

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
Факультет землевпорядкування та інфраструктурного розвитку
Кафедра геодезії і геоінформатики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Бакалавр»

на тему: **«Аналіз точності та повноти топографічного плану масштабу 1:500
при проєктуванні житлової забудови»**
Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

Виконав: студент групи ЗВ-43 сп
Рим Сергій Миколайович

Керівник: к.е.н., доцент Станько С.В.

Рецензент: _____
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2026

УДК 528.44:711.4(043.2)

Аналіз точності та повноти топографічного плану масштабу 1:500 при проектуванні житлової забудови. Рим Сергій Миколайович. Кваліфікаційна робота. Кафедра геодезії і геоінформатики. – Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького, 2026.

72 сторінки текстової частини, 10 таблиць, 13 рисунків, 26 літературних джерел, презентація.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано інженерно-геодезичні вишукування для створення топографічного плану масштабу 1:500 території села Озерське Львівської області. Робота охоплює польові вимірювання, камеральне опрацювання результатів і створення цифрової картографічної основи з відображенням ситуації та рельєфу місцевості.

У ході дослідження проаналізовано особливості виконання топографо-геодезичних робіт у межах населеного пункту, розглянуто сучасні методи створення геодезичної основи та оцінено точність отриманих результатів. Також проведено аналіз стану пунктів державної геодезичної мережі та визначено можливість їх використання під час виконання робіт. Для створення планово-висотної основи застосовано GNSS-приймач Leica GS07 з контролером Leica CS20 та електронний тахеометр Stonex. Камеральне опрацювання виконано в програмних комплексах Digital, Grapher, Microsoft Excel і Microsoft Word.

За результатами роботи створено топографічний план масштабу 1:500, придатний для проєктних, землевпорядних і кадастрових робіт, а також розроблення містобудівної документації. Отримані матеріали можуть використовуватися як надійна просторова основа для планування розвитку території та прийняття управлінських рішень.

Ключові слова: геодезичні вишукування, топографічний план, топографічне знімання, GNSS-технології, електронний тахеометр, цифрова модель місцевості, Digital, планово-висотна основа.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ГЕОДЕЗИЧНА ЗЙОМКА І СУЧАСНІ ЗАСОБИ ЗБОРУ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ	7
1.1. Загальна характеристика великомасштабних планів	7
1.2 Застосування технологій GPS та GNSS RTK (Real-Time Kinematic) у великомасштабному зніманні	18
1.3 Номенклатура топографічних карт	25
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	28
2.1 Фізико-географічний опис району робіт	28
2.2 Розширена характеристика населеного пункту Озерське Яворівського району	33
2.3 Геодезичні роботи при виконанні топографічного знімання масштабу 1:500	37
3 ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ МАСШТАБУ 1:500 ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ	50
3.1 Вихідні матеріали та характеристика об'єкта проектування	50
3.2 Вимоги до точності та повноти топографічного плану масштабу 1:500	52
3.3 Знімальні роботи та побудова топографічного плану району проектування	54
3.4 Аналіз точності та повноти топографічного плану масштабу 1:500 при проектуванні житлової забудови	56
4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	62
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	65
ВИСНОВКИ	68
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	70

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку інженерної, транспортної та житлово-комунальної інфраструктури України важливого значення набуває забезпечення органів влади, проєктних організацій і землевпорядних служб актуальною та достовірною просторовою інформацією. Такі дані є основою для планування територій, раціонального використання земельних ресурсів, здійснення забудови та прийняття ефективних управлінських рішень. Одним із основних джерел їх отримання є інженерно-геодезичні вишукування, результати яких використовуються для створення великомасштабних топографічних планів.

Інженерно-геодезичні вишукування є невід'ємною складовою проєктування, будівництва та експлуатації інженерних споруд, а також важливою основою ведення містобудівного кадастру. Розвиток геоінформаційних технологій і вдосконалення геодезичного обладнання, зокрема електронних тахеометрів та GNSS-приймачів, забезпечують виконання топографічних знімань з високою точністю та оперативністю.

Актуальність теми зумовлена необхідністю оновлення топографічних матеріалів для сільських територій, які часто не охоплюються регулярними картографічними оновленнями. Наявність детальних топографічних планів є необхідною для проєктування інженерних мереж, реконструкції інфраструктурних об'єктів, виконання землеустрою та кадастрових робіт. Село Озерське Львівської області потребує створення сучасної картографічної основи для забезпечення подальшого соціально-економічного розвитку.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є виконання комплексу геодезичних вишукувань для створення топографічного плану масштабу 1:500 території села Озерське, що забезпечить формування точної картографічної основи для проєктування, землеустрою та інженерних робіт.

Для досягнення поставленої мети використано такі методи дослідження:

– тахеометричне знімання для отримання інформації про ситуацію та рельєф місцевості;

- GNSS-спостереження для створення і згущення геодезичної основи;
- камеральне опрацювання результатів вимірювань із використанням програмного забезпечення Digital, AutoCAD, CREDO та інших спеціалізованих комплексів;
- аналіз і порівняння результатів з наявними картографічними матеріалами.

У процесі виконання роботи:

- проаналізовано природні умови території та обґрунтовано вибір методу знімання;
- виконано польові геодезичні роботи;
- здійснено обробку й аналіз результатів вимірювань;
- створено топографічний план масштабу 1:500 з відображенням рельєфу та ситуації;
- проведено оцінку точності отриманих результатів.

Застосування сучасних геодезичних технологій і цифрових методів обробки даних забезпечило високу точність та надійність результатів, підтвердивши ефективність комплексного підходу до виконання великомасштабних топографічних знімань.

Практичне значення роботи полягає у створенні актуального топографічного плану території села Озерське, який може використовуватися органами місцевого самоврядування, проектними та землепорядними організаціями для:

- проєктування інженерної інфраструктури;
- розроблення генеральних і детальних планів території;
- виконання землеустрою та кадастрових робіт;
- ведення містобудівного кадастру і геоінформаційних систем громади.

Отримані результати формують достовірну просторову основу для подальшого розвитку населеного пункту, удосконалення інженерної інфраструктури та прийняття ефективних управлінських рішень.

1 ГЕОДЕЗИЧНА ЗЙОМКА І СУЧАСНІ ЗАСОБИ ЗБОРУ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

1.1. Загальна характеристика великомасштабних планів

Топографічні плани масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 поділяють на загальнопризначені й спеціалізовані. Загальнопризначені плани використовують для вирішення широкого кола топографо-геодезичних завдань у межах населених пунктів, промислових територій та інших об'єктів. Їх створення здійснюється відповідно до чинних нормативних документів у сфері топографічного картографування, які регламентують склад, зміст та правила відображення елементів місцевості. На таких планах у встановлених умовних позначеннях відображаються об'єкти ситуації, контури землекористувань, елементи інфраструктури та форми рельєфу.

Спеціалізовані топографічні плани розробляються для виконання окремих інженерних, кадастрових або виробничих завдань. Під час їх створення, крім загальнодержавних вимог, враховують положення будівельних норм і технічні умови, визначені замовником. За необхідності допускається застосування спеціальних або відомчих умовних знаків, зокрема для відображення підземних комунікацій, об'єктів транспортної інфраструктури та інших специфічних елементів.

Важливу групу спеціалізованої картографічної продукції становлять інженерно-топографічні плани, які використовують на різних етапах життєвого циклу інженерних споруд — від проектування до експлуатації. Залежно від призначення їх поділяють на вишукувальні, виконавчі, інвентаризаційні та кадастрові. Вишукувальні плани забезпечують вибір оптимального розташування майбутніх об'єктів будівництва. Виконавчі плани застосовують для перевірки відповідності фактично виконаних робіт проектним рішенням. Інвентаризаційні матеріали використовуються для обліку та технічного супроводу споруд і комунікацій під час їх експлуатації.

Кадастрові плани містять детальну інформацію про земельні ділянки, межі володінь, будівлі, споруди, лісові та водні угіддя. Крім просторових характеристик, вони можуть включати відомості про правовий статус, якісний стан та вартісну оцінку об'єктів нерухомості.

Якість топографічного плану визначається його точністю, повнотою та ступенем деталізації. Основними показниками є середні квадратичні похибки визначення планового та висотного положення точок місцевості. Оскільки кожна точка, відображена на плані, характеризується просторовими координатами, точність її планового положення оцінюють за середньою квадратичною похибкою (m_m), яку обчислюють за відповідною формулою.

$$m_m = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} \approx m_k \sqrt{2} \quad (1.1)$$

$$\text{де} \quad m_x = m_y = m_k \quad (1.2)$$

Точність визначення координат точок залежить від сукупності похибок, що виникають на різних етапах виконання топографо-геодезичних робіт. До основних джерел помилок належать неточності створення планово-висотної основи, похибки польових вимірювань, а також відхилення, що виникають під час камерального опрацювання матеріалів, побудови графічних документів або виготовлення фотограмметричних планів. Додатково на якість кінцевого результату можуть впливати деформації матеріального носія плану в процесі його зберігання та використання.

Відповідно до чинних нормативних вимог, положення точок ситуації відносно найближчих пунктів геодезичної основи повинно визначатися з певною точністю. Для чітко окреслених контурів на забудованих територіях допустиме відхилення на плані не повинно перевищувати 0,5 мм, тоді як для лісових масивів, важкодоступних ділянок та гірської місцевості цей показник може досягати 0,9 мм. В окремих випадках, залежно від особливостей проєкту, нормативи уточнюються: для об'єктів капітальної забудови допускаються похибки до 0,2 мм, а на територіях без щільної забудови — до 0,5 мм.

Результати практичних досліджень свідчать, що середня квадратична похибка положення контурних точок зазвичай перебуває в межах 0,18–0,30 мм,

тоді як для точок планової основи цей показник становить близько 0,30–0,40 мм. З урахуванням додаткових помилок, пов'язаних із копіюванням картографічних матеріалів та можливими деформаціями паперової основи, загальна похибка може досягати 0,5 мм у масштабі плану.

Ступінь деталізації топографічного плану визначається рівнем генералізації об'єктів місцевості та форм рельєфу. Чим більший масштаб плану, тим повніше і детальніше відображаються елементи ситуації. Нормативні документи встановлюють, що похибки узагальнення контурів не повинні перевищувати 0,5 мм у масштабі плану, а для архітектурних елементів і характерних деталей споруд — 0,3 мм. У межах зазначених допусків допускається незначне коригування конфігурації окремих об'єктів під час їх відображення.

Повнота топографічного плану характеризується мінімальними розмірами об'єктів, які підлягають нанесенню, а також найменшими допустимими відстанями між ними. Найвищі вимоги до повноти інформації висуваються під час створення планів територій із щільною забудовою, розгалуженими інженерними мережами та складною інфраструктурою. Особливо важливим це є при виконанні реконструкції будівель і споруд, коли необхідне максимально детальне відображення існуючого стану місцевості. Саме тому вибір масштабу топографічного плану здійснюється з урахуванням вимог до його повноти та визначається за відповідною розрахунковою залежністю.

$$M = 1m, \quad (1.3)$$

де $1m$ - необхідний просвіт між знаками в міліметрах

Ортофотоплани, створені за результатами аерофотознімання, є одним із найбільш інформативних видів картографічної продукції, оскільки забезпечують високий рівень деталізації об'єктів місцевості та достовірне відображення її просторової структури. Завдяки поєднанню геометричної точності топографічних планів із наочністю аерофотозображень вони дають змогу отримувати повну інформацію про розташування, форму та взаємне положення природних і штучних об'єктів.

Для кількісної оцінки змістовності картографічних матеріалів використовують інформаційні характеристики (IX), які відображають ступінь насиченості плану просторовими даними та рівень його деталізації. За дослідженнями професора Ю.К. Неумивакіна, інформаційну характеристику доцільно визначати як середній обсяг інформації, що припадає на один гектар території. Цей показник дозволяє порівнювати картографічні матеріали різних масштабів за їх інформативністю та повнотою відображення елементів місцевості.

Граничні значення інформаційних характеристик для топографічних планів різних масштабів наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Максимальні значення IX в залежності від масштабу

M	5000	2000	1000	500
IX_{\max}	26	112	321	496

Для територій великих міст, де щільність забудови сягає приблизно 25 %, максимальне значення інформаційної характеристики становить близько 480 одиниць. Практика проєктування свідчить, що для якісного виконання інженерних розрахунків і розроблення проєктної документації необхідно забезпечити рівень інформаційної насиченості в межах 300–400 одиниць. Такі показники можуть бути досягнуті лише за умови використання великомасштабних топографічних матеріалів. Відповідно до вимог будівельних норм і стандартів, для забудованих територій, де планується детальне проєктування об'єктів будівництва та інженерних мереж, рекомендованим є масштаб топографічного знімання 1:500.

Важливою характеристикою топографічних планів є можливість виконання на їх основі картометричних робіт. До таких робіт належать визначення довжин ліній, вимірювання відстаней між об'єктами, обчислення дирекційних кутів або азимутів, а також встановлення координат окремих точок. Зазначені параметри можуть визначатися як безпосередньо графічними

вимірюваннями на плані, так і аналітичним способом за координатами кінцевих точок.

Точність результатів картометричних визначень залежить від масштабу плану, якості його створення, точності вихідних координат та способу виконання вимірювань. Для оцінювання похибок визначення довжин ліній, напрямків та інших геометричних параметрів використовують спеціальні розрахункові залежності, які враховують точність вихідних даних і вимоги до кінцевого результату. Це дозволяє обґрунтовано оцінити надійність отриманих значень та можливість їх використання для проєктних і виробничих потреб.

$$m_s = \sqrt{m_1^2 + m_2^2} = m_m \sqrt{2}; \quad m_\alpha = \frac{m_s}{s} \rho \approx \frac{m_m \sqrt{2}}{s} \rho \quad (1.4)$$

де m_1, m_2 — СКП положення точок на плані.

Таким чином, якщо положення чітко визначеної точки на плані характеризується похибкою 0,4 мм, то помилка у визначенні відстані між двома точками становитиме приблизно 0,56 мм у масштабі плану. За такої ж точності визначення координат похибка обчислення дирекційного кута для лінії довжиною 100 мм на плані може досягати близько 20 кутових хвилин.

Визначення площ земельних ділянок або інших контурів на топографічних планах може виконуватися різними способами. Найбільш поширеними є графічні методи із застосуванням планіметрів та аналітичні методи, що базуються на використанні координат поворотних точок контуру. Залежно від умов виконання робіт використовують механічні, електромеханічні або електронні планіметри.

Сучасні електронні планіметри оснащені цифровими модулями обробки інформації, що значно розширює їх функціональні можливості. Окрім визначення площ, такі прилади дозволяють вимірювати довжини прямих і криволінійних об'єктів, обчислювати координати точок, визначати радіуси кривих та виконувати інші картометричні операції. Отримані результати можуть зберігатися в пам'яті приладу та автоматично перераховуватися з урахуванням масштабу плану.

Для автоматизації процесу обробки картографічних матеріалів широко використовують цифрові технології. До них належать дигітайзери, призначені для ручного введення просторових даних, а також планшетні сканери, за допомогою яких паперові плани переводяться в цифровий формат для подальшого опрацювання в геоінформаційних системах і спеціалізованому програмному забезпеченні.

Практичні дослідження показують, що відносна точність визначення площ за допомогою різних типів планіметрів зазвичай перебуває в межах від 1:300 до 1:1000 від величини вимірюваної площі. У випадку аналітичного визначення площ за координатами вершин контуру оцінку точності виконують за спеціальними математичними залежностями. Однією з найбільш відомих є формула професора О.В. Маслова, яка дозволяє визначити очікувану похибку обчислення площі з урахуванням точності вихідних координат.

$$m_F = \frac{m_m}{2\sqrt{2}} \sqrt{\sum_{i=1}^n S_i^2} \quad (1.5)$$

де S_i - віддалі між точками полігона ($i = 1, 2, 3, \dots, n$); n - кількість точок.

Похибка визначення за координатами площі витягнутого прямокутника, що при відношенні сторін $\lambda = a/b$ має вигляд:

$$m_F = \frac{am_m}{\lambda} \sqrt{\lambda^2 + 1} \approx am_m \quad (1.6)$$

Формула, що використовується для прямокутника з довжиною a та шириною b , показує значний ріст похибки при малих значеннях b порівняно з a .

$$m_F = m_m \sqrt{F} \sqrt{\frac{1+\lambda^2}{2\lambda}} \quad (1.7)$$

Максимальна точність досягається при $\lambda=1$ і рівна

$$\frac{m_F}{F} = \frac{m_m}{\sqrt{F}} \quad (1.8)$$

тобто, при $m_m=0,3\text{мм}$, $F = 25\ 000\text{мм}^2$, $\frac{m_f}{F} = 0,6\%$

Під час визначення площ значних за розмірами територій необхідно враховувати вплив кривизни земної поверхні. Це пов'язано з тим, що площі, обчислені на поверхні земного еліпсоїда, відрізняються від площ, отриманих на

картографічних матеріалах, створених у проєкції Гаусса–Крюгера. Величина цієї різниці зростає пропорційно збільшенню розмірів досліджуваної ділянки.

За результатами досліджень встановлено, що для територій площею 64, 128, 256, 512 та 1024 км² розбіжності між площами на еліпсоїді та в картографічній проєкції становлять відповідно 8, 31, 128, 512 і 2049 м². Незважаючи на збільшення абсолютної величини різниці, її відносне значення залишається незначним і, як правило, не перевищує 1:500 000. Однак під час виконання високоточних кадастрових, геодезичних або наукових розрахунків вплив картографічних спотворень необхідно враховувати.

Важливим показником якості топографічного плану є також точність відображення рельєфу місцевості. Вона характеризує ступінь відповідності між фактичними висотами точок земної поверхні та їхнім зображенням за допомогою горизонталей. Оцінювання точності визначення висотних відміток здійснюють на основі спеціальних математичних залежностей, які враховують висоту перерізу рельєфу, крутість схилів і точність виконання топографічного знімання.

Відповідно до досліджень професора М.Г. Відуєва, середню квадратичну похибку визначення висоти точки за горизонталями топографічного плану можна визначити за відповідною розрахунковою формулою.

$$m_H = 0,19 h_0 + 0,0001 M u_{cp} \quad (1.9)$$

де M , h_0 - знаменник масштабу плану і висота перерізу рельєфу; u_{cp} - середній ухил місцевості.

Проф. В.Д. Большаков пропонує цю похибку вираховувати за формулою:

$$m_H = \sqrt{\omega^3 \left(l + \frac{h_0}{u_{cp}} \right) + m_{HПК}^2 + (m_m M)^2 u_{cp}^2} \quad (1.10)$$

де: ω — коефіцієнт випадкового впливу похибок, що виникають у процесі генералізації рельєфу та характеризують так звану топографічну шорсткість земної поверхні, приведену до довжини 1 м. Значення цього коефіцієнта залежить від характеру місцевості та змінюється від 0,012 для рівнинних територій до 0,020 для гірських районів із сильно розчленованим рельєфом; l — відстань між суміжними пікетними точками, м; $m_{HПК}$ — середня квадратична

похибка визначення планового положення пікетних точок, яка при виконанні великомасштабних топографічних зніманих зазвичай приймається рівною 0,05 м (5 см). Наведені параметри враховують як похибки польових вимірювань, так і вплив особливостей рельєфу місцевості на точність його відображення. Зі збільшенням коефіцієнта топографічної шорсткості та відстані між пікетами зростає невизначеність у визначенні висотного положення точок, що безпосередньо впливає на точність побудови горизонталей і цифрової моделі рельєфу.

Для планів масштабу 1:500-1:1000, що використовуються для вертикального планування територій Бараном П.І. [7] виведена залежність:

$$m_H = \sqrt{h \left(\frac{h_0}{2t} \right)^2 + \frac{2}{3} (M m_{\text{п}} u)^2} \quad (1.11)$$

де m_n — похибка вимірювання віддалей на плані; u — ухил місцевості;

t — коефіцієнт, що враховує похибку нанесення горизонталі на план (згідно з Інструкцією з топографічного знімання його приймають рівним 3 для горбистої та 4 для рівнинної місцевостей).

Результати численних досліджень свідчать, що точність відображення рельєфу на великомасштабних топографічних планах безпосередньо залежить від масштабу знімання та висоти перерізу рельєфу. Для планів масштабів 1:500 та 1:1000 із висотою перерізу 0,5 м середня похибка визначення висотних відміток за горизонталями зазвичай становить від 0,08 до 0,12 м. Для планів масштабу 1:2000 при перерізі рельєфу 1,0 м цей показник збільшується до 0,18–0,22 м, тоді як для планів масштабу 1:5000 він може досягати 0,30–0,40 м.

Для оцінювання точності зображення рельєфу застосовуються різні теоретичні та емпіричні методики. У таблиці 1.2 наведено результати розрахунків середньої квадратичної похибки визначення висоти точки, отримані за найбільш відомими формулами. Зокрема, у четвертій графі подано значення, обчислені за методикою Большакова для рівнинної місцевості за умов середнього ухилу поверхні $\omega = 0,012$ та коефіцієнта узагальнення $u_{\text{ср}} = 0,05$. П'ята графа містить результати розрахунків за формулою Відусєва, шоста — за

методикою Барана, а сьома відображає нормативні значення, установлені чинними інструктивними документами.

Порівняння отриманих результатів показує, що нормативні вимоги до точності відображення рельєфу мають достатнє теоретичне та практичне обґрунтування. За умови дотримання технології польових і камеральних робіт забезпечується досягнення необхідної точності визначення висотних характеристик місцевості.

Таблиця 1.2

Порівняння показників точності зображення рельєфу

Масштаб	Висота перерізу h_0 , м	Заложення l , м	мН за Большаковим, см	мН за Відуєвим, см	мН за Бараном, см	Нормативне значення, см
1:500	0,5	20	8,6	10	6	12–17
1:1000	0,5	30	10,3	10	6	12–17
1:2000	0,5	50	12,7	10	6	17
1:2000	1,0	70	14,3	20	12	25
1:5000	1,0	100	18,0	21	12	25

Відповідно до нормативних вимог для рівнинної місцевості оптимальним є таке січення рельєфу, за якого середня квадратична похибка визначення висот становить близько 20 % висоти перерізу. Для планів масштабу 1:500 мінімальна висота перерізу зазвичай приймається 0,5 м, що забезпечує похибку близько 0,1 м. На забудованих територіях за потреби допускається застосування меншого інтервалу між горизонталями.

Важливим показником якості топографічного плану є його наочність, тому рекомендоване заложення горизонталей становить 5–20 мм. Для місцевості з ухілами від 0,05 до 0,5 оптимальною вважається висота перерізу 0,5 м, яка забезпечує необхідну точність і зручність сприйняття рельєфу.

Топографічні карти масштабів від 1:10000 до 1:1000000 використовують для вирішення загальнодержавних і регіональних завдань, тоді як у сфері інженерних вишукувань переважають великомасштабні плани. Карти масштабів 1:100000–1:10000 оновлюють приблизно раз на 15 років, а плани масштабів

1:5000–1:500 коригують у міру змін місцевості. Якщо зміни охоплюють понад 35 % змісту, виконують оновлення або повторне знімання.

Для створення великомасштабних планів застосовують тахеометричне знімання, GNSS-вимірювання, аерофотознімання, безпілотні літальні апарати та лазерне сканування. Нормативними документами встановлюються вимоги до точності та висоти перерізу рельєфу: для масштабу 1:5000 вона становить 0,5–5,0 м, для 1:2000 — 0,5–2,0 м, а для 1:1000 — 0,5 або 1,0 м.

Допустимі похибки положення капітальних споруд не повинні перевищувати 0,4 мм у масштабі плану, чітких контурів — 0,5 мм, а в лісових і гірських районах — 0,7 мм. Геодезичною основою великомасштабних знімань є державна геодезична мережа, мережі згущення та нівелірна мережа. Координати визначають у системі УСК-2000, а висоти — у Балтійській системі висот 1977 року.

Сучасне картографування базується на використанні геопросторових даних, які містять інформацію про рельєф, забудову, транспортну мережу, рослинність та інші об'єкти місцевості. Основними джерелами таких даних є аерофотознімання, супутникові спостереження та GNSS-вимірювання. Актуальність картографічних матеріалів підтримується шляхом регулярного моніторингу та оновлення даних.

За способом подання інформації карти поділяють на аналогові, цифрові та електронні. Аналогові карти є графічними документами на паперових носіях, тоді як цифрові карти являють собою цифрові моделі місцевості, що зберігаються у спеціалізованих базах даних. Вони забезпечують автоматизоване визначення координат, зберігання атрибутивної інформації та оперативне оновлення даних, що робить їх основою сучасних геоінформаційних систем.

В Україні топографічне картографування переважно виконується в проєкції Гаусса–Крюгера в межах системи координат УСК-2000. Для оперативного картографічного забезпечення широко використовують ортофотоплани та фотокарти, які поєднують високу інформативність аерофотозображень із точністю геодезичної прив'язки.

Сучасні великомасштабні плани масштабів 1:1000 та 1:500 створюють із застосуванням безпілотних літальних апаратів, цифрових аерофотокамер, лазерного сканування та GNSS-технологій. Використання цифрових методів суттєво підвищує продуктивність робіт і якість отриманих матеріалів.

Важливим етапом фотограмметричного опрацювання є фототріангуляція, за результатами якої створюють цифрові моделі рельєфу та місцевості. Ортофотоплани формують шляхом геометричного трансформування знімків із використанням цифрової моделі рельєфу. Отримані матеріали застосовують як самостійну картографічну продукцію або як основу для створення геоінформаційних систем.

Для невеликих територій часто доцільніше використовувати наземні методи знімання — тахеометричне або GNSS-знімання. На забудованих територіях перевагу надають аерофототопографічному методу, який забезпечує швидке отримання детальної інформації про забудову та інженерну інфраструктуру.

У міських умовах топографічне знімання переважно виконують у масштабах 1:500 та 1:1000 із застосуванням електронних тахеометрів. Контроль точності здійснюють шляхом додаткових вимірювань між характерними точками забудови та перевірки координат фасадів будівель, проїздів і кварталів.

Вертикальне знімання виконують методами геометричного або тригонометричного нівелювання. Висотні відмітки визначають у характерних точках місцевості, а середня похибка не повинна перевищувати 20 мм.

При використанні електронних тахеометрів координати ситуаційних точок визначають переважно полярним способом. Для планів масштабу 1:500 допустима похибка визначення координат характерних точок становить близько 30 мм, а відносна точність тахеометричних ходів має бути не нижчою за 1:2000.

Для відкритих територій найбільш ефективними є GNSS-приймачі в режимі RTK та електронні тахеометри, які забезпечують високу продуктивність і необхідну точність вимірювань. На об'єктах із підвищеними вимогами до відображення рельєфу застосовують нівелювання поверхні за квадратами,

результати якого використовують для побудови цифрових моделей рельєфу та складання топографічних планів.

Для детального відображення форм земної поверхні висоту перерізу рельєфу нерідко приймають 0,25 м, що забезпечує високу точність під час проектування інженерних споруд, транспортних об'єктів та інженерних мереж.

1.2 Застосування технологій GPS та GNSS RTK (Real-Time Kinematic) у великомасштабному зніманні

Режим RTK (Real Time Kinematic) є одним із найефективніших способів супутникового визначення координат, оскільки диференціальні поправки передаються від базової станції до роверного приймача в режимі реального часу. Це забезпечує отримання координат із сантиметровою точністю безпосередньо під час польових робіт та дозволяє оперативно контролювати якість вимірювань.

Основними перевагами технології RTK є висока продуктивність, можливість роботи через мобільний Інтернет, підтримка різних систем координат та відсутність необхідності у подальшій камеральній обробці результатів. За потреби можуть використовуватися мережеві рішення VRS та дані у форматі RINEX.

GNSS-технології широко застосовуються у геодезії, землеустрої, будівництві та картографуванні. Принцип визначення координат базується на просторовій засічці за сигналами навігаційних супутників, а підвищення точності досягається завдяки використанню диференціальних методів позиціонування.

У геодезичній практиці застосовують статичний і кінематичний режими спостережень. Статичний режим забезпечує найвищу точність визначення координат і використовується переважно для створення та згущення геодезичних мереж. Кінематичний режим дозволяє оперативно визначати координати великої кількості точок без зупинки робіт.

Для виконання високоточних вимірювань використовують одночастотні та двочастотні GNSS-приймачі. Двочастотне обладнання ефективніше компенсує вплив іоносфери та забезпечує надійне визначення координат на значних відстанях між базовою і роверною станціями.

Найвищу точність забезпечує відносно позиціонування за фазовими вимірами несучої хвилі. Залежно від тривалості спостережень використовують режими «Статика», «Швидка статика» та «Реокупація». Статичний метод застосовують для створення геодезичних мереж, а швидка статика дозволяє суттєво скоротити час спостережень при збереженні високої точності.

Для топографічних знімачів найбільш поширеними є кінематичні режими RTK, Stop-and-Go та безперервна кінематика. Їх застосування забезпечує отримання координат безпосередньо в польових умовах і значно підвищує продуктивність геодезичних робіт.

Виконання геодезичних робіт ґрунтується на використанні різних методів побудови геодезичних мереж, серед яких найбільш поширеними є триангуляція, трилатерація, полігонометрія, нівелювання та GNSS-вимірювання. Вибір конкретного методу залежить від необхідної точності, умов місцевості та призначення робіт.

Сучасні супутникові технології суттєво розширили можливості інженерної геодезії. Відповідно до чинних нормативних вимог координати пунктів геодезичних мереж можуть визначатися GNSS-методами у статичному режимі, який забезпечує високу точність і використовується під час створення та розвитку геодезичних мереж. Водночас широкого поширення набули режими RTK, мережевий RTK та швидка статика, які дозволяють отримувати координати з сантиметровою точністю в режимі реального часу.

Основною перевагою статичного методу є висока точність визначення координат, однак його застосування потребує тривалих спостережень і подальшої камеральної обробки. Саме тому для більшості інженерно-геодезичних робіт сьогодні перевагу надають RTK-технологіям.

Важливим чинником розвитку супутникових технологій стало створення мереж постійно діючих референцних GNSS-станцій. Їх функціонування забезпечує можливість виконання високоточних вимірювань практично на всій території України та значно підвищує ефективність топографо-геодезичних робіт.

Завдяки високій точності, оперативності та автоматизації GNSS-технології сьогодні є одним із найефективніших інструментів отримання геопросторових даних для топографічних знімачів, землеустрою, кадастрових робіт і проектування інженерних споруд.

Таблиця 1.3

Основні вимоги до визначення координат GNSS-методом у статичному режимі

№ з/п	Показник	2 клас	3 клас	4 клас
1	Мінімальна тривалість безперервних спостережень, год	4–6	2–4	1–2
2	Тип супутникових приймачів	Двочастотні	Двочастотні	Одночастотні
3	Мінімальна кількість супутників, що одночасно спостерігаються	4	4	4
4	Максимально допустиме значення GDOP	5	5	5
5	Гранична похибка визначення координат, мм	40	40	50
6	Допустима відносна похибка визначення вектора базової лінії	1:300 000	1:150 000	1:25 000
7	Мінімальна кількість повторних вимірювань висоти антени протягом одного сеансу	2	2	2
8	Мінімальна кількість незалежних центрувань антени на пункті	1	1	1

Примітка. Параметр GDOP (Geometric Dilution of Precision) характеризує геометричну конфігурацію супутників під час спостережень. Менші значення GDOP забезпечують вищу точність визначення координат.

Згідно з міжнародними рекомендаціями, оптимальна відстань між сусідніми референцними GNSS-станціями становить близько 70 км. За такої конфігурації одна станція забезпечує покриття території площею до 2000 км². Координати референцних станцій визначаються за результатами високоточних супутникових спостережень у глобальних системах координат. GNSS-технології широко застосовуються для розвитку державних геодезичних мереж, виконання

інженерно-геодезичних вишукувань, моніторингу деформацій споруд та створення опорних геодезичних мереж. Розширення сфер їх використання сприяло впровадженню сучасних методів супутникового позиціонування, зокрема RTK, PPK та PPP.

Технологія RTK (Real Time Kinematic) базується на передачі диференціальних поправок від базової станції до роверного приймача в режимі реального часу. Це забезпечує визначення координат із сантиметровою точністю без необхідності подальшої обробки результатів. За показниками точності RTK-вимірювання відповідають вимогам полігонометрії 4 класу за плановим положенням і нівелювання III класу за висотою.

Метод PPK (Post Processing Kinematic) передбачає визначення координат за результатами післяобробки супутникових спостережень. Його застосовують переважно в умовах нестабільного зв'язку або за відсутності можливості отримання поправок у режимі реального часу. Для реалізації методу необхідні одночасні спостереження однакових супутників базовою та роверною станціями.

Одним із найперспективніших напрямів розвитку супутникових технологій є метод PPP (Precise Point Positioning), який дозволяє отримувати високоточні координати без використання локальної базової станції. Метод ґрунтується на застосуванні високоточних поправок до орбіт супутників і параметрів їхніх годинників, що забезпечує сантиметрову і навіть міліметрову точність за сприятливих умов спостережень.

Точність RTK-вимірювань залежить від якості прийому супутникових сигналів, кількості доступних супутників, геометрії їх розташування та довжини базової лінії. Загальна похибка складається з інструментальних і зовнішніх складових, вплив яких збільшується зі зростанням відстані до базової станції. Тому для забезпечення максимальної точності рекомендується мінімізувати довжину базового вектора.

Для оцінювання точності GNSS-вимірювань використовують мобільні базові станції, обладнані двочастотними приймачами, засобами передачі даних, автономними джерелами живлення та пристроями точного центрування. Такі

комплекси дозволяють створювати тимчасові мережі референцних станцій і виконувати високоточні геодезичні роботи в польових умовах.

Завдяки високій точності, оперативності та широким функціональним можливостям GNSS-технології стали одним із ключових інструментів сучасної геодезії та забезпечують ефективне виконання топографічних, кадастрових, будівельних і моніторингових робіт.



Рис. 1.2. Скомплектована мобільна базова станція

Під час виконання супутникових вимірювань базові GNSS-станції встановлювалися на пункти з відомими координатами або спеціально підготовлені точки спостережень, що забезпечувало стабільність положення антен і необхідну точність визначення координат. Після налаштування обладнання дані передавалися до програмного забезпечення мережі референцних станцій, де здійснювався контроль якості спостережень та моніторинг роботи системи в режимі реального часу.

На основі координат референцних станцій виконувалося визначення положення контрольних точок, розташованих на різних відстанях від базових пунктів. Для оцінювання точності та надійності результатів координати окремих точок визначалися декілька разів, після чого виконувалося порівняння отриманих значень.

Обробку результатів спостережень здійснювали із застосуванням стандартних алгоритмів позиціонування, параметрів ініціалізації та налаштувань

супутникових угруповань GPS, GLONASS, Galileo та BeiDou. Основні характеристики виконаних вимірювань наведено в таблиці 1.4.

Під час досліджень аналізувалися різні способи отримання диференціальних поправок, зокрема використання мережевої технології Virtual Reference Station (VRS) та поправок від окремої референцної станції. Порівняння результатів дозволило оцінити точність визначення координат у різних режимах роботи GNSS-мережі та встановити ефективність застосування сучасних супутникових технологій для виконання інженерно-геодезичних робіт.

Отримані результати підтверджують, що використання мереж референцних GNSS-станцій забезпечує визначення координат із сантиметровою точністю та значно підвищує продуктивність польових робіт. Завдяки цьому GNSS-технології є одним із найбільш ефективних засобів створення планово-висотної основи, виконання топографічних знімачів та отримання просторових даних для проєктування житлової забудови.

Таблиця 1.4

Параметри GNSS-спостережень під час дослідження RTK-режиму

Параметр	Спостереження			
	№1	№2	№3	№4
Частота запису, Гц	1	1	1	1
Тривалість спостережень, с	300	30	30	30
Кількість ініціалізацій	1	2	2	2
Тип RTK-розв'язку	VRS	VRS	Одинична базова станція	Одинична базова станція
Використані супутникові системи	GPS, GLONASS	GPS, GLONASS	GPS, GLONASS	GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou

Для оцінювання точності GNSS-вимірювань у режимі RTK було проаналізовано вплив довжини базового вектора на результати визначення координат. Відомо, що зі збільшенням відстані між базовою та роверною станціями зростає вплив атмосферних похибок і похибок моделювання супутникових сигналів, що може позначатися на точності отриманих результатів.

Вимірювання виконувалися на контрольних пунктах, розташованих на різних відстанях від референцних станцій мережі. Для кожного пункту

координати визначалися кілька разів, що дало можливість оцінити повторюваність результатів і стабільність роботи обладнання.

Під час виконання вимірювань використовувалися диференціальні поправки від мережі постійно діючих референцних GNSS-станцій. Програмне забезпечення автоматично обчислювало координати точок з урахуванням поправок до супутникових орбіт, параметрів годинників супутників, атмосферних впливів та інших джерел похибок. Одночасно контролювалися параметри супутникового рішення, зокрема кількість супутників, значення PDOP, тип фіксації розв'язку та оцінка точності визначення координат.

Отримані координати порівнювалися з контрольними значеннями, визначеними більш точними методами супутникових спостережень. Аналіз результатів показав, що при невеликих відстанях до референцних станцій планові похибки, як правило, не перевищують декількох міліметрів, а зі збільшенням довжини базового вектора поступово зростають до сантиметрового рівня. Висотні визначення характеризуються дещо меншою точністю, однак також відповідають вимогам до виконання топографо-геодезичних робіт.

Результати досліджень підтверджують, що технологія RTK забезпечує визначення координат із сантиметровою точністю та може ефективно використовуватися для створення планово-висотного обґрунтування, виконання топографічного знімання масштабу 1:500, винесення проєктів у натуру та інших інженерно-геодезичних робіт.

Додатково було проаналізовано вплив способу передавання диференціальних поправок на точність визначення координат. Практичні дослідження показали, що використання мобільного Інтернету, GSM-зв'язку або інших сучасних каналів передавання даних забезпечує надійне отримання поправок у режимі реального часу та не спричиняє суттєвого зниження точності вимірювань за умови стабільного зв'язку.

Таким чином, сучасні GNSS-технології дозволяють оперативно отримувати високоточні координати, забезпечуючи значне підвищення

продуктивності польових робіт і скорочення термінів виконання інженерно-геодезичних вишукувань.

1.3 Номенклатура топографічних карт

Для створення топографічних карт масштабів 1:5000 та 1:500 на територіях площею понад 20 км² використовують триградусні координатні зони. В Україні їхні осьові меридіани проходять через довготи 21°, 24°, 27°, 30°, 33°, 36° та 39°.

Основою розграфлення великомасштабних карт є аркуш масштабу 1:100000, який поділяється на 256 частин. Кожна з них утворює аркуш масштабу 1:5000 і позначається номером від 1 до 256. Номенклатура такого аркуша складається з номенклатури карти масштабу 1:100000 та порядкового номера, наприклад: М-36-123-(209).

Аркуш масштабу 1:5000 поділяється на дев'ять частин для отримання планів масштабу 1:2000, які позначаються літерами українського алфавіту. Наприклад: М-36-129-(206-в). При подальшому деталізуванні аркуш масштабу 1:2000 поділяється на чотири частини для створення планів масштабу 1:1000, що позначаються римськими цифрами I, II, III, IV. Для масштабу 1:500 кожен аркуш 1:2000 поділяють на 16 частин, які нумерують арабськими цифрами.

Під час створення номенклатурної рамки в програмному комплексі Digitals спочатку необхідно завантажити весь масив топографічних даних у межі робочої області. Для цього виділяють усі шари та виконують команду «Позначити всі», після чого за допомогою функції «Карта → Помічені в рамку» розміщують об'єкти в межах робочої рамки.

Перед побудовою рамки необхідно визначити її номенклатуру. Далі в головному меню програми обирають команду «Вставка → Номенклатурна рамка». У діалоговому вікні «Створити рамку» задають потрібний масштаб, вводять номенклатуру відповідно до варіанта завдання та виконують перевірку параметрів. Після цього контролюють правильність координат і геометричних розмірів рамки, що забезпечує коректне оформлення топографічного плану.

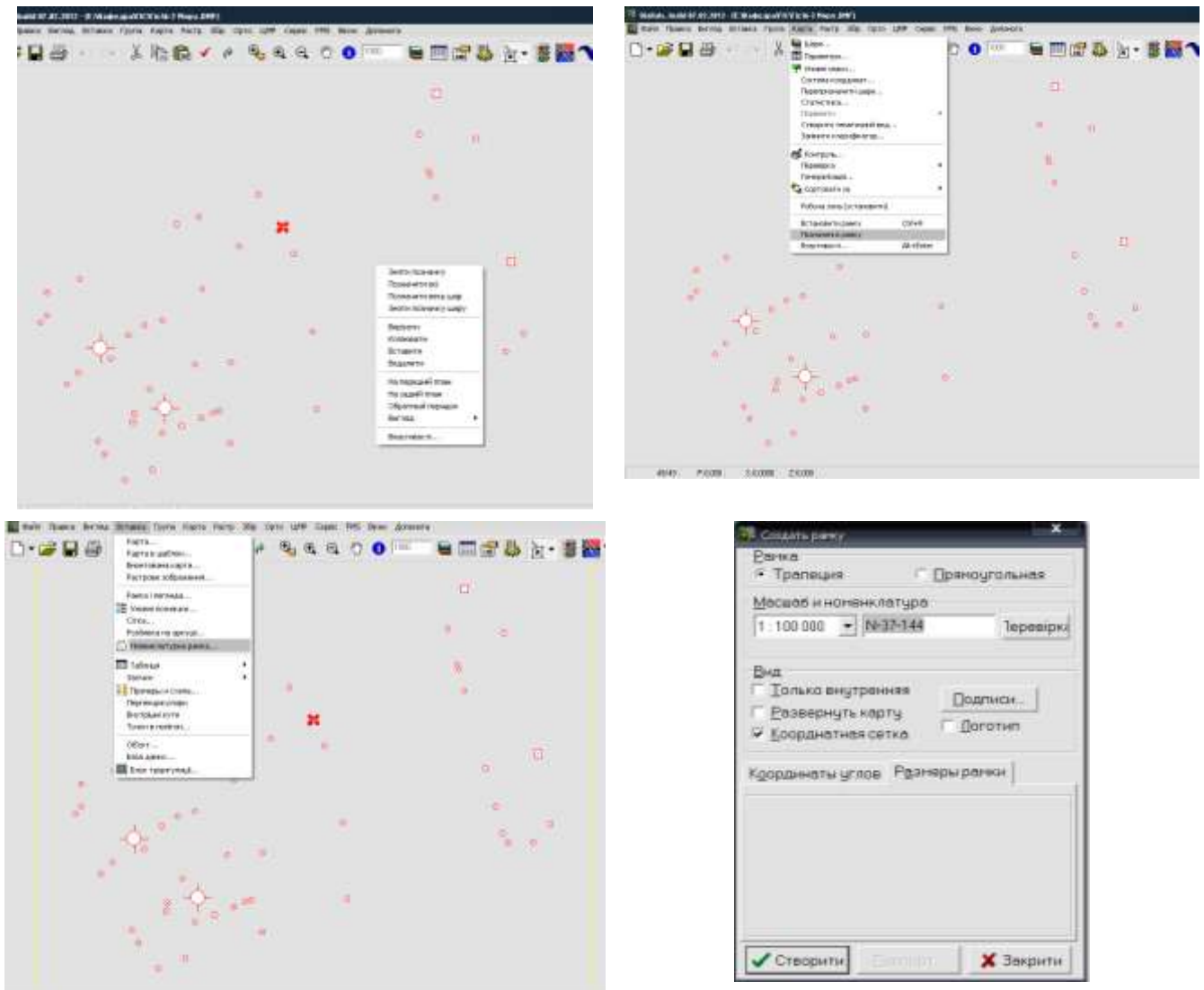


Рис. 1.3. Номенклатурна рамка 1:500.

Якщо всі пункти є вірними то натискаємо на клавішу «Створити» (рис. 1.4)

Наступним етапом є редагування позарамкового оформлення топографічного плану. Для зміни текстових елементів необхідно виділити потрібний напис і у вкладці «Інфо» правого меню відредагувати його зміст або видалити непотрібні дані.

Зміну параметрів шрифту виконують через меню «Параметри шарів», де можна налаштувати тип, розмір та інші характеристики тексту відповідно до вимог оформлення.

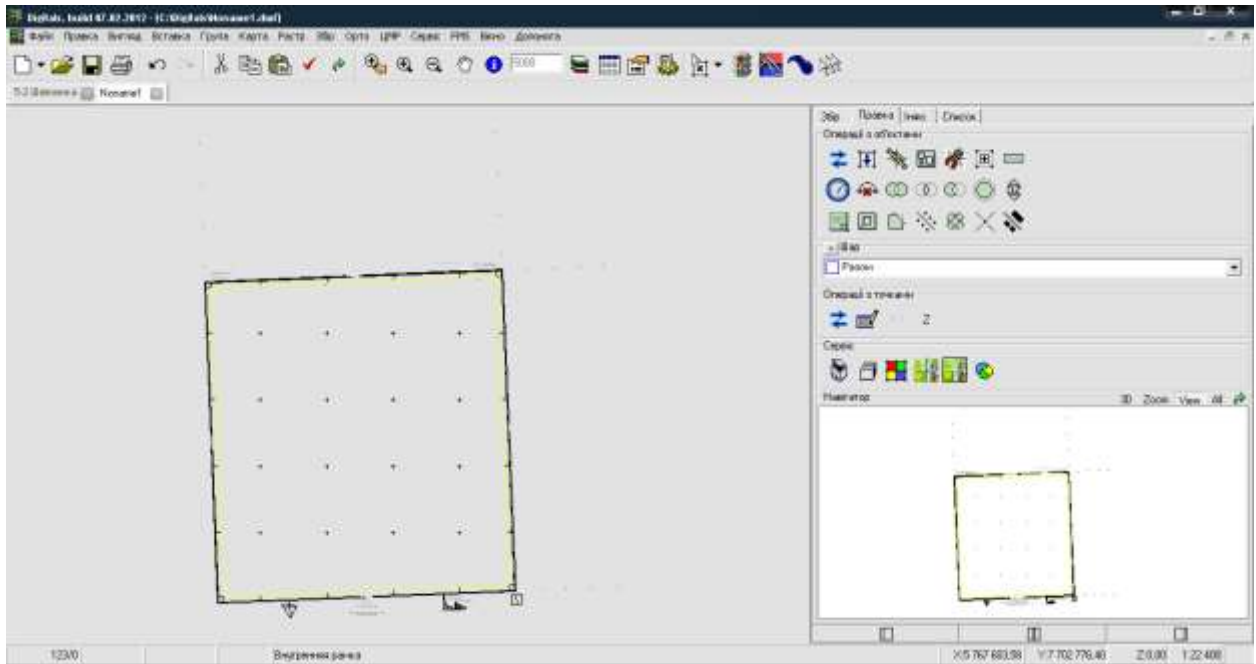


Рис. 1.4 Створення рамки трапеції 1:500.

Для переміщення напису його виділяють та перетягують за центральний маркер лівою кнопкою миші. Поворот тексту здійснюється за допомогою кутового маркера, який дозволяє встановити необхідний кут орієнтації напису відносно рамки або елементів плану.

