомобільних доріг загального користування. Види ремонтів та перелік робіт», затверджено наказом Державного агентства автомобільних доріг України «Укравтодор» від 23.08.2011 р. № 301, чинний з 01.12.2011 р.
13. Геодезичний енциклопедичний словник. / За ред. Володимира Літинського – Львів: Євросвіт, 2001. – 668 с.
14. Геодезичний енциклопедичний словник. Львів. 2001. 668 с.
15. Геодезичні прилади та приладдя : Навч. посіб. / В. Ващенко, В. Літинський, С. Перій ; Нац. ун-т «Львівська Політехніка». Львів : Євросвіт, 2003. 160 с.
16. Геодезичні прилади: навч. посіб. Львів. 2005. 264 с.
17. Гофман Велленгаф. Глобальна система визначення місцеположення (СР5): теорія і практика. Київ. 1996. 387 с.
18. Гофманн-Велленгоф Бернард. Глобальна система визначення місцеположення (GPS): Теорія і практика. / Б. Гофманн-Велленгоф, Г. Ліхтенеггер, Д. Колінз. Переклад з англ. мови за ред. Акад. НАНУ Я.С. Яцківа, - К.: Наукова думка, 1996. – 380 с.
19. Грабовий В. М. Геодезія. Житомир. 2004. 455 с.

20. ДБН 360-92** «Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень», затверджено наказом Державного комітету України у справах містобудування і архітектури від 17.04.1992 р. № 44.
21. ДБН А.1.1-1:2009 «Система нормування та стандартизації у будівництві. Основні положення», затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 29.12.2003 р. № 969 та від 07.07.2010 р. №269, чинний з 01.01.2011 р.
22. ДБН А.2.1-1:2014 «Інженерні вишукування для будівництва», затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житловокомунального господарства України від 24.03.2014 р. № 83.
23. ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво», затверджено наказом Державних будівельних норм України, затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житловокомунального господарства України від 04.06.2014 р. № 163.
24. ДБН В.1.3-2:2010 Зміна №1 «Система забезпечення точності геодезичних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи». Наказ Мінрегіон України від 01.06.2018р. №340.
25. ДБН В.2.3-4:2015 «Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво», затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 21.09.2015 р. № 234.
26. ДБН В.2.3-5:2018 «Автодороги та дороги населених пунктів», затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житловокомунального господарства України від 24.04.2018 № 103.
27. ДСТУ Б А.1.1-100:2013 «Автомобільні дороги. Терміни та визначення понять», затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 18.07.2013 р. № 328, чинний з 01.04.2014 р.

28. ДСТУ БД1.1-7:2013 «Правила визначення вартості проектновишукувальних робіт та експертизи проектної документації на будівництво», затверджений наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 08.08.2013 № 374 чинний з 2014-01-01. Зміна №3 від 24.09.2018р. № 344 з 16 жовтня 2018 року.
29. Закон України "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність" № 353-XIV від 23.12.1998р. – К.: // [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.rada.gov.ua
30. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо першочергових заходів реформування сфери містобудівної діяльності» №2254-IX від12.04.2022 року. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2254-20#Text
31. Закон України «Про дорожній рух» № 3353-XII від 30.06.1993 р. Із змінами, внесеними згідно із Законами № 2612-VIII від 08.11.2018, ВВР, 2018, № 48, ст.380. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/ laws/show/3353-12
32. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст.546. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text
33. Закон України «Про охорону праці» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text
34. Інноваційні технології у галузі геодезії, землеустрою та проектування : монографія. – Харків : ХНАДУ, 2021. – 486 с.
35. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:10000, 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 : затв. наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 9 квітня 1998 р. № 56.

[Електронний ресурс]. Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98

36. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. (ГКНТА 2.04-02-98). – Київ, 1999. – 155 с.
37. Інструкція про типи центрів геодезичних пунктів (ГКНТА-2.01,0201-93). – Київ: ГУГКіК, 1994.
38. Коваленко Л.О., Ємець В.А. Інженерно-геодезичні роботи і виконавча зйомка монтажу прогонових будов мостів / Л.О. Коваленко, В.А. Ємець // Комунальне господарство міст. – 2021. – 1(161). – 124–128.
39. Костецька Я. М. Геодезичні прилади. Львів. 2000. 324 с.
40. Костецька Я., Пішко Ю., Гешель Д. Залежність точності визначення положення пунктів у супутникових мережах від тривалості сеансів спостережень. Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. Львів: Видавництво Львівської політехніки. - 2011. - Вип. II (22). - С. 96-102.
41. Костецька Я.М. Електронні геодезичні прилади. Частина ІІ. Електронні геодезичні прилади : підручник для студентів геодезичних спеціальностей вузів. Львів : ІЗМН, 2000. 324 с.
42. Ланьо О.В., Савчук С.Г. Дослідження точності RTK-вимірювань у мережі референцних станцій. Вісник геодезії та картографії. – 2012. № 4 (79). – С. 8-13.
43. Математичне оброблення геодезичних вимірів: підручник / С.П. Войтенко, Р.В. Шульц, О.Й. Кузьмич, Ю.В. Кравченко; за ред. С.П. Войтенка. – Київ: Знання, 2015. – 654 с.
44. Могильний С.Г, Войтенко С.П. . Геодезія. Частина перша – Донецьк, 2003. – 458с.
45. Могильний С.Г. Геодезія. Чернігів. 2002. 408 с.
46. Мороз О.І. Геодезичні прилади: Навч. посібник / О.І. Мороз, І.С. Тревого, Т.Г. Шевченко. Львів : Нац. ун-т «Львівська політехніка», 2005. 264 с.

47. Нестеренко С.Г. Дослідження напрямів та технологія застосування електронних топографічних планів місцевості / Нестеренко С.Г., Радзінська Ю.Б., Афанасьєв О.В., Фролов В.О. // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Сер. : Технічні науки. – 2019. – Том 30(69), No 4. Ч.1. – С. 143–146
48. НПАОП 63.21-1.01-09 «Правила охорони праці під час будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг», затверджено наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 28.12.2009 р. № 216.
49. Основні положення створення державної геодезичної мережі України. Постанова Кабінету Міністрів України від 8.06.1998 р. № 844. Київ. 1998. 14 с.