

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА**

Географічний факультет

Кафедра геодезії, картографії та управління територіями

**Геодезичні методи визначення меж земельної ділянки та їх
практичне застосування на прикладі приватної території**

Кваліфікаційна робота

Рівень вищої освіти - другий (магістерський)

Виконав:

студент II курсу, групи 208-М

спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

ОПП «Геодезія»

Перч Дмитро Анатолійович

Керівники :

д.тех.н., проф. Перович Лев Миколайович

та асистент Сабадаш Володимир Ілліч

До захисту допущено:

протокол засідання кафедри № 3

від «18» «листопада» 2025 р.

Зав. кафедрою _____ доц. Костянтин ДАРЧУК

Чернівці – 2025

АНОТАЦІЯ

Перч Д.А «Геодезичні методи визначення меж земельної ділянки та їх практичне застосування на прикладі приватної території» - Кваліфікаційна робота освітнього рівня - магістр. На правах рукопису. Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій». Чернівці, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена встановленню та відновленню меж приватної земельної ділянки з використанням GNSS-обладнання та RTK-технологій. Метою дослідження є аналіз методики виконання GNSS-знімання, перевірки результатів та винесення координат поворотних точок у натуру. У роботі виконано повний цикл польових геодезичних робіт, здійснено оцінку точності вимірювань і впливу умов знімання. Результати підтверджують ефективність GNSS-технологій для кадастрових робіт у приватному землеволодінні.

Ключові слова: GNSS, RTK, межі земельної ділянки, винесення в натуру, координати, СК-63, кадастрова зйомка.

ABSTRACT

Perch D.A. *Geodetic Methods for Determining Land Parcel Boundaries and Their Practical Application on the Example of a Private Territory*. Master's Thesis. Manuscript. Specialty 193 "Geodesy and Land Management". Chernivtsi, 2025.

The qualification thesis is devoted to the establishment and restoration of the boundaries of a private land parcel using GNSS equipment and RTK technology. The purpose of the study is to analyze the methodology of GNSS surveying, result verification, and the staking-out of boundary point coordinates in the field. A full cycle of field geodetic works was performed, including accuracy assessment and analysis of surveying conditions. The obtained results confirm the effectiveness of GNSS technologies for cadastral surveys in private land ownership.

Keywords: GNSS, RTK, land parcel boundaries, staking-out, coordinates, SK-63, cadastral surveying.

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів наукових досліджень інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Дмитро ПЕРЧ

Заява

(Студент) Перч Дмитро Анатолійович

Номер студентської книжки:

Я заявляю, що наукова робота: «Геодезичні методи визначення меж земельної ділянки та їх практичне застосування на прикладі приватної території»

1) Була підготовлена виключно мною, і:

А. Не порушує авторські права третіх осіб у відповідність із законом про авторське право.

Б. Повністю або частково була використана в якості основи для отримання диплому про вищу освіту або наукового ступеня мною чи іншою особою.

2) Крім того, я заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи збігається з друкованою.

Даною заявою я підтверджую, що був, (-ла) проінформований, (-а) про права та обов'язки студента,(-ки) Університету, про правила, що стосуються перевірки оригінальності наукових робіт. Тому я заявляю, що я згоден,(-на) на обробку моїх письмових робіт у відповідності з антиплагіатними процедурами Університету, а також на архівування цих робіт в базі даних інтернет системи Turnitin Similarity згідно з антиплагіатними правилами і процедурами Університету.

Я також свідомий, (-ма) того, що у випадку, якщо робота написана мною, за рішенням Комісії університету буде містити факти, які суперечать умовам зазначеним у цій заяві, або, якщо коефіцієнти виходять за межі гранично допустимих норм (згідно **Додатку 2**), робота буде повернута на доопрацювання.