Виконання цих операцій забезпечує правильне оформлення позарамкової інформації та підвищує зручність використання топографічного плану.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Фізико-географічний опис району робіт

Івано-Франківська територіальна громада розташована в межах Українського Розточчя – своєрідного природного регіону Західної України, який належить до Західноукраїнської лісостепової провінції та входить до складу Розтоцько-Опільської фізико-географічної області. Українське Розточчя являє собою вузьку смугу горбистих височин шириною до 25 км і довжиною близько 75 км, яка простягається з північного заходу на південний схід.



Рис. 2.1 Карта Івано-Франківської громади

Характерною особливістю району є значна розчленованість рельєфу та наявність численних вододільних підвищень. Північна межа Розточчя чітко відокремлюється від рівнинних просторів Малеого Полісся, що створює виразний контраст між височинними та низовинними формами рельєфу. Абсолютні висоти місцевості переважно змінюються в межах 250–400 м над рівнем моря, а окремі вершини досягають більших відміток.

Через південно-східну частину територіальної громади проходить Головний європейський вододіл, який розмежовує басейни Чорного та Балтійського морів. Це надає території важливого гідрологічного значення та визначає особливості формування поверхневого стоку. Річкова мережа представлена невеликими водотоками, що належать до різних водозбірних басейнів.

Клімат району помірно континентальний із достатнім зволоженням. Середня температура найтеплішого місяця (липня) становить $+18...+20$ °С, а найхолоднішого (січня) — від -3 до -5 °С. Середньорічна кількість атмосферних опадів коливається в межах 650–800 мм. Такі кліматичні умови є сприятливими для проведення топографо-геодезичних робіт протягом більшої частини року.

Ґрунтовий покрив представлений переважно сірими та темно-сірими лісовими ґрунтами, а також дерново-підзолистими різновидами. Значна частина території зайнята лісовими масивами, сільськогосподарськими угіддями та населеними пунктами. Рослинність характерна для лісостепової зони й представлена мішаними та широколистяними лісами.

Природні умови району створюють сприятливі передумови для виконання інженерно-геодезичних вишукувань. Водночас значна розчленованість рельєфу, наявність лісових насаджень та забудованих територій потребують застосування сучасних геодезичних технологій і високоточного обладнання для забезпечення необхідної точності топографічного знімання.

Мінерально-сировинні ресурси. Територія Івано-Франківської територіальної громади характеризується наявністю низки корисних копалин місцевого значення, які мають перспективи господарського використання в будівельній, енергетичній та рекреаційній сферах. До основних видів мінерально-сировинних ресурсів належать:

- **торф** — використовується як паливний ресурс, органічне добриво та сировина для окремих галузей промисловості;
- **будівельний пісок** — застосовується під час виконання будівельних робіт, виробництва бетонів і будівельних матеріалів;

- **глинисті породи** — є цінною сировиною для керамічної та цегельної промисловості;
- **геотермальні води** — можуть використовуватися для теплопостачання, рекреаційно-оздоровчих потреб та виробництва теплової енергії.

Наявність зазначених природних ресурсів створює передумови для розвитку місцевої економіки та раціонального використання природно-ресурсного потенціалу громади.

Ґрунтовий покрив та його екологічна характеристика. Ґрунтовий покрив території громади відзначається значною різноманітністю, що обумовлено особливостями геологічної будови, рельєфу, гідрологічного режиму та рослинного покриву. Найбільш поширеними є такі типи ґрунтів:

дернові та дерново-слабопідзолені піщані ґрунти, сформовані на піщаних відкладах четвертинного та третинного віку. Вони характеризуються невисокою природною родючістю, проте мають добрі водно-повітряні властивості та поширені переважно під сосновими й дубово-сосновими лісами;

глинисто-піщані слабопідзолені ґрунти, які сформувалися на глинистих відкладах із прошарками карбонатних порід. Ці ґрунти є сприятливими для росту широколистяних і змішаних лісів, зокрема грабово-дубових, дубово-букових та букових насаджень;

торфувато-глеєві ґрунти, поширені в понижених елементах рельєфу та на ділянках із надмірним зволоженням. Для них характерні високий вміст органічної речовини, підвищена вологість та розвиток вільшників із переважанням вільхи клейкої.

Ґрунтові ресурси є важливим чинником формування структури землекористування територіальної громади. Їх властивості впливають на розвиток сільського господарства, лісового господарства, меліоративні заходи та природоохоронну діяльність.

На рис. 2.2 наведено карту поширення основних типів ґрунтів на території громади, зокрема дерново-підзолистих, дернових, глинисто-піщаних і торфувато-глеєвих ґрунтів.

Водні ресурси. Івано-Франківська територіальна громада має значний водний потенціал, представлений поверхневими та підземними водами. Основу гідрографічної мережі становлять річки Домажирка, Верещиця та Млинівка, які відіграють важливу роль у підтриманні екологічної рівноваги та забезпеченні господарських потреб населення.

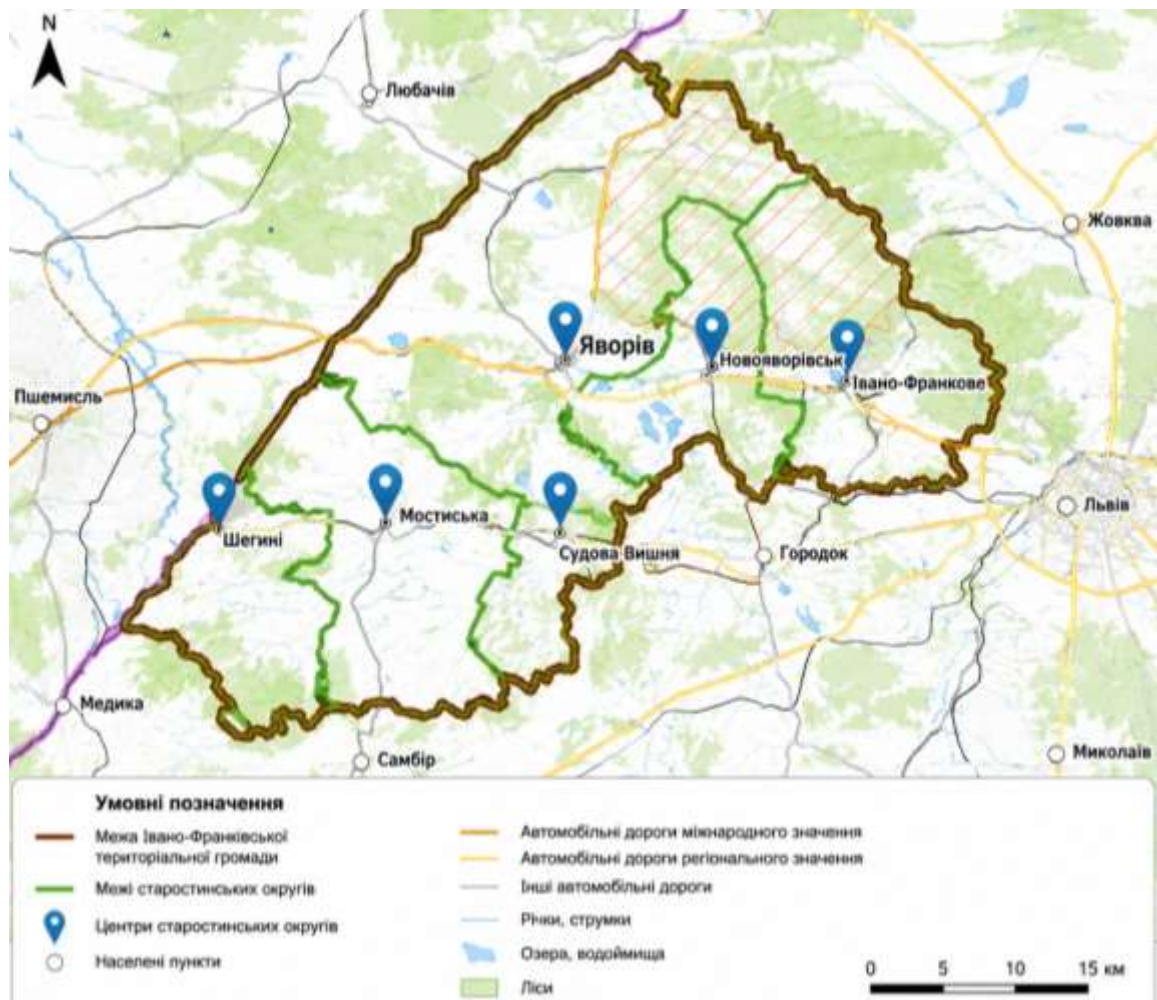


Рис. 2.2 Грунтова карта Яворівського району з позначенням меж Івано-Франківської ОТГ

Водний фонд громади також включає понад сто водойм природного та штучного походження. На її території розташовано 107 ставків і озер, які використовуються для риборозведення, рекреаційної діяльності, збереження водно-болотних екосистем та підтримання біологічного різноманіття.

Для впорядкування використання водних ресурсів та уточнення інформації про водні об'єкти рішенням Івано-Франківської селищної ради було створено спеціальну комісію з інвентаризації водойм. Основними завданнями комісії є

визначення фактичного стану водних об'єктів, уточнення їхніх кількісних і якісних характеристик, а також встановлення правового статусу окремих водойм.

Кліматичні умови. Кліматичні особливості території громади формуються під впливом географічного положення в межах Розточчя, яке знаходиться у зоні взаємодії атлантичних повітряних мас та континентальних повітряних потоків зі сходу. Клімат регіону характеризується як помірно континентальний із достатнім рівнем зволоження та чітко вираженою сезонністю.

Середньорічна температура повітря становить близько $+7,5$ °С, а середня річна кількість атмосферних опадів досягає 700 мм. Найбільше опадів спостерігається у літній період, переважно в червні та липні, тоді як мінімальні їх значення характерні для зимових місяців. Середня температура липня становить близько $+17,7$ °С, а січня — близько $-4,2$ °С. Річна амплітуда температур перевищує 21 °С, що відповідає кліматичним особливостям західної частини України.

Рослинний світ. Рослинний покрив громади відзначається значним видовим різноманіттям та представлений лісовими, лучними, водно-болотними і прибережними рослинними угрупованнями. Відповідно до геоботанічного районування територія належить до Розтоцького округу букових, дубово-соснових та буково-соснових лісів.

На підвищених формах рельєфу переважають букові та грабово-букові ліси, а також дубові деревостани. Значні площі громади входять до складу Яворівського національного природного парку, який є важливим осередком збереження природних комплексів Розточчя. На пологих схилах і вододільних ділянках поширені сосново-дубові ліси, тоді як у заплавах річок та на перезволожених територіях переважають вільхові насадження.

Підстава для розроблення детального плану території. Детальний план території розроблено з метою уточнення планувальної організації та функціонального використання земельної ділянки в межах села Озерське

поблизу вулиці Лісової. Підставою для виконання робіт стало рішення виконавчого комітету Яворівської міської ради.

Проект охоплює територію площею 0,1 га. Реалізація передбачених заходів розрахована на період від трьох до семи років із поетапним впровадженням проектних рішень. Запропоновані рішення відповідають положенням чинного Генерального плану міста Яворів та вимогам містобудівної документації.

Розроблення документації здійснювалося відповідно до чинного законодавства України, державних будівельних норм, санітарних правил та нормативних документів у сфері містобудування і планування територій.

2.2 Розширена характеристика населеного пункту Озерське Яворівського району

Село Озерське розташоване в західній частині України на території Львівської області та входить до складу Яворівського району. В адміністративному відношенні населений пункт належить до Івано-Франківської територіальної громади. Територія села знаходиться в межах природно-географічного регіону Розточчя, для якого характерні хвилястий рельєф, значні лісові масиви, наявність водойм та сприятливі природно-кліматичні умови.



Рис. 2.3 Ситуаційний план с. Озерське

Географічне положення. Озерське розміщене на північний захід від селища Івано-Франкове, на відстані близько 16 км від міста Яворів та приблизно 35 км від міста Львова. Географічні координати населеного пункту становлять $49^{\circ}56'$ північної широти та $23^{\circ}25'$ східної довготи. Територія села межує із сусідніми населеними пунктами Велике Поле, Середкевичі та Кужичі.



Рис. 2.4 Межі с. Озерське

Вигідне географічне положення та сприятливі природні умови забезпечують можливість виконання топографо-геодезичних робіт протягом більшої частини року. Водночас близькість до природоохоронних територій потребує підвищеної уваги до точності визначення меж землекористувань і природних об'єктів.

Природно-ресурсні особливості території. Село розташоване поблизу Яворівського національного природного парку, який є одним із найбільших природоохоронних об'єктів Львівської області. Значна частина прилеглих

земель має природоохоронний статус, що зумовлює необхідність ведення актуальної геодезичної та кадастрової документації.

Наявність природоохоронних територій підвищує значення великомасштабних топографічних планів для контролю використання земельних ресурсів, моніторингу навколишнього середовища та забезпечення раціонального природокористування.

У результаті адміністративно-територіальної реформи 2020 року село Озерське увійшло до складу укрупненого Яворівського району Львівської області. Органом місцевого самоврядування є Івано-Франківська селищна рада, яка здійснює управління територією громади та координує питання містобудівного розвитку, землекористування та благоустрою.

Особливості забудови. Для села характерний переважно садибний тип забудови. Житловий фонд представлений одноповерховими індивідуальними житловими будинками з господарськими спорудами, серед яких сараї, гаражі, літні кухні та інші підсобні об'єкти.

Унаслідок тривалого часу без комплексного оновлення топографічної основи частина існуючої забудови не повністю відповідає наявним картографічним та кадастровим матеріалам. Це створює потребу в проведенні сучасного топографічного знімання для уточнення розташування будівель і меж земельних ділянок.

Інженерна інфраструктура. Інженерна інфраструктура населеного пункту представлена мережею електропостачання напругою 0,4 кВ, місцевими автомобільними дорогами та індивідуальними системами водозабезпечення. Основним джерелом водопостачання є приватні колодязі та свердловини.

Транспортне сполучення здійснюється мережею автомобільних доріг із твердим та ґрунтовим покриттям, які забезпечують зв'язок із сусідніми населеними пунктами та адміністративним центром громади.

Характеристика рельєфу та умов виконання знімання. Територія села характеризується переважно рівнинним або слабохвилястим рельєфом. Абсолютні висоти місцевості змінюються в межах 230–240 м над рівнем моря.

Значні перепади висот, круті схили, яри чи інші складні форми рельєфу практично відсутні.

Рослинний покрив представлений сільськогосподарськими угіддями, луками, чагарниками та окремими ділянками листяних лісів. Переважання відкритої місцевості створює сприятливі умови для виконання тахеометричного знімання та GNSS-спостережень.

Обґрунтування вибору об'єкта дослідження. Вибір села Озерське як об'єкта топографо-геодезичних досліджень обумовлений низкою факторів: відсутністю сучасних топографічних матеріалів великого масштабу; потребою уточнення меж земельних ділянок та забудови; необхідністю оновлення просторових даних для містобудівних і кадастрових цілей; сприятливими умовами для проведення польових геодезичних робіт; близькістю до природоохоронних територій, що потребує високої точності картографування; перспективами подальшого розвитку інженерної та соціальної інфраструктури населеного пункту.

Підстава для розроблення детального плану території. Розроблення детального плану території в межах села Озерське, зокрема в районі вулиці Лісової, здійснюється відповідно до рішення виконавчого комітету Яворівської міської ради №270 від 07 серпня 2020 року. Проектні рішення спрямовані на уточнення планувальної структури території, визначення функціонального використання земель та забезпечення подальшого розвитку населеного пункту.

Підготовка містобудівної документації здійснюється відповідно до вимог чинного законодавства України, державних будівельних норм і нормативно-правових актів у сфері містобудування. Важливим етапом погодження документації стало проведення громадських слухань щодо генерального плану села Озерське, які відбулися 27 листопада 2023 року в Івано-Франківській селищній раді.

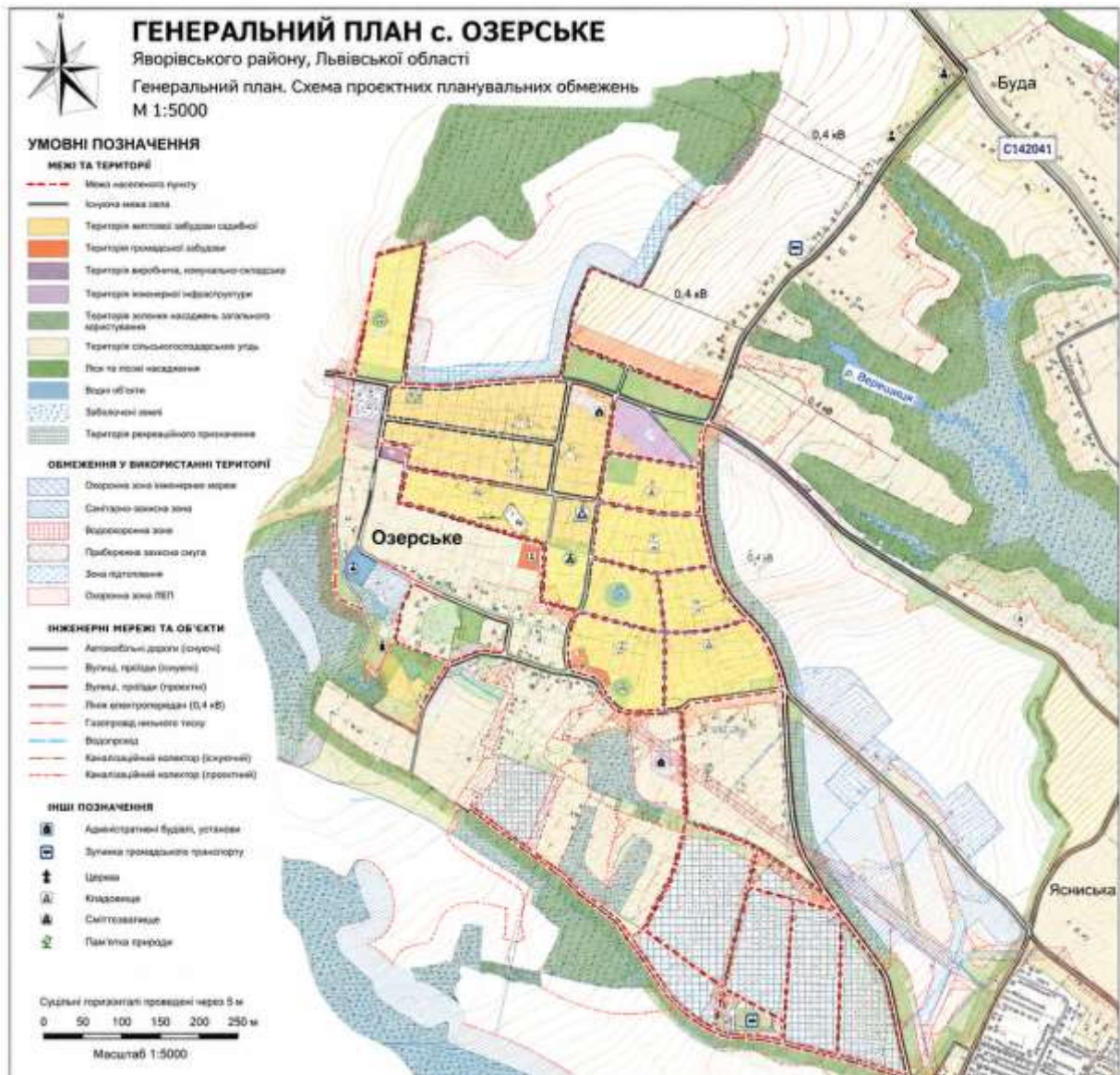


Рис. 2.5 Генеральний план с. Озерське

2.3 Геодезичні роботи при виконанні топографічного знімання масштабу 1:500

Топографічне знімання масштабу 1:500 належить до великомасштабних геодезичних робіт і призначене для отримання детальної та достовірної інформації про ситуацію і рельєф місцевості. Такі плани використовують під час проектування та будівництва об'єктів, реконструкції інженерних споруд, ведення містобудівного і земельного кадастрів, землеустрою та виконання інженерно-геодезичних вишукувань.

Особливістю планів масштабу 1:500 є висока деталізація відображення території. На них наносять будівлі та споруди, дорожню мережу, межі земельних ділянок, інженерні комунікації, елементи благоустрою, зелені насадження, водні об'єкти та характерні форми рельєфу. Виконання робіт здійснюється відповідно до чинних нормативних документів у сфері топографо-геодезичної діяльності.

Підготовчий етап. Перед початком польових робіт виконують аналіз наявних топографічних і кадастрових матеріалів, вивчають схеми інженерних мереж, уточнюють межі об'єкта знімання та проводять рекогносцирування місцевості. Під час обстеження території визначають місця розташування пунктів геодезичної основи, обирають оптимальні стоянки приладів і встановлюють особливості організації польових робіт.

Створення планово-висотної основи. Необхідною умовою отримання якісного топографічного плану є створення надійної планово-висотної основи. Для цього використовують пункти Державної геодезичної мережі або створюють мережі згущення за допомогою GNSS-спостережень і тахеометричних ходів. Координати пунктів визначають у державній системі координат УСК-2000.

Висотна основа створюється від реперів державної нівелірної мережі або за результатами супутникових вимірювань із приведенням висот до Балтійської системи висот. За потреби на території об'єкта закладають додаткові репери та робочі точки.

Виконання топографічного знімання. Основним методом створення топографічного плану масштабу 1:500 є електронне тахеометричне знімання із застосуванням сучасних тахеометрів і GNSS-приймачів. Під час польових робіт визначають координати та висоти характерних точок ситуації й рельєфу.

Особлива увага приділяється фіксації будівель, споруд, дорожньої мережі, огорож, меж землекористувань, інженерних комунікацій, водних об'єктів, зелених насаджень та елементів благоустрою. Для відображення рельєфу виконують знімання характерних точок на переломах схилів, насипах, виїмках, кюветах та інших формах поверхні.

Положення підземних інженерних мереж уточнюють за матеріалами виконавчої документації або визначають за допомогою трасопошукового обладнання.

Польові вимірювання, як правило, виконуються геодезичною бригадою з двох-трьох фахівців. Отримані результати зберігаються в електронній пам'яті приладів для подальшого камерального опрацювання.

Камеральне опрацювання результатів. Після завершення польових робіт здійснюють обробку вимірювань, яка включає обчислення координат і висот точок, урівноваження геодезичних побудов, перевірку точності результатів, створення цифрової моделі рельєфу та формування цифрового топографічного плану.

Для камерального опрацювання використовують спеціалізоване програмне забезпечення, зокрема Digital, CREDO, AutoCAD Civil 3D, GeoniCS та інші програмні комплекси. На основі цифрової моделі місцевості будують горизонталі, які для планів масштабу 1:500 зазвичай проводять через 0,5 м з нанесенням висотних відміток характерних точок.

Контроль якості та оцінка точності. Контроль якості топографо-геодезичних робіт здійснюється на всіх етапах створення топографічного плану — від польових вимірювань до камерального опрацювання результатів. Він передбачає перевірку польових матеріалів, аналіз нев'язок у геодезичних побудовах, виконання контрольних вимірювань, порівняння координат контрольних точок та оцінку точності цифрової моделі місцевості.

Відповідно до чинних нормативних вимог для топографічних планів масштабу 1:500 середня квадратична похибка визначення планового положення точок не повинна перевищувати 0,10 м, а висотного положення характерних точок — 0,05 м.

У разі виявлення відхилень, що перевищують допустимі значення, виконують додаткові контрольні вимірювання або повторне знімання окремих ділянок. Дотримання встановлених вимог забезпечує необхідну точність

топографічних матеріалів та можливість їх подальшого використання для проектних, будівельних і землевпорядних робіт.

Приладове забезпечення геодезичних робіт. Для виконання комплексу інженерно-геодезичних вишукувань на досліджуваній території застосовували сучасні геодезичні прилади, що забезпечують високу точність визначення просторових координат та висотних відміток.

Формування планово-висотної основи здійснювали з використанням супутникового GNSS-приймача Leica GS07 у комплекті з польовим контролером Leica CS20. Застосування даного обладнання дало можливість виконувати визначення координат пунктів у режимі реального часу (RTK), а також проводити статичні спостереження для отримання високоточних геодезичних даних.



Рис. 2.6 Ілюстрація комплекту GNSS-приймача Leica GS07 та контролера Leica CS20

Знімання ситуації та рельєфу місцевості виконували електронним тахеометром Stonex R20. Прилад забезпечує автоматизоване вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів, похилих відстаней та просторових координат точок, що дозволяє ефективно виконувати топографічні роботи в польових умовах.

Використання сучасних геодезичних технологій та високоточного обладнання сприяло підвищенню продуктивності польових робіт, забезпеченню

необхідної точності вимірювань і отриманню якісних вихідних даних для подальшого створення цифрового топографічного плану.

Даний приймач працює з супутниковими системами типу GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou, QZSS, SBAS. Кількість каналів складає 320. Час ініціалізації складає 6 секунд. Маса приймача – 0,7 кг. Точність позиціонування приймача наведена у табл. 2.1.

Згідно з технічними характеристиками GNSS-приймача Leica GS07, точність визначення координат у статичному режимі становить 3 мм + 0,5 ppm у плані та 6 мм + 0,5 ppm у просторі. Під час роботи в мережевому RTK-режимі точність визначення координат складає 10 мм + 0,5 ppm у плановому положенні та 20 мм + 0,5 ppm за просторовими координатами. Такі характеристики забезпечують можливість використання приймача для створення планово-висотної геодезичної основи та виконання топографічного знімання масштабу 1:500 відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Таблиця 2.1

Точність позиціонування GNSS приймача Leica GS07 технічні характеристики точності GNSS-приймача:

Режим роботи	Точність
Точність 2D (статика)	3 мм + 0,5 ppm
Точність 3D (статика)	6 мм + 0,5 ppm
Точність 2D (RTK)	10 мм + 0,5 ppm (мережева)
Точність 3D (RTK)	20 мм + 0,5 ppm (мережева)

ppm (parts per million) — це похибка, яка залежить від довжини базової лінії: $[m = a + b * D]$ де: (a) — стала складова похибки (мм); (b) — коефіцієнт ppm; (D) — довжина базової лінії (км). Для відстані 2 км у режимі RTK: тобто планова точність становитиме приблизно **±11 мм**.

Зовнішній вигляд електронного тахеометра Stonex R20 зображено на рис. 2.7.



Рис. 2.7 Зовнішній вигляд тахеометра Stonex R20

Топографічне знімання території об'єкта робіт. Топографо-геодезичні роботи на досліджуваній території виконувалися із застосуванням супутникових та тахеометричних методів вимірювань. Основним способом визначення координат була технологія GNSS-позиціонування з використанням мережі базових референцних станцій GeoTerrace, що забезпечує отримання координат у державній системі УСК-2000 з високою оперативністю та точністю.

На підготовчому етапі проведено рекогносцирування ділянки, під час якого проаналізовано умови місцевості, оцінено особливості рельєфу та встановлено місця розташування геодезичних пунктів і стоянок приладів. За результатами обстеження було визначено три станції тахеометричного ходу,

розміщення яких забезпечувало надійний геодезичний зв'язок між точками та повне охоплення території знімання.

У місцях, де якість супутникового сигналу погіршувалася через забудову, густу рослинність або інші перешкоди, польові вимірювання виконувалися електронним тахеометром Stonex R20. За допомогою безвідбивачного режиму роботи здійснювалося визначення координат контурів будівель, огорож, елементів дорожньої інфраструктури та інших об'єктів ситуації без встановлення відбивача на кожній точці. Це дало змогу підвищити ефективність польових робіт і забезпечити необхідну точність результатів.

Після завершення знімальних робіт отримані матеріали було передано на камеральне опрацювання. Дані тахеометричних вимірювань завантажувалися до програмного середовища Grapher, де виконувалися контроль спостережень, обчислення координат та підготовка вихідної інформації для побудови цифрової моделі місцевості. Результати GNSS-вимірювань та тахеометричного знімання інтегрувалися в єдину систему просторових даних, яка використовувалася для створення топографічного плану масштабу 1:500.

Поєднання супутникових технологій із тахеометричними вимірюваннями дозволило забезпечити повноту знімання, підвищити достовірність отриманих даних та скоротити тривалість польових робіт. Отримані результати стали надійною основою для подальшого опрацювання просторової інформації та формування топографічної документації.



A	B (Easting) (m)	C (Northing) (m)	D (Height) (m)
1	0,000	0,000	0,000
2	5,705	-1,948	-0,330
3	5,703	-1,947	-0,330
4	-5,477	-9,717	0,152
5	-5,478	-9,717	0,152

Станція 1

№ точки	X, м	Y, м	Z, м
7	32,451	20,236	22,712

№ точки	X, м	Y, м	Z, м
8	32,449	20,237	22,713
9	33,848	29,554	24,473
10	33,839	29,559	24,473
11	21,389	28,883	23,602
12	21,388	28,884	23,602
13	10,265	39,952	24,854
14	15,524	34,912	24,240
15	19,310	38,195	24,892
16	18,536	40,735	24,870
17	22,624	36,278	24,933
18	23,923	35,331	25,578
19	23,505	34,132	23,297
20	22,505	36,043	24,511
21	15,256	30,997	25,389

Станція 2

№ точки	X, м	Y, м	Z, м
26	24,269	24,269	24,269
27	32,292	30,208	22,843
28	32,292	30,208	22,843
29	21,520	27,952	22,941
30	21,521	27,952	22,941
31	23,609	20,150	23,288
32	23,610	20,152	23,288
33	22,432	2,956	28,251
34	28,915	9,377	25,534
35	36,759	1,597	26,387
36	17,545	28,130	26,033
37	22,674	32,879	23,960
38	20,853	37,008	26,615
39	25,443	41,769	26,530

Прив'язку режиму RTK проводили до пунктів мережі перманентних ГНСС-станцій Geoterrace. Координати в м 325 точок, отримані із GPS-спостережень у режимі RTK

Станція 3

№ точки	X, м	Y, м	H, м
1	757.7323	99.9931	334.1639
2	757.7925	02.0521	334.2833
3	759.8293	03.0993	334.4814
4	760.6387	03.1119	334.6777
5	764.6482	03.2753	334.9819
6	766.0636	05.1378	335.1491
7	767.1845	04.8073	335.2872
8	772.7567	07.4021	335.4960
9	774.1944	08.8962	335.6895
10	782.9397	13.2808	336.4194
11	784.0858	14.1714	336.7236
12	781.7850	13.6687	336.3358
13	793.4197	18.8936	337.3129
14	793.1104	20.2019	338.6418
15	789.9859	99.6483	335.9702
16	790.2830	98.2383	335.9476
17	791.8543	00.0297	336.8029
84	812.3513	46.8503	341.9804
85	815.6811	36.6177	342.2064
86	819.8627	37.9279	342.2898
87	819.1168	31.2299	342.4420
88	809.0837	25.1995	341.4871
286	121.5243	318.5913	275.8542
287	125.3032	309.3755	276.0231
288	118.1989	303.2729	275.5475
289	134.0237	318.7283	276.0563
290	135.8669	313.6451	276.3875
291	148.3363	316.3254	276.6458
292	154.4826	318.9505	276.7055
293	154.4501	319.0194	276.4598
294	154.6915	318.2700	276.3790
295	153.3465	318.4588	276.4339
296	148.2867	316.2582	276.6105
297	144.2150	325.8966	276.9996

№ точки	X, м	Y, м	H, м
298	145.4462	335.4673	276.1595
299	144.3856	333.2273	276.1924
300	144.3858	333.2274	276.2002
301	144.3862	333.2317	276.2058
302	139.8196	320.4223	276.0447

Координати наведено в системі УСК-2000, висоти – у Балтійській системі висот 1977 року.

Одночасно з виконанням топографічного знімання здійснювалося ведення польового абрису. Використане геодезичне обладнання забезпечувало можливість безпосередньо під час вимірювань керувати шарами та присвоювати об'єктам відповідні умовні позначення з автоматичним збереженням пікетних точок у пам'яті приладу. Усі прилади, що застосовувалися під час робіт, пройшли сертифікацію та метрологічну повірку, що гарантує достовірність отриманих результатів. Горизонтальні кути вимірювалися методом повного прийому. Різниця між значеннями кутів, отриманими у двох напівприйомах, не перевищувала допустимого значення 20". Контроль точності кутових вимірювань здійснювався шляхом визначення кутової нев'язки.

Лінійні вимірювання виконувалися у прямому та зворотному напрямках, що дало змогу забезпечити контроль їхньої точності. Вертикальні кути визначалися при двох положеннях вертикального круга в обох напрямках спостережень. Різниця між значеннями перевищень, отриманими за результатами вимірювань, не перевищувала допустимого значення 20 мм.

Контроль точності висотних вимірювань здійснювали шляхом обчислення граничної висотної нев'язки.

Усі результати польових вимірювань зберігалися у внутрішній пам'яті та на флеш-накопичувачі електронного тахеометра. Після завершення польових робіт дані щоденно переносили на персональний комп'ютер для подальшого опрацювання в програмному комплексі Digitalis.

Середня квадратична похибка визначення координат точок за результатами тахеометричного знімання відповідає вимогам чинних

нормативних документів та забезпечувала необхідну точність створення топографічного плану масштабу 1:500.

Камеральне опрацювання матеріалів знімання та побудову цифрового топографічного плану з перерізом рельєфу через 0,5 м виконували за допомогою програмного забезпечення Digitala із використанням модуля Geodesy. Програмний комплекс містить низку додаткових модулів, які можуть застосовуватися як у версії Digitala Standard, так і у Digitala Professional для розширення функціональних можливостей під час обробки геодезичних даних.

На початковому етапі камеральних робіт виконували імпорт результатів вимірювань з електронного тахеометра на комп'ютер. Для опрацювання польових спостережень відповідний файл завантажували до модуля Geodesy, де здійснювали перевірку, систематизацію та обробку отриманих даних.

Після завершення обчислень результати експортували до основного модуля Digitala у форматі DMF за допомогою команди «Файл – Експорт».

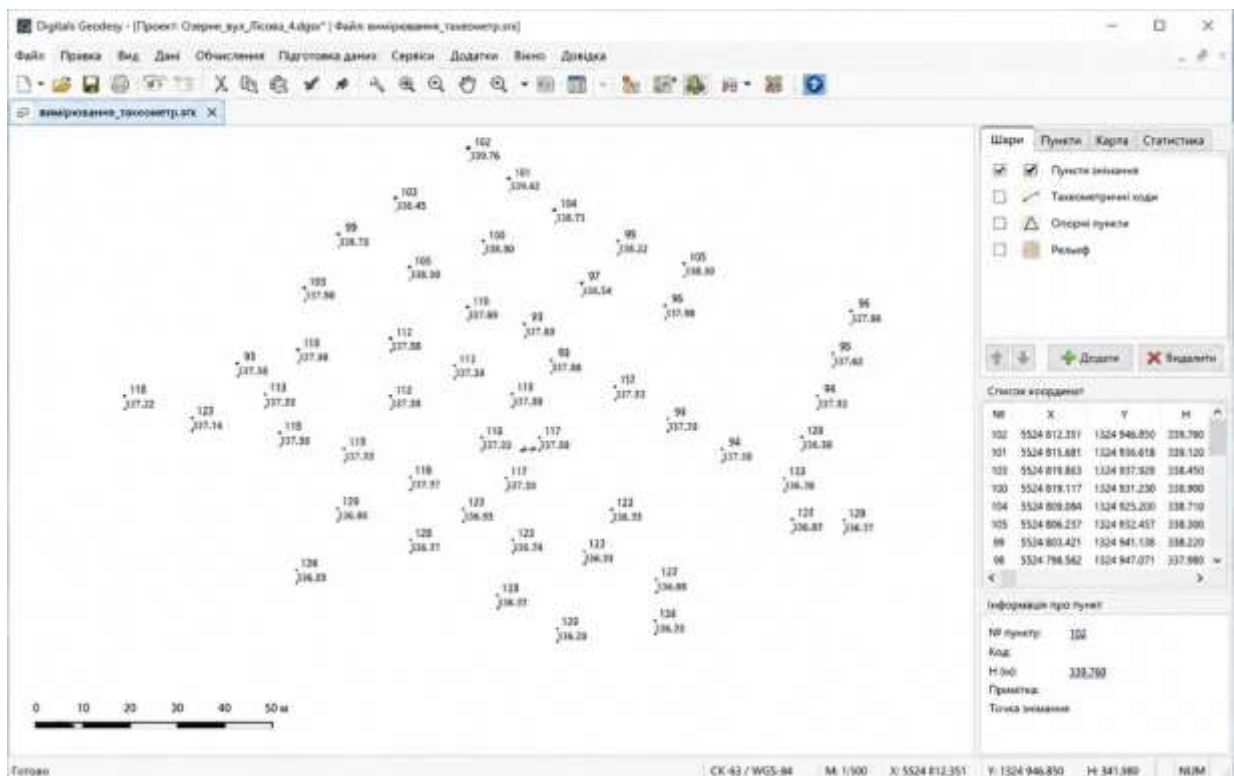


Рис. 2.6 Дані геодезичних вимірювань, експортовані до програмного комплексу Digitala

Після імпорту матеріалів відкривали електронний абрис і на його основі виконували векторизацію ситуації місцевості. Для відображення об'єктів

використовували відповідні картографічні шари та умовні знаки згідно з вимогами до топографічних планів масштабу 1:500.

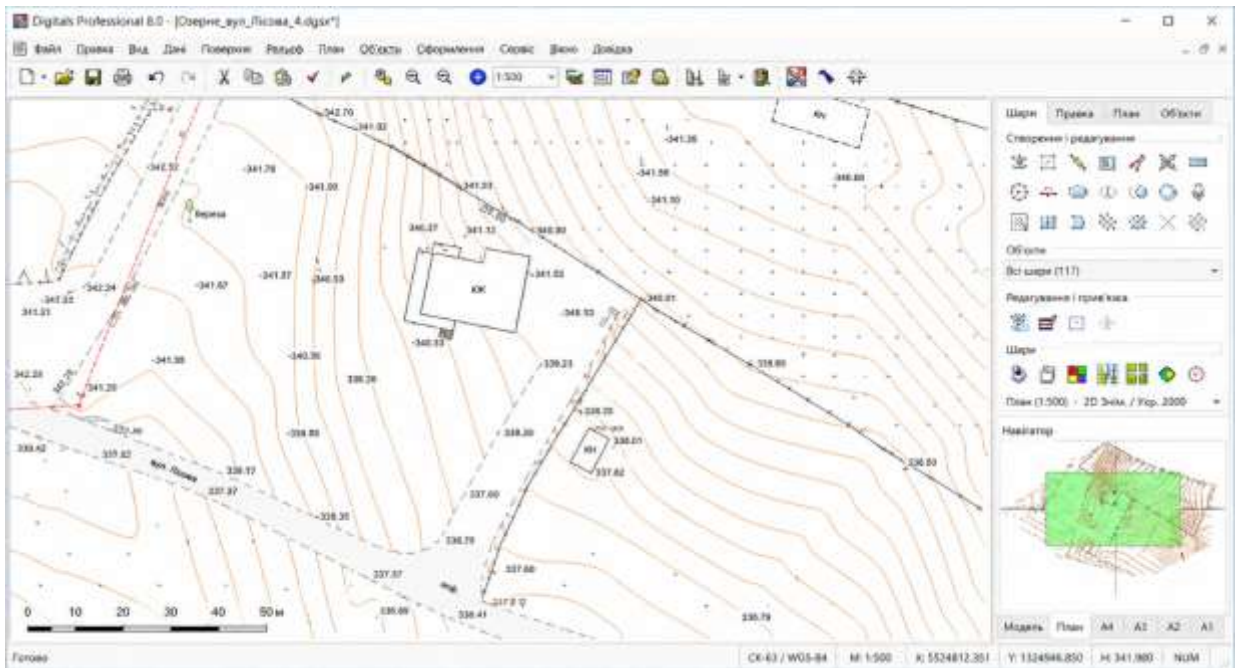


Рис. 2.7 Робоче вікно програмного забезпечення Digital під час створення цифрового топографічного плану

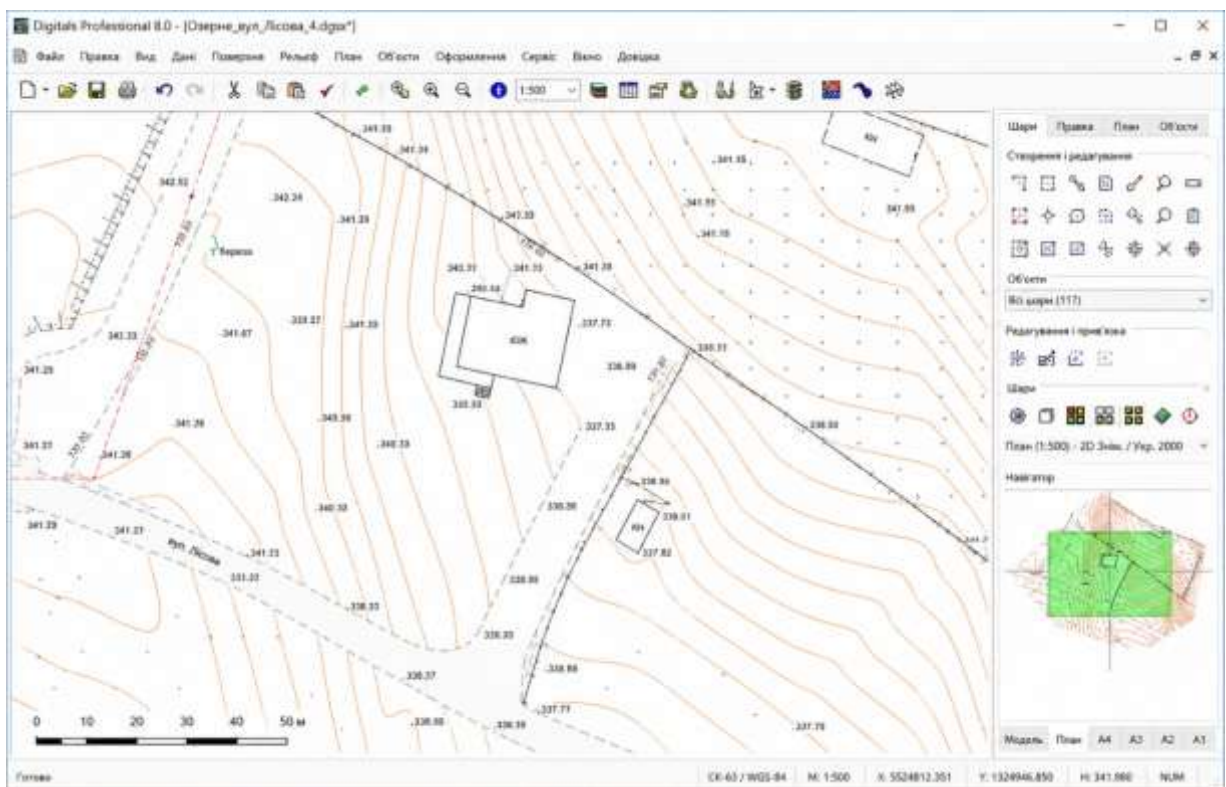


Рис. 2.8 Загальний вигляд топографічного плану масштабу 1:500, створеного у програмному середовищі Digital

На завершальному етапі здійснювали підписування об'єктів, нанесення характеристик покриттів, будівель і споруд, а також згладжування горизонталей цифрової моделі рельєфу.

Готовий інженерно-топографічний план експортували у формат DWG, що забезпечує його подальше використання у проєктних організаціях та сумісність із сучасними системами автоматизованого проєктування.

На завершальному етапі камеральних робіт виконували остаточну перевірку та оцінювання точності результатів польових вимірювань, формували технічний звіт і комплект графічних матеріалів. Після погодження документацію передавали замовнику, а звітні матеріали – до відповідних державних картографо-геодезичних фондів.

3 ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ТА ОЦІНКА ЯКОСТІ ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ МАСШТАБУ 1:500 ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ

3.1 Вихідні матеріали та характеристика об'єкта проектування

У сучасних умовах розвитку житлового будівництва та вдосконалення містобудівної діяльності особливого значення набуває забезпечення проєктувальників актуальними топографо-геодезичними матеріалами. Одним із найважливіших джерел просторової інформації є топографічний план масштабу 1:500, який використовується під час розроблення детальних планів території, проєктування житлової забудови, інженерних мереж, транспортної інфраструктури та об'єктів благоустрою.

Відповідно до технічного завдання на виконання топографо-геодезичних робіт було проведено топографічне знімання території, розташованої в селі Озерське Львівської області. Роботи виконувалися в державній системі координат УСК-2000 та Балтійській системі висот 1977 року. Результатом робіт стало створення цифрового топографічного плану масштабу 1:500, який використовувався для аналізу його точності та повноти при проєктуванні житлової забудови.

Під час підготовчого етапу було виконано рекогносрування території та проаналізовано наявні картографічні матеріали. Встановлено, що на досліджувану територію розроблено детальний план території, який використовувався як допоміжний матеріал для оцінювання повноти створеного топографічного плану та перевірки відповідності розташування основних об'єктів місцевості.

Район виконання робіт характеризується переважно малоповерховою житловою забудовою, наявністю земельних ділянок різного функціонального призначення, вулично-дорожньої мережі, інженерних комунікацій та елементів благоустрою. Рельєф території є відносно спокійним, із незначними перепадами

висот, що забезпечує сприятливі умови для подальшого освоєння території та розвитку житлової забудови.

Для створення планово-висотної основи використовувалися GNSS-приймачі з підключенням до мережі постійно діючих референцних станцій GeoTerrace. На ділянках, де супутникові спостереження були обмежені забудовою або рослинністю, додатково застосовувався електронний тахеометр. Таке поєднання технологій дозволило забезпечити необхідну точність визначення координат та висот характерних точок місцевості.

Тахеометричне знімання виконувалося з використанням електронного тахеометра, який забезпечував автоматичне визначення горизонтальних і вертикальних кутів, похилих відстаней та просторових координат точок. Вимірювання кутів здійснювалися повними прийомами, а лінійні вимірювання виконувалися у прямому та зворотному напрямках з контролем отриманих результатів.

Під час польових робіт здійснювалося закріплення знімальних точок, ведення польового абрису та кодування об'єктів місцевості безпосередньо у пам'яті приладу. Це забезпечило підвищення ефективності камерального опрацювання та зменшення ймовірності помилок при формуванні цифрового топографічного плану.

Камеральне опрацювання матеріалів виконували у програмному комплексі Digitals. На цьому етапі проводили перевірку результатів вимірювань, обчислення координат і висот точок, створення цифрової моделі місцевості та формування топографічного плану масштабу 1:500. Для відображення об'єктів використовувалися умовні знаки відповідно до чинних нормативних документів, що регламентують створення великомасштабних топографічних планів.

Отриманий цифровий топографічний план став основою для подальшого аналізу його точності та повноти, а також для оцінювання можливості використання матеріалів знімання при проектуванні житлової забудови на території села Озерське.

3.2 Вимоги до точності та повноти топографічного плану масштабу 1:500

Створення топографічного плану масштабу 1:500 виконувалося відповідно до вимог чинної нормативної документації України. Під час виконання робіт дотримувалися положень Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000–1:500, Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», а також інших нормативно-технічних документів, що регламентують виконання інженерно-геодезичних вишукувань.

Вибір масштабу 1:500 обумовлений необхідністю отримання детальної інформації про ситуацію та рельєф території для подальшого проектування житлової забудови. Такий масштаб забезпечує відображення меж земельних ділянок, існуючих будівель і споруд, дорожньої мережі, елементів благоустрою, зелених насаджень та інженерних комунікацій.

Таблиця 3.1

Основні вимоги до точності топографічного плану масштабу 1:500

№	Показник	Значення
1	Гранична похибка планового положення точок	±0,10 м
2	Гранична похибка визначення висот	±0,05 м
3	Відстань між пікетами рельєфу	5–10 м
4	Переріз рельєфу	0,5 м
5	Мінімальна кількість пікетів на 1 га	не менше 250

Для створення планово-висотної основи використовувалися GNSS-приймачі з підключенням до мережі постійно діючих референцних станцій GeoTerrace та електронний тахеометр.

Таблиця 3.2

Вимоги до планово-висотного обґрунтування

№	Характеристика	Значення
1	Тип геодезичної мережі	GNSS та тахеометричні ходи
2	Відносна лінійна нев'язка	не більше 1:3000
3	Кутова нев'язка	не більше 15"
4	Довжина сторін ходу	100–300 м
5	Клас нівелювання	технічне

Поєднання супутникових і тахеометричних вимірювань забезпечило необхідну точність визначення координат та висот характерних точок місцевості.

Під час виконання топографічного знімання особлива увага приділялася повноті відображення елементів ситуації, які мають значення для проектування житлової забудови.

Таблиця 3.3

Вимоги до відображення об'єктів на топографічному плані

Тип об'єкта	Особливості відображення
Будівлі та споруди	Відображення всіх кутів та виступів
Межі земельних ділянок	Нанесення поворотних точок
Дороги та проїзди	Відображення крайок і осей
Огорожі	Фіксація кутів та переломів
Зелені насадження	Нанесення окремих дерев і груп рослинності
Інженерні мережі	Колодязі, люки, опори, камери
Рельєф	Горизонталі через 0,5 м

Контроль якості польових та камеральних робіт здійснювався шляхом повторних вимірювань окремих точок, перевірки нев'язок у геодезичних ходах та аналізу цифрової моделі місцевості.

Таблиця 3.4

Контроль точності виконаних робіт

Показник контролю	Допустиме значення
Різниця координат контрольних точок	$\leq 0,10$ м
Лінійна нев'язка ходу	$\leq 1:3000$
Кутова нев'язка	$\leq 15''$
Висотна нев'язка	$\leq 50\sqrt{L}$ мм
Розбіжність висот суміжних ділянок	$\leq 0,05$ м

Отримані результати контролю підтвердили відповідність створеного топографічного плану масштабу 1:500 нормативним вимогам щодо точності та повноти відображення ситуації і рельєфу, що забезпечує можливість його використання як вихідної основи для проектування житлової забудови на території села Озерське.

3.3 Знімальні роботи та побудова топографічного плану району проектування

Знімання ситуації та рельєфу виконувалося з точок планово-висотного обґрунтування відповідно до вимог чинних нормативних документів. Для обстеження колодязів, люків та інших елементів інженерної інфраструктури використовували лазерну рулетку та метрову рейку, що дало змогу підвищити оперативність польових робіт і забезпечити необхідну точність вимірювань.

Для топографічного знімання масштабу 1:500 гранична віддаль від пункту знімальної основи до контурної точки становить 750 м. Приймаючи середню квадратичну похибку вимірювання горизонтального кута ($m_{\beta} = 5''$), а середню квадратичну похибку вимірювання відстані ($m_d = 0,02$) м, визначимо середню квадратичну похибку положення пікетної точки за формулою:

$$m_P = \sqrt{\frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} d^2 + m_d^2} = \sqrt{\frac{5^2}{206265^2} 75000^2 + 2^2} = 2,7 \text{ см,}$$

де ($m_{\beta} = 5''$) — середня квадратична похибка вимірювання горизонтального кута між вихідним напрямком і напрямком на пікетну точку;

($m_d = 0,02$) м — середня квадратична похибка вимірювання горизонтального прокладання до пікетної точки;

($\rho'' = 206265''$) — кількість секунд в одному радіані;

($d = 750$) м — відстань від пункту знімальної основи до пікетної точки.

Отже, середня квадратична похибка визначення планового положення пікетної точки становить 0,027 м, або 2,7 см, що є значно меншим за допустиме значення для топографічного знімання масштабу 1:500. Це свідчить про достатню точність виконаних вимірювань та придатність отриманих результатів для створення топографічного плану.

Точність відображення рельєфу місцевості визначається масштабом топографічного знімання, висотою перерізу рельєфу та складністю рельєфних форм. Відповідно до чинних нормативних вимог, середня квадратична похибка

визначення висот точок рельєфу не повинна перевищувати від 1/4 до 1/3 висоти прийнятого перерізу рельєфу.

Для топографічного плану масштабу 1:500 на території села Озерське прийнято висоту перерізу рельєфу 0,5 м. Таким чином, для даного топографічного знімання допустима похибка визначення висот знаходиться в межах від 0,125 до 0,167 м. Фактична точність висотних визначень, отримана за результатами технічного нівелювання та тахеометричного знімання, є вищою за нормативно встановлені вимоги, що забезпечує достовірне відображення рельєфу місцевості та можливість використання топографічного плану для проектування житлової забудови.

Камеральне опрацювання результатів геодезичних вимірювань виконувалося із застосуванням ліцензійного програмного забезпечення Digital та Autodesk AutoCAD. На основі отриманих польових даних було сформовано цифровий топографічний план масштабу 1:500 у форматах *.dwg* та *.dxf* з прив'язкою до державної системи координат УСК-2000.

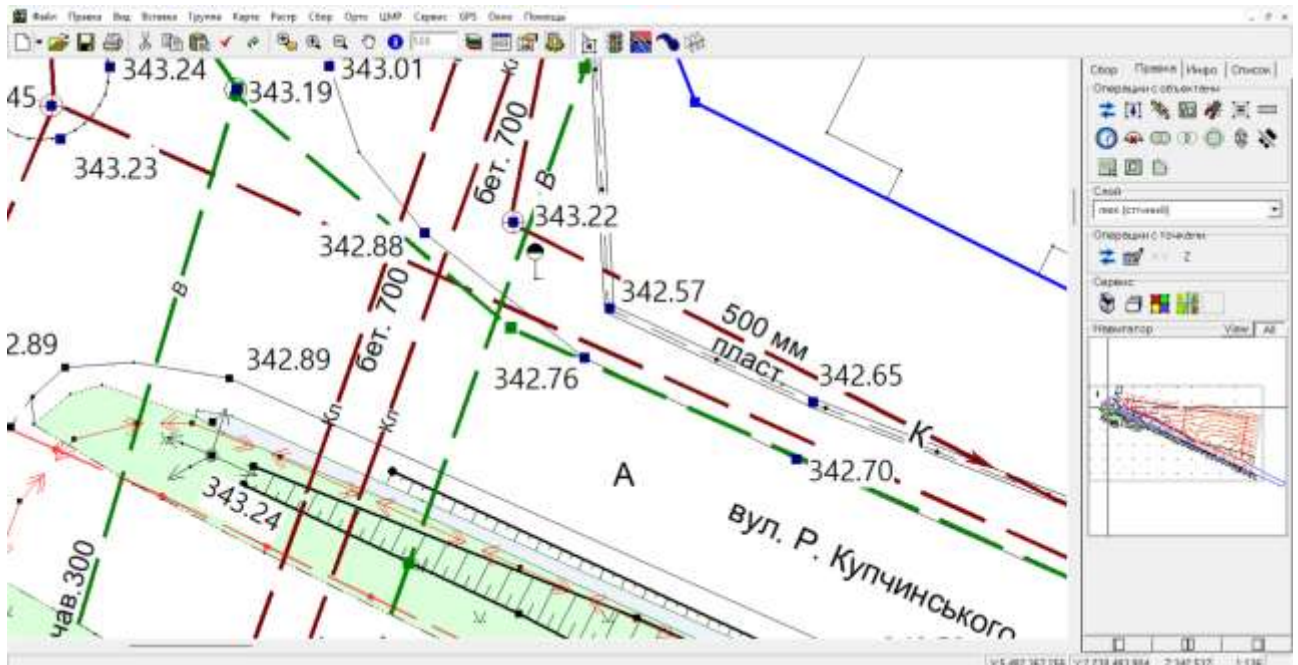


Рисунок 3.1 План з додаванням ситуаційних характеристик об'єктів знімання

Для підвищення ефективності камеральних робіт використовувалися спеціалізовані класифікатори об'єктів, які забезпечували автоматизоване

відображення елементів ситуації та рельєфу. Це дозволило прискорити процес створення плану та забезпечити єдині правила відображення зелених насаджень, дорожньої мережі, інженерних комунікацій, меж земельних ділянок, будівель і споруд.

Результатом виконаних робіт став цифровий топографічний план масштабу 1:500 (фрагмент якого наведено в додатках), що відповідає чинним нормативним вимогам щодо точності та повноти відображення об'єктів місцевості. План створено в електронному форматі з використанням сучасних геодезичних приладів і систем автоматизованого проектування, що забезпечує його сумісність із сучасними програмними комплексами.

Отримані матеріали можуть використовуватися як вихідна картографічна основа для проектування житлової забудови, інженерних мереж, об'єктів благоустрою та інших містобудівних рішень. Крім того, цифровий формат даних дозволяє інтегрувати результати робіт у геоінформаційні системи територіальних громад та використовувати їх для ведення містобудівного кадастру.

Таким чином, створення топографічного плану масштабу 1:500 є комплексним процесом, який поєднує польові вимірювання, камеральне опрацювання та цифрове моделювання території. Використання сучасних GNSS-технологій, електронних тахеометрів і спеціалізованого програмного забезпечення забезпечує високу точність результатів та створює надійну основу для подальшого проектування і розвитку території.

3.4 Аналіз точності та повноти топографічного плану масштабу 1:500 при проектуванні житлової забудови

Аналіз точності топографічного плану масштабу 1:500. Топографічний план масштабу 1:500 є основною інженерно-топографічною основою для проектування житлової забудови. Від його точності залежить правильність розміщення будівель, споруд, інженерних мереж, транспортної інфраструктури

та елементів благоустрою. Тому одним із найважливіших етапів дослідження є оцінювання точності створеного плану.

Топографічний план території села Озерське Львівської області був створений на основі результатів тахеометричного знімання та подальшого камерального опрацювання матеріалів у програмному комплексі Digital. Під час виконання польових робіт використовувалась геодезична основа, створена із застосуванням сучасних електронних приладів, що забезпечило отримання координат та висот з нормативною точністю.

Контроль точності виконувався на всіх етапах створення плану: під час побудови планово-висотної основи, виконання тахеометричного знімання, оброблення результатів вимірювань та формування цифрової моделі місцевості.

Оцінювання точності планового положення точок здійснювали за результатами зрівнювання тахеометричних ходів та аналізу нев'язок. Вимірювання горизонтальних кутів виконували одним повним прийомом, а лінійні вимірювання – у прямому та зворотному напрямках. Отримані результати підтвердили відповідність точності вимогам нормативних документів для створення топографічних планів масштабу 1:500.

Для даного масштабу середня квадратична похибка визначення положення контурних точок не повинна перевищувати 0,10 м відносно найближчих пунктів геодезичної основи. Аналіз отриманих результатів показав, що фактичні значення похибок знаходяться в межах допустимих величин.

Важливим показником якості топографічного плану є точність відображення рельєфу. Для її оцінювання було проаналізовано результати висотних вимірювань та виконано перевірку побудованої цифрової моделі місцевості.

Висоти пікетних точок визначалися за допомогою електронного тахеометра методом тригонометричного нівелювання. Контроль правильності визначення перевищень здійснювався шляхом виконання вимірювань у двох положеннях вертикального круга. Різниця між перевищеннями не перевищувала допустимого значення 20 мм.

У результаті аналізу було встановлено, що середня квадратична похибка визначення висот точок не перевищує $\pm 0,05$ м, що повністю відповідає вимогам до топографічних планів масштабу 1:500 з висотою перерізу рельєфу 0,5 м.

Таким чином, створений топографічний план забезпечує необхідну точність для виконання проєктних робіт на території майбутньої житлової забудови.

Аналіз повноти відображення ситуації. Під повнотою топографічного плану розуміють ступінь відображення всіх об'єктів місцевості, які можуть впливати на прийняття проєктних рішень. Для території житлової забудови особливо важливим є відображення існуючих будівель, дорожньої мережі, меж земельних ділянок, елементів благоустрою та інженерних комунікацій.

Аналіз створеного топографічного плану показав, що на ньому відображені всі основні елементи ситуації, необхідні для подальшого проєктування території. До них належать: існуючі житлові будинки та господарські споруди; автомобільні дороги та проїзди; межі земельних ділянок; огорожі; зелені насадження; елементи благоустрою; інженерні мережі та споруди; характерні точки рельєфу.

Під час польових робіт особлива увага приділялася фіксації контурів будівель та споруд. Визначення координат кутів будівель виконувалося з достатньою щільністю пікетних точок, що забезпечило можливість їх точного відображення на топографічному плані.

Усі елементи ситуації були нанесені з використанням чинних умовних знаків для топографічних планів масштабу 1:500. Це забезпечує однозначне трактування змісту плану під час його використання проєктними організаціями.

За результатами аналізу встановлено, що створений план повністю відповідає вимогам щодо змісту топографічних планів для цілей житлового будівництва.

Оцінка повноти відображення рельєфу. Одним із найважливіших елементів топографічного плану є рельєф місцевості. Від правильності його відображення залежить якість проєктування вертикального планування

території, прокладання інженерних мереж та організації поверхневого водовідведення.

На території досліджуваної ділянки рельєф характеризується наявністю плавних схилів та локальних перегинів поверхні. Для забезпечення достовірного відображення рельєфу пікетні точки розташовувалися по характерних лініях місцевості: вододілах; тальвегах; переломах схилів; біля дорожніх споруд; навколо будівель.

Завдяки достатній щільності пікетів було побудовано цифрову модель місцевості та сформовано горизонталі через 0,5 м.

Візуальний аналіз побудованих горизонталей показав відсутність різких розривів, самоперетинів або інших помилок, які могли б свідчити про недостатню кількість вихідних даних.

Створений рельєф достовірно відображає фактичний стан території та забезпечує можливість виконання інженерних розрахунків при проєктуванні житлової забудови.

Аналіз цифрової моделі місцевості. На основі результатів тахеометричного знімання у програмному середовищі Digitala було створено цифрову модель місцевості.

Цифрова модель місцевості являє собою сукупність просторових даних про рельєф та ситуацію території, що дозволяє виконувати різноманітні інженерні розрахунки.

Побудова моделі здійснювалася методом триангуляції нерегулярної мережі (TIN). Вихідними даними слугували координати та висоти пікетних точок, отримані в результаті польових вимірювань.

Перевірка моделі показала: відсутність помилкових трикутників; правильне проходження структурних ліній; коректне формування горизонталей; відповідність цифрової поверхні фактичному рельєфу місцевості.

Створена цифрова модель дозволяє виконувати: визначення поздовжніх і поперечних ухилів; проєктування вертикального планування; розрахунок

обсягів земляних робіт; моделювання поверхневого стоку; розміщення інженерних мереж.

Таким чином, цифрова модель місцевості є надійною основою для подальших проєктних робіт.

Відповідність топографічного плану вимогам проєктування житлової забудови. Проєктування житлової забудови потребує наявності актуальної та достовірної топографічної основи. Топографічний план масштабу 1:500 забезпечує необхідний рівень деталізації для розміщення житлових будинків, дорожньої мережі, інженерних комунікацій та об'єктів благоустрою.

Аналіз створеного плану показав, що його зміст повністю відповідає вимогам, які ставляться до вихідних даних для розроблення детального плану території. План містить усі необхідні дані для: визначення меж забудови; вибору місць розташування будівель; проєктування мереж водопостачання; проєктування каналізації; проєктування електромереж; організації дорожнього руху; благоустрою території; виконання вертикального планування.

Крім того, створений цифровий план може використовуватися як основа для створення геоінформаційної системи населеного пункту.

Порівняння отриманих результатів із нормативними вимогами. Порівняння отриманих характеристик топографічного плану з вимогами чинних нормативних документів показало їх повну відповідність.

Для масштабу 1:500 допустима середня квадратична похибка планового положення контурних точок становить до 0,10 м, а висотна похибка повинна забезпечувати достовірне проведення горизонталей з перерізом 0,5 м.

Результати проведених досліджень підтвердили, що створений топографічний план відповідає зазначеним вимогам як за точністю, так і за повнотою відображення ситуації та рельєфу.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що створений топографічний план масштабу 1:500 території села Озерське характеризується високою точністю та достатньою повнотою для використання під час проєктування житлової забудови. Планове та висотне положення об'єктів

відповідає нормативним вимогам, а побудована цифрова модель місцевості достовірно відображає рельєф території.

На плані відображені всі необхідні елементи ситуації, що забезпечує можливість розроблення детального плану території, проектування житлових будинків, інженерних мереж та об'єктів благоустрою. Отримані результати підтверджують придатність створеного топографічного плану як надійної картографічної основи для подальшого містобудівного проектування.

4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Раціональне використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки є важливими складовими сучасного містобудування. Під час проектування житлової забудови особливого значення набуває якісне топографо-геодезичне забезпечення, оскільки саме на основі топографічних планів приймаються рішення щодо розміщення будівель, інженерних мереж, транспортної інфраструктури та об'єктів благоустрою.

Топографічний план масштабу 1:500 є основною картографічною основою для розроблення проєктної документації на будівництво. Його точність і повнота безпосередньо впливають на правильність проєктних рішень, ефективність використання території та мінімізацію негативного впливу майбутньої забудови на довкілля.

Топографічний план масштабу 1:500 містить детальну інформацію про рельєф місцевості, існуючу забудову, інженерні комунікації, водні об'єкти, зелені насадження та інші елементи території. Наявність достовірних просторових даних дозволяє: раціонально використовувати земельні ресурси; зберігати існуючі зелені насадження; уникати забудови територій з несприятливими інженерно-геологічними умовами; забезпечувати ефективне водовідведення поверхневих вод; зменшувати ризик підтоплення територій; зберігати природний рельєф місцевості; оптимізувати розміщення транспортної та інженерної інфраструктури.

Використання актуального топографічного плану сприяє прийняттю екологічно обґрунтованих проєктних рішень та забезпечує збалансований розвиток території.

Топографо-геодезичні роботи належать до видів діяльності з мінімальним впливом на довкілля. Під час виконання польових вимірювань застосовуються сучасні GNSS-приймачі, електронні тахеометри та інше обладнання, що не створює значного екологічного навантаження.

Разом із тим можливими факторами впливу є:

- пересування транспортних засобів до місця проведення робіт;
- тимчасове порушення трав'яного покриву під час встановлення приладів;
- утворення незначної кількості побутових відходів;
- використання акумуляторних батарей та електронного обладнання.

Вказані впливи мають локальний та короточасний характер і не спричиняють суттєвих змін у природному середовищі.

Для забезпечення екологічної безпеки під час виконання геодезичних робіт необхідно дотримуватися таких заходів:

- використовувати існуючі дороги та під'їзди;
- не допускати пошкодження зелених насаджень;
- не залишати відходів на території виконання робіт;
- здійснювати збір та передачу відпрацьованих батарейок і акумуляторів на спеціалізовану утилізацію;
- мінімізувати використання паперової документації шляхом застосування цифрових технологій;
- дотримуватися правил пожежної безпеки під час роботи на відкритій місцевості.

Після завершення польових робіт територія повинна залишатися у стані, придатному для подальшого використання без необхідності проведення додаткових природоохоронних заходів.

Недостатня точність або неповнота топографічного плану можуть призвести до помилок під час проєктування житлової забудови та виникнення негативних екологічних наслідків.

Серед основних ризиків можна виділити:

- пошкодження існуючих інженерних мереж;
- порушення природного поверхневого стоку;
- підтоплення території забудови;
- знищення зелених насаджень;
- нераціональне використання земельних ресурсів;

- збільшення обсягів земляних робіт;
- погіршення санітарно-екологічних умов проживання населення.

Саме тому оцінка точності та повноти топографічного плану є важливим етапом підготовки вихідних даних для проєктування житлових кварталів та окремих житлових об'єктів.

Сучасні геоінформаційні системи дозволяють ефективно аналізувати просторові дані та враховувати екологічні фактори на стадії проєктування.

За допомогою цифрових моделей місцевості та геоінформаційних технологій можливо:

- виконувати аналіз рельєфу території;
- моделювати поверхневий стік вод;
- оцінювати вплив забудови на навколишнє середовище;
- здійснювати моніторинг змін землекористування;
- контролювати збереження зелених зон;
- оптимізувати розміщення об'єктів житлової забудови.

Використання цифрових технологій сприяє підвищенню якості проєктних рішень та забезпечує дотримання принципів сталого розвитку територій.

Топографо-геодезичні роботи, пов'язані зі створенням та аналізом топографічного плану масштабу 1:500, мають незначний вплив на навколишнє середовище. Водночас якість і повнота топографічної основи є важливими чинниками екологічно безпечного проєктування житлової забудови. Використання сучасних геодезичних приладів, цифрових технологій та геоінформаційних систем дозволяє забезпечити раціональне використання земельних ресурсів, збереження природних компонентів території та мінімізацію негативного впливу будівництва на довкілля.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці під час виконання топографо-геодезичних робіт є важливою умовою безпечного проведення польових і камеральних робіт. Для теми «Аналіз точності та повноти топографічного плану масштабу 1:500 при проєктуванні житлової забудови» особливе значення має безпечна організація знімання території, роботи з електронними геодезичними приладами та подальша обробка матеріалів на комп'ютері.

До виконання робіт допускаються працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, ознайомлені з правилами користування геодезичним обладнанням та знають порядок дій у разі виникнення небезпечних ситуацій.

Під час виконання топографічного знімання території житлової забудови на працівників можуть впливати такі фактори:

- рух транспортних засобів поблизу ділянки робіт;
- нерівності рельєфу, ями, траншеї, будівельні матеріали;
- несприятливі погодні умови;
- ризик ураження електричним струмом біля ліній електропередач;
- фізичне навантаження під час перенесення приладів;
- робота з електронними тахеометрами, GNSS-приймачами та акумуляторами;
- тривала робота за комп'ютером під час камеральної обробки.

Найбільшу небезпеку становлять роботи поблизу автомобільних доріг, будівельних майданчиків, інженерних мереж та відкритих котлованів.

Перед початком польових робіт необхідно провести рекогносцювання території, визначити небезпечні ділянки, перевірити справність приладів, штативів, рейок, акумуляторів та засобів зв'язку.

Під час виконання знімання забороняється встановлювати прилади на нестійких поверхнях, поблизу краю котлованів, траншей, відкритих люків або в місцях інтенсивного руху транспорту без попереджувальних знаків.

Працівники повинні бути забезпечені сигнальними жилетами, зручним взуттям, головними уборами та засобами захисту відповідно до умов виконання робіт. У разі роботи поблизу дороги необхідно виставляти попереджувальні знаки та дотримуватися безпечної відстані від проїзної частини.

Електронний тахеометр, GNSS-приймач, нівелір та інші прилади слід використовувати лише згідно з інструкціями виробника. Перед початком роботи необхідно перевірити справність обладнання, надійність закріплення приладу на штативі та заряд акумуляторів.

Під час роботи забороняється:

- переносити прилад, не закріпивши його в транспортному положенні;
- залишати обладнання без нагляду;
- працювати з пошкодженими кабелями або акумуляторами;
- встановлювати віхи та рейки поблизу повітряних ліній електропередач;
- виконувати вимірювання під час грози, сильного вітру або зливи.

Особливу увагу слід приділяти роботі з акумуляторами: їх потрібно заряджати у спеціально відведених місцях, не допускати перегрівання, механічного пошкодження та контакту з вологою.

Камеральна обробка результатів топографічного знімання виконується з використанням комп'ютерної техніки та спеціалізованого програмного забезпечення. Робоче місце повинно бути зручним, добре освітленим і відповідати санітарно-гігієнічним вимогам.

Монітор необхідно розміщувати на відстані 50–70 см від очей, клавіатуру — на зручній висоті, а робоче крісло має забезпечувати правильне положення тіла. Для зменшення втоми очей і м'язового напруження слід робити короткі перерви через кожні 1–2 години роботи.

Приміщення повинно регулярно провітрюватися, а електрообладнання має бути справним і підключеним відповідно до правил електробезпеки.

Під час виконання польових і камеральних робіт необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки. У приміщенні для обробки матеріалів повинні бути

первинні засоби пожежогасіння, справна електропроводка та вільні шляхи евакуації.

Забороняється перевантажувати електромережу, використовувати несправні подовжувачі, залишати ввімкнену техніку без нагляду та зберігати легкозаймисті матеріали поблизу джерел тепла.

Під час виконання робіт, пов'язаних з аналізом точності та повноти топографічного плану масштабу 1:500 для проєктування житлової забудови, основними небезпечними факторами є робота на відкритій місцевості, рух транспорту, наявність інженерних мереж, використання електронного обладнання та тривала камеральна обробка даних. Дотримання вимог охорони праці, правильна організація робочого місця, застосування засобів індивідуального захисту та справне обладнання забезпечують безпечне виконання геодезичних робіт.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано комплекс інженерно-геодезичних вишукувань з метою створення топографічного плану масштабу 1:500 з висотою перерізу рельєфу 0,5 м для території ділянки місцевості села Озерське, Яворівського району Львівської області. У процесі роботи здійснено польові геодезичні вимірювання, камеральне опрацювання результатів GNSS-спостережень і тахеометричного знімання, а також створено цифровий топографічний план у програмному середовищі Digital.

У ході дослідження проаналізовано сучасні методи виконання топографо-геодезичних робіт та встановлено, що використання GNSS-технологій у поєднанні з електронними тахеометрами забезпечує високу точність і продуктивність під час створення великомасштабних топографічних планів.

Для створення планово-висотної основи використано супутникові методи визначення координат у режимі RTK із підключенням до мережі постійно діючих референцних GNSS-станцій. На ділянках із обмеженим супутниковим сигналом додатково застосовувалося тахеометричне знімання. Такий підхід дозволив забезпечити нормативну точність визначення координат і висот характерних точок місцевості.

Під час виконання польових робіт проведено детальне знімання ситуації та рельєфу території. У результаті отримано координати пікетних точок, елементів забудови, дорожньої мережі, інженерних комунікацій та інших об'єктів місцевості. Для відображення рельєфу використано горизонталі з перерізом 0,5 м, що забезпечує достатню деталізацію для потреб проектування житлової забудови.

Камеральне опрацювання результатів вимірювань виконано у програмному забезпеченні Digital та AutoCAD. На основі отриманих даних побудовано цифрову модель місцевості та створено топографічний план масштабу 1:500 у форматах *.dwg* та *.dxf* у системі координат УСК-2000. Для автоматизації процесу побудови плану використовувалися класифікатори

об'єктів, що дозволило підвищити ефективність опрацювання даних і забезпечити коректне відображення елементів ситуації.

У роботі проведено аналіз точності та повноти створеного топографічного плану. Встановлено, що середня квадратична похибка визначення планового положення точок не перевищує допустимих значень для масштабу 1:500, а висотна точність відповідає вимогам до топографічного знімання з перерізом рельєфу 0,5 м. Аналіз повноти плану підтвердив наявність усіх необхідних елементів ситуації та рельєфу, що забезпечує можливість його використання для містобудівного проектування.

Отриманий топографічний план відповідає чинним нормативним вимогам та може бути використаний як вихідна картографічна основа для розроблення детального плану території, проектування житлової забудови, інженерних мереж і об'єктів благоустрою. Крім того, цифровий формат даних забезпечує можливість інтеграції матеріалів у геоінформаційні системи територіальної громади та використання їх для ведення містобудівного кадастру.

Таким чином, у результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи досягнуто поставленої мети та вирішено основні завдання, пов'язані зі створенням і аналізом топографічного плану масштабу 1:500 для потреб проектування житлової забудови.

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Digitals для Windows. Версія 5.0. Керівництво оператора. Ч. 2. Вінниця, 2002. 82 с.
2. Баран П. І. Інженерна геодезія : монографія. Київ : ПАТ «ВІПОЛ», 2012. 618 с.
3. Бугаєнко Л. М., Кучер О. В. Геодезичне забезпечення будівництва : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2018. 284 с.
4. Волосецький Б. І. Геодезія у природокористуванні : навч. посіб. 2-ге вид., випр. і доповн. Львів : Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2012. 292 с.
5. Волосецький Б. І. Інженерна геодезія : навч. посіб. Львів : Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2015. 208 с.
6. Геодезія. Частина перша : підручник / за ред. С. Г. Могильного, Ю. М. Гавриленка. 3-тє вид., випр. та доп. Донецьк : Технопарк ДонНТУ «УНІТЕХ», 2009. 514 с.
7. ДБН А.2.1-1:2014. Інженерні вишукування для будівництва. Київ : Мінрегіон України, 2014. 128 с.
8. ДБН Б.1.1-14:2012. Склад та зміст детального плану території. URL: <https://document.vobu.ua/wp-content/uploads/DBN/18.1.-DBN-B.1.1-142012.-Sklad-ta-zmist-detalnogo-planu.pdf> (дата звернення: 14.06.2026).
9. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3260441209981634046 (дата звернення: 14.06.2026).
10. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199686959802877315?doc_type=2 (дата звернення: 14.06.2026).
11. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів : ДСП 173-96. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=467053 (дата звернення: 14.06.2026).

12. ДСТУ 9154:2021. Настанова щодо виконання інженерно-геодезичних вишукувань для будівництва. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. 98 с.

13. ДСТУ Б Б.1.1-7:2013. Склад та зміст проектної документації. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=29369 (дата звернення: 14.06.2026).

14. Закон України «Про Державний земельний кадастр» від 07.07.2011 № 3613-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17> (дата звернення: 14.06.2026).

15. Закон України «Про Національну інфраструктуру геопросторових даних» від 13.04.2020 № 554-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20> (дата звернення: 14.06.2026).

16. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» від 17.02.2011 № 3038-VI. URL: https://kyivblagoustrii.kmda.gov.ua/images/lenapublications/normativka/zakon_misto.pdf (дата звернення: 14.06.2026).

17. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 23.12.1998 № 353-XIV.

18. Земельний кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> (дата звернення: 14.06.2026).

19. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. ГКНТА-2.04-02-98. Київ, 1999. 155 с.

20. Інструкція про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних та картографічних робіт : наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру України від 17.02.2000 № 19.

21. Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:5000, 1:2000 та 1:1000. Київ : Укргеодезкартографія, 2000. 68 с.

22. Палеха Ю. М. Містобудівне кадастрове забезпечення територіального розвитку населених пунктів : монографія. Київ : Логос, 2014. 312 с.

23. Перович Л. М., Перович Л. Л. Кадастр територій : підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. 264 с.

24. Поляковська Л. Л. Методи визначення координат пунктів з GPS-спостережень : методичні рекомендації. Львів : ЛНАУ, 2015. 28 с.

25. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру : Постанова Кабінету Міністрів України від 17.10.2012 № 1051. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-%D0%BF> (дата звернення: 14.06.2026).

26. Черняга П. Г., Бялик І. М., Янчук Р. М. Супутникова геодезія : навч. посіб. 2-ге вид. Рівне : НУВГП, 2014. 222 с.