Дата

Підпис

***Беручи до уваги істотний внесок з боку керівника наукової роботи**

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЗАКРІПЛЕННЯ МЕЖ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК З ВИКОРИСТАННЯМ GNSS-ТЕХНОЛОГІЙ	7
1.1.Геодезичні принципи визначення меж земельних ділянок	7
1.2.Системи координат, застосовувані у кадастрових та геодезичних роботах	12
1.3. GNSS-технології у геодезії та кадастрі.....	17
1.4.Геодезичне забезпечення визначення та закріплення меж земельних ділянок.....	Помилка! Закладку не визначено.
1.5. Правове забезпечення визначення та закріплення меж земельних ділянок.....	34
РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНЕ ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЗАКРІПЛЕННЯ МЕЖ ЗЕМЕЛЬНОЇ ДІЛЯНКИ.	36
2.1.Опис земельної ділянки та обладнання, що використовувалось у роботі.....	38
2.2.Створення проєкту та підготовка робочого середовища в Trimble Access	41
2.3.Процес GNSS-зйомки поворотних точок земельної ділянки..	45
2.4.Перевірка отриманих результатів та оцінка точності польової зйомки.....	55
2.5.Винесення меж земельної ділянки в натуру за відомими координатами.....	58
2.6.Перевірка винесення меж у натуру та оцінка точності виконаних робіт.....	64
Висновки до 2 розділу.	66
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	70

ВСТУП

Сучасний розвиток геоінформаційних технологій, супутникових навігаційних систем та цифрових методів опрацювання просторових даних суттєво змінює підходи до виконання геодезичних робіт в Україні. Однією з найважливіших сфер їх застосування є визначення, уточнення та закріплення меж земельних ділянок. Від точності цих робіт залежить не лише коректність ведення державного земельного кадастру, але й правомірність землекористування, уникнення конфліктів між суміжниками, а також можливість подальшого будівництва чи оформлення правовстановлюючої документації.

У практиці землеустрою та кадастру значну роль відіграють GNSS-технології, які дозволяють отримувати координати поворотних точок ділянок з високою точністю у режимі реального часу. Саме метод RTK, що забезпечує сантиметрову точність визначення координат, сьогодні є базовим інструментом для виконання більшості польових кадастрових робіт. Завдяки GNSS-приймачам сучасного покоління, таким як Trimble R10, геодезист має можливість швидко та якісно проводити зйомку, перевіряти конфігурації меж і виконувати винесення поворотних точок у натуру без необхідності застосування класичних тахеометричних методів.

Водночас, проведення таких робіт у сучасних умовах наштовхується на низку правових та технічних обмежень. Після введення воєнного стану доступ до публічних кадастрових даних був суттєво обмежений, що унеможливило використання відкритих координат поворотних точок ділянок та їх меж у камеральних і польових процесах. У такій ситуації особливо важливою стає робота з наявною технічною документацією, яка містить офіційні координати меж, а також правильне використання GNSS-технологій для їх перевірки, уточнення та відтворення у натурі. Це висуває нові вимоги до компетентності виконавця, правильності вибору системи координат, а також до організації польових робіт.

Актуальність виконання даного дослідження також пов'язана з необхідністю забезпечення точності та законності землекористування. Помилки у визначенні меж земельних ділянок можуть призвести до юридичних спорів між власниками, відмов у проведенні державної реєстрації прав або до необхідності повторних дороговартісних робіт. Саме тому правильна методика визначення та винесення меж, а також розуміння правових обмежень і чинників, що впливають на точність вимірювань, є невід'ємною частиною підготовки фахівця геодезичної галузі.

Метою даної магістерської роботи є дослідження та практична реалізація методики визначення та закріплення меж земельної ділянки з використанням GNSS-технологій у сучасних умовах. У роботі розглянуто теоретичні основи координатних систем, принципи роботи супутникових навігаційних приймачів, правові аспекти проведення земельно-кадастрових робіт, а також виконано повний комплекс польових процедур, включно зі зйомкою, перевіркою результатів та винесенням меж у натуру.

Об'єктом дослідження є процес геодезичного забезпечення визначення та винесення меж земельної ділянки.

Предметом дослідження є застосування GNSS-обладнання для визначення координат поворотних точок та їх подальшого закріплення на місцевості.

Практична частина роботи виконана на реальному прикладі приватної земельної ділянки, що дозволило перевірити ефективність методики, оцінити точність результатів та показати особливості виконання геодезичних робіт у реальних умовах, включно з правовими та організаційними обмеженнями, характерними для періоду воєнного стану.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА ЗАКРІПЛЕННЯ МЕЖ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК З ВИКОРИСТАННЯМ GNSS- ТЕХНОЛОГІЙ

1.1. Геодезичні принципи визначення меж земельних ділянок

1.1.1. Поняття межі та поворотних точок

Межа земельної ділянки — це лінія, що визначає просторові межі правомірного користування земельною ділянкою та відокремлює її від суміжних територій. Вона закріплює фактичний та юридичний обсяг земельної ділянки та слугує основою для визначення її конфігурації, площі, розташування та правового статусу. Межа є одним із ключових елементів земельного кадастру, оскільки від правильності її визначення залежить точність державної реєстрації прав, можливість здійснення будівництва, встановлення огорожі та запобігання виникненню мезових спорів.

Основою межі є поворотні точки — визначені у встановленому порядку координовані точки, у яких змінюється напрям межі. Саме через послідовність поворотних точок формується контур земельної ділянки. Кількість таких точок залежить від складності конфігурації ділянки: для прямокутних або квадратних ділянок їх мінімальна кількість — чотири, а для ділянок складної форми поворотних точок може бути значно більше.

Для закріплення меж та поворотних точок на місцевості використовують межеві знаки. Межевий знак — це спеціально встановлений елемент, що позначає просторове положення поворотної точки межі та забезпечує її стабільність у часі. Межеві знаки можуть бути тимчасовими або постійними. Постійні межеві знаки виготовляють із довговічних матеріалів — заліза, бетону, металевих штифтів із маркуванням. Тимчасові можуть бути у вигляді дерев'яних кілків або пластикових маркерів, що застосовуються переважно під час польових геодезичних робіт.

За своїм призначенням межеві знаки поділяють на:

- основні — встановлені в поворотних точках меж;

- допоміжні — використовуються для орієнтування або уточнення межових ліній;
- відновлювальні — встановлюються у випадку втрати основного знака та відтворюють його положення за документальними або геодезичними матеріалами.

У геодезичній практиці розрізняють також юридичні та геодезичні поворотні точки.

Юридичні точки — це точки, закріплені в офіційній технічній документації та внесені до Державного земельного кадастру. Вони визначають межі ділянки відповідно до правовстановлюючих документів.

Геодезичні точки — це точки, виміряні на місцевості у результаті проведення зйомки, які можуть потребувати уточнення або узгодження з юридичними даними.

В умовах відсутності кадастрового доступу або втрати межових знаків особливого значення набувають саме геодезичні точки, отримані під час польових вимірювань за допомогою GNSS-технологій. Вони дозволяють встановити положення меж у натурі з точністю, достатньою для уточнення або відтворення межових знаків, за умови що польові дані відповідають вимогам точності та проходять камеральну перевірку.

Таким чином, межа та її поворотні точки є фундаментальними елементами геодезичного забезпечення земельних ділянок, а правильне їх визначення є обов'язковою умовою законного землекористування та запобігання межовим конфліктам.

1.1.2. Геодезичні вимоги до точності визначення меж

Точність визначення меж земельних ділянок є одним із ключових критеріїв якісного виконання геодезичних робіт. Відповідність вимірювань установленим нормам визначає коректність даних, що вносяться до державного земельного кадастру, а також забезпечує юридичну правильність встановлення та відновлення межових знаків. Точність координат поворотних

точок безпосередньо впливає на площу ділянки, форму контуру та відповідність фактичного землекористування законодавству.

Допустимі похибки

У практиці кадастрових та землеустроєвих робіт застосовуються норми точності, визначені чинними нормативними документами (ДСТУ та інструкціями з проведення геодезичних вимірювань). Спотворення координат поворотних точок на кілька сантиметрів можуть бути допустимими, якщо вони не впливають на площу ділянки та не спричиняють зміни конфігурації межі. Для більшості кадастрових робіт допустимою вважається середньоквадратична похибка визначення координат у межах 0,05–0,10 м. Така точність є достатньою для встановлення меж у натурі, особливо при використанні GNSS-технологій у режимі RTK.

Похибки понад 0,10–0,15 м можуть бути критичними, оскільки здатні призвести до:

- налягання меж на суміжні ділянки;
- невідповідності існуючим межовим знакам;
- спотворення площі;
- виникнення юридичних спорів між землекористувачами.

Саме тому під час польових робіт необхідно суворо контролювати параметри точності вимірювань, зокрема PDOP, FIX-рішення та якість супутникового сигналу.

Вплив місцевості, рельєфу та перешкод

Точність визначення меж залежить не лише від приладу, але й від умов, у яких виконується зйомка. До основних факторів, що впливають на GNSS-вимірювання, належать:

- рельєф місцевості — схили, западини та перепади висот погіршують прийом супутникового сигналу;
- перекриття сигналу — густі дерева, будівлі, навіси, металеві конструкції;
- відбиття сигналу (мультипут) — від металевих поверхонь, дахів, стін;

- іоносферні та тропосферні збурення — особливо у періоди радіоактивної активності.

Перешкоди можуть викликати нестабільність сигналу, збільшення PDOP та перехід приймача з FIX у FLOAT, що значно знижує точність вимірів. У таких умовах рекомендується:

- обирати відкриті точки;
- збільшувати час фіксації;
- робити повторні вимірювання;
- використовувати дані технічної документації для порівняння результатів.

Окремий вплив має сезонність: взимку листя відсутнє, тому сигнал чистіший; влітку густе листя може суттєво погіршити прийом супутників.

Стабільність межових знаків

Межові знаки мають відповідати вимогам довговічності та стабільності. Вони повинні:

- зберігати положення в ґрунті протягом тривалого часу;
- бути достатньо жорстко закріпленими;
- мати чітке маркування;
- не зміщуватися внаслідок погодних умов чи людського втручання.

Нестабільність межового знака (наприклад, через просідання ґрунту, ерозію чи випадкове його переміщення) може спричинити суттєві розбіжності між юридичними та фактичними межами. У таких випадках виникає необхідність у відновленні межового знака, що здійснюється на основі:

- технічної документації,
- координатних даних,
- історичних матеріалів,
- погодження із суміжниками.

Таким чином, точність визначення меж залежить як від технічних параметрів вимірювань, так і від зовнішніх факторів. Висока якість польових робіт, правильний вибір обладнання та врахування місцевих умов забезпечують

відповідність виміряних меж юридично встановленим координатам і дозволяють уникнути помилок, що можуть мати правові наслідки.

1.1.3. Етапи проведення геодезичних робіт для встановлення меж

Процес встановлення меж земельної ділянки складається з послідовності геодезичних дій, кожна з яких має важливе значення для досягнення необхідної точності та відповідності вимірювань нормативним вимогам. Роботи виконуються у чотири основні етапи: підготовчий, польовий, камеральний та етап закріплення меж на місцевості.

Підготовчі роботи

На підготовчому етапі здійснюється збирання та аналіз вихідних даних. До таких матеріалів належать: технічна документація на земельну ділянку, кадастрова інформація (за можливості доступу), архівні матеріали, акти погодження меж, дані про суміжних землекористувачів. Визначаються система координат, порядок виконання робіт, попередні межі та можливі розбіжності. Також проводиться зовнішній огляд ділянки для орієнтування у фактичному розташуванні межових знаків.

Польова зйомка

Польові роботи передбачають визначення координат поворотних точок межі за допомогою геодезичного обладнання. Сучасним стандартом для таких робіт є використання GNSS-технологій у режимі RTK, що забезпечує сантиметрову точність у реальному часі. Під час зйомки виконуються вимірювання всіх поворотних точок ділянки, контроль точності за допомогою показників PDOP та FIX, а також оцінка впливу місцевих умов на результат. Мета польового етапу — отримати достовірні координати фактичних меж ділянки.

Камеральний аналіз

Камеральний етап включає опрацювання отриманих у полі даних, перевірку їх точності та відповідності технічній документації. Виконується оцінка конфігурації ділянки, розрахунок площі, аналіз правильності послідовності поворотних точок. У разі наявності доступу до кадастрових даних

здійснюється звірка координат із офіційними відомостями. Метою камерального аналізу є підтвердження правильності вимірювань та виявлення можливих відхилень.

Закріплення меж у натурі

Після камеральної перевірки виконується винесення координатних точок у натуру та встановлення межових знаків. За допомогою геодезичного обладнання кожна поворотна точка переноситься на місцевість згідно з її координатами, після чого закріплюється тимчасовим або постійним межовим знаком. На цьому етапі обов'язково проводиться контрольне вимірювання положення встановлених знаків, а також узгодження меж із власником ділянки та, за можливості, з суміжними землекористувачами. Закріплення межі завершує процес визначення меж земельної ділянки та забезпечує її правову визначеність.

1.2. Системи координат, застосовувані у кадастрових та геодезичних роботах

1.2.1. Основні системи координат в Україні

У геодезичній практиці України застосовуються декілька офіційних систем координат, кожна з яких має своє призначення, сферу використання та історичне походження. Найпоширенішими є система координат 1963 року (СК-63) та сучасна Українська система координат УСК-2000. Вибір системи координат визначає точність вимірювань, коректність подальшої обробки даних і можливість їх інтеграції у державні картографічні та кадастрові сервіси.

СК-63

СК-63 — це державна система координат, що була запроваджена у 1963 році та ґрунтується на проєкції Гаусса–Крюгера. Вона поділена на шість шестиградусних зон, кожна з яких має свій центральний меридіан. Система широко застосовувалася для топографічного знімання, ведення карт масштабу 1:10 000 і крупніших, а також у проєктних роботах попередніх десятиліть.

Попри те, що СК-63 поступово виводиться з експлуатації як державна система, вона й досі широко використовується в окремих регіонах, насамперед у сфері земельного кадастру та інженерних робіт. Це пояснюється тим, що значна частина старої технічної документації, включно з планами землеволодінь, межами присадибних ділянок та кадастровими планами, була створена саме у СК-63. Тому під час виконання робіт у певних районах, зокрема в західних областях, часто продовжують застосовувати саме цю систему, аби забезпечити сумісність з існуючими матеріалами.

УСК-2000

УСК-2000 є сучасною державною геодезичною системою координат України, що базується на міжнародній референц-системі ITRS та сумісна з глобальними супутниковими системами, включно з GPS та ГЛОНАСС. Вона була офіційно затверджена для застосування з 2007 року та нині є обов'язковою для створення нових топографічних, інженерних і кадастрових даних.

Перевагами УСК-2000 є:

- висока точність та стабільність;
- сумісність з GNSS-вимірюваннями;
- можливість інтегрувати дані в єдині державні геоінформаційні ресурси;
- сучасна математична модель геоїда.

Саме УСК-2000 використовується як основна система координат у Державному земельному кадастрі, а всі нові кадастрові плани та XML-файли формуються виключно в цій системі.

Призначення та сфери застосування

СК-63 сьогодні застосовується переважно:

- для робіт у населених пунктах, де історично вся техдокументація виконана у цій системі;
- для відновлення старих меж та їх повторних знімань;
- у проєктах, пов'язаних із реконструкцією територій та зіставленням зі старими картографічними матеріалами.

УСК-2000 використовується:

- у всіх сучасних геодезичних і кадастрових роботах;
- для створення XML-документації;
- у роботі GNSS-приймачів у режимах RTK та NTRIP;
- у топографічних роботах середнього та великого масштабу.

Таким чином, вибір системи координат залежить від поставленого завдання та наявності вихідних матеріалів. У практиці, що виконувалася в межах даної магістерської роботи, використовувалася система координат СК-63, оскільки всі вихідні дані, технічна документація та межові координати земельної ділянки історично були створені саме в цій системі.

1.2.2. Особливості СК-63 та вибір зони для Вижницького району

Система координат 1963 року (СК-63) побудована на поперечній циліндричній проєкції Гаусса–Крюгера. Суть цієї проєкції полягає в тому, що еліпсоїд, який моделює форму Землі, проєктується на поверхню поперечного циліндра, а потім розгортається в площину. Щоб зменшити спотворення довжин і площ, територію поділяють на поздовжні зони обмеженої ширини.

У класичній геодезичній реалізації СК-63 територія поділяється на шість шестиградусних зон. Для кожної зони задається свій центральний меридіан, відносно якого розраховуються прямокутні координати. Зокрема:

- 1-ша зона охоплює довготи 18° – 24° ,
- 2-га зона — 24° – 30° ,
- 3-тя зона — 30° – 36° тощо.

Для кожної зони ведеться власна система координат із характерним «зональним зсувом» по осі Y, що дозволяє уникати від'ємних значень.

Географічне положення Вижницького району та вибір 2-ї зони

Місто Вижниця та Вижницький район Чернівецької області розташовані приблизно в інтервалі довгот 25° – 26° східної довготи, тобто чітко потрапляють у діапазон 24° – 30° , який відповідає 2-й зоні СК-63. Саме тому всі класичні геодезичні розрахунки, пов'язані з цією територією, повинні виконуватися в 2-й зоні.

Історично технічна документація на земельні ділянки, матеріали приватизації, каталоги координат і топографічні плани, що стосуються Чернівецької області, для більшості кадастрових і землевпорядних робіт у цьому регіоні формувалися в системі СК-63, зона 2. Тому під час сучасних GNSS-вимірювань необхідно використовувати ту ж саму зону, аби:

- отримані координати поворотних точок були узгоджені з існуючими технічними матеріалами;
- конфігурація ділянки, яку показує прилад, співпадала з контурами в документації;
- результати польових робіт можна було коректно порівняти з наявними координатами та площами.

Вибір іншої зони (наприклад, 1-ї або 3-ї) призвів би до істотного зміщення координат на сотні кілометрів по осі Y, що зробило б неможливим будь-яке звіряння із вихідними даними.

Нюанси інтерпретації зон та їх відображення в документах

У деяких довідкових і методичних матеріалах можна зустріти згадки про «кадастрові зони» або інші внутрішні поділи, які не завжди прямо відповідають класичному геодезичному зонуванню СК-63. Це інколи створює плутанину при інтерпретації номерів зон. Однак для практичної роботи з GNSS-приймачем та технічною документацією ключовим є саме той варіант зонування, у якому реально були обчислені вихідні координати поворотних точок ділянок.

У випадку Вижницького району всі вихідні координати, що використовувалися в технічній документації на досліджувану земельну ділянку, наведені у СК-63, 2-й зоні, що й зумовило вибір відповідних параметрів системи координат у GNSS-обладнанні під час виконання польових вимірювань у межах даної магістерської роботи.

1.2.3. Трансформація та використання координат у полях

Робота з координатами в геодезії передбачає їх точне перетворення між різними системами та використання у польових вимірюваннях. Для коректного визначення меж земельних ділянок необхідно забезпечити відповідність координат, отриманих у результаті GNSS-вимірювань, тій системі координат, у якій створена вихідна технічна документація. Саме тому важливим є розуміння принципів прямої та оберненої проєкцій, а також практичної реалізації координатних перетворень у сучасному геодезичному обладнанні.

Прямі та обернені проєкції

Поняття проєкції у геодезії стосується математичного перетворення координат з еліпсоїда на площину та навпаки.

- **Пряма проєкція** — це перенесення геодезичних координат точки (широти та довготи) на площину відповідної картографічної проєкції, наприклад СК-63. У результаті отримуються прямокутні координати X і Y , що використовуються в геодезичних розрахунках, при побудові планів та в кадастровій документації.
- **Обернена проєкція** — процес відновлення геодезичних координат (широти та довготи) з площинних координат X та Y . Це необхідно, коли GNSS-приймач повинен визначити місцезнаходження точки на глобальній системі (наприклад WGS84), а дані зберігаються у локальній системі (СК-63 або УСК-2000).

GNSS-приймачі сучасного покоління виконують ці перетворення автоматично, використовуючи вбудовані параметри трансформації, тому геодезист працює вже з готовими координатами у потрібній системі.

Практичне використання координатних систем у GNSS-обладнанні

У польових умовах GNSS-обладнання працює з глобальною супутниковою системою (WGS84 або її похідними), а для отримання координат у СК-63 виконується автоматична трансформація. Для цього приймач використовує:

- параметри еліпсоїда;

- центральний меридіан вибраної зони;
- зональний зсув;
- математичні моделі прямої й оберненої проєкцій.

У процесі виконання робіт у Вижицькому районі координати знімалися у глобальній системі GNSS, але одразу перетворювалися контролером у **СК-63, зона 2**, що повністю відповідало вихідній технічній документації. Це дозволяло:

- отримувати координати поворотних точок у потрібній системі без додаткової камеральної трансформації;
- коректно вводити відомі координати з технічної документації в прилад і використовувати їх для зворотної прив'язки;
- уникати зміщень, пов'язаних із різницею між глобальною та локальною системами;
- одразу бачити реальну конфігурацію ділянки у площинній системі координат, відповідній до документів.

Таким чином, використання GNSS-приймача з правильно налаштованою системою координат дозволяє максимально спростити польові роботи та забезпечити точність вимірювань. Усі координатні перетворення виконуються автоматично, а геодезист працює вже у тій системі, яка відповідає нормативним та юридичним вимогам.

1.3. GNSS-технології у геодезії та кадастрі

1.3.1. Сутність GNSS та супутникових систем

Глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS) — це комплекси супутників, наземних станцій і користувацьких приймачів, що забезпечують визначення координат, швидкості та часу у будь-якій точці Землі. У геодезії GNSS є основою сучасних вимірювань, оскільки забезпечують доступність, високу точність та можливість роботи в режимі реального часу. На сьогодні у

світі функціонує чотири основні глобальні супутникові системи: **GPS**, **GLONASS**, **Galileo** та **BeiDou**.

GPS

GPS (Global Positioning System) — супутникова навігаційна система США, яка є першою повноцінною глобальною системою позиціонування. Вона складається з понад 30 супутників на середній навколоземній орбіті. GPS забезпечує стабільний сигнал, високу точність, глобальне покриття та сумісність із більшістю сучасних геодезичних приймачів. Це основна система, на яку орієнтуються виробники GNSS-обладнання.

Galileo

Galileo — європейська навігаційна система, створена ЄС для забезпечення незалежності від американської GPS. Вона характеризується високою точністю передачі часу, стабільним сигналом і технологічною сумісністю з GPS. Використання Galileo значно покращує точність RTK-вимірювань, особливо в умовах складної місцевості.

BeiDou

BeiDou — китайська навігаційна система, яка активно розвивається протягом останніх років. Вона вже досягла глобального покриття та повністю сумісна з сучасними GNSS-приймачами. Використання BeiDou дозволяє підвищити кількість доступних супутників, зменшити час отримання FIX-рішення та стабілізувати роботу у важких умовах.

GLONASS

GLONASS — російська супутникова навігаційна система, що історично була другою глобальною GNSS після GPS. Вона також забезпечує визначення координат у режимі реального часу.

Однак у сучасній геодезичній практиці України використання GLONASS є **небажаним та часто обмеженим** з кількох причин:

1. **Система контролюється державою-агресором**, що викликає сумніви у стабільності та безпечності її сигналів.

2. У період воєнного стану фахівці уникають залежності від технологій країни-ворога.
3. Існують випадки штучного погіршення сигналу GLONASS у певних регіонах через військові або політичні причини.
4. Значна частина сучасних українських інституцій офіційно відмовляється від використання GLONASS у критичних системах навігації та кадастру.

Попри це, багато GNSS-приймачів підтримують GLONASS **технічно**, оскільки:

- приймачі створені як міжнародні багатосистемні платформи;
- збільшення кількості супутників може стабілізувати отримання фіксованого рішення;
- виробники забезпечують максимальну сумісність з усіма глобальними системами;
- у деяких умовах (густі дерева, ущелини) додаткові супутники можуть покращити геометрію.

У сучасній українській практиці GNSS-геодезії GLONASS може застосовуватися **лише як допоміжна система**, але не як основна. Більшість фахівців налаштовують приймачі на перевагу GPS, Galileo та BeiDou, з можливістю відключення GLONASS у разі сумнівів у стабільності сигналу.

Багатосистемні приймачі

Сучасні геодезичні приймачі, зокрема Trimble R10, використовують багатосистемну архітектуру, що дозволяє одночасно отримувати сигнали від усіх GNSS-систем. Це забезпечує:

- збільшення кількості доступних супутників;
- кращу геометрію супутникового сузір'я;
- швидше отримання FIX-рішення;
- стабільність позиціонування у складних умовах (ущелини, забудовані зони, ліс).

У геодезичних роботах така багатосистемність є ключем до високої точності та надійності вимірювань. При цьому геодезист має можливість вручну керувати вибором систем, що дозволяє уникати використання сумнівних або нестабільних супутникових сигналів.

1.3.2. Принцип RTK-вимірювань

RTK (Real-Time Kinematic) — це технологія супутникових вимірювань у режимі реального часу, що дозволяє визначати координати з точністю до кількох сантиметрів. На відміну від автономного GNSS-позиціонування, яке дає точність у межах кількох метрів, RTK базується на використанні корекцій, що надходять від базової станції або мережі базових станцій. Завдяки цьому геодезист отримує високоточні координати одразу під час роботи у полі, без потреби додаткової камеральної обробки.

Робота базової станції

Базова станція — це стаціонарний GNSS-приймач, встановлений у точно відомій координатній позиції. Вона безперервно:

- приймає супутниковий сигнал;
- обчислює різницю між виміряними координатами і своїм відомим положенням;
- формує поправки (корекції) у реальному часі;
- передає ці корекції користувачам.

У класичному варіанті RTK геодезист має свою мобільну «роверну» антену (як Trimble R10), яка приймає ці поправки та уточнює власне місцеположення. Якщо базова станція розташована на правильних координатах і працює стабільно, то точність RTK-вимірювань становить 1–2 см по плану та 2–3 см по висоті.

У сучасних робочих процесах геодезисти часто використовують **мережу державних або приватних базових станцій (NTRIP)**, що дозволяє отримувати корекції навіть на великих відстанях і не потребує власної фізичної бази.

Корекції в RTK

Суть корекцій полягає в тому, що GNSS-приймач отримує не лише сам супутниковий сигнал, а й поправку до нього. Корекції враховують:

- похибки сигналу супутника;
- іоносферні та тропосферні відхилення;
- дрейф годинників супутника та приймача;
- мультипут (відбиття сигналу);
- часову затримку передачі.

Застосування корекцій дозволяє роверному приймачу переходити у стан **FIX** — тобто отримувати стійке розв'язання фазових спостережень, що і забезпечує сантиметрову точність вимірювань.

Якщо якість сигналу або зв'язку погіршується, приймач може перейти у стан **FLOAT**, де точність падає до 10–30 см. У такому режимі зйомка меж здійснюватися не повинна.

Залежність від зв'язку та супутникового сигналу

Якість RTK-вимірювань визначається двома головними чинниками:

1) Супутниковий сигнал

RTK не працює у повній мірі, якщо:

- сигнал перекрито будівлями;
- антену закриває густе листя;
- поблизу є металеві конструкції;
- присутній сильний мультипут;
- низька кількість доступних супутників.

У таких умовах ровер складніше утримує FIX, а помилки можуть збільшуватися.

2) Мобільний інтернет або радіозв'язок

Корекції RTK надходять через:

- мережу NTRIP (через мобільний інтернет),
- або радіомодем (якщо працює локальна база).

Тому стабільний зв'язок є критично важливим. У місцевості з поганим покриттям мобільного зв'язку можуть виникати:

- затримки корекцій;
- розриви сеансу;
- тимчасова втрата FIX-рішення.

У таких випадках геодезист або чекає відновлення зв'язку, або виконує повторні вимірювання.

Висновок

RTK — це основний режим роботи сучасних GNSS-приймачів для кадастрових, топографічних та інженерних робіт. Він дозволяє отримувати сантиметрові координати в реальному часі за умови:

- стабільного супутникового сигналу,
- безперервного зв'язку з базовою станцією,
- правильно вибраної системи координат.

Саме в режимі RTK проводилася польова зйомка в межах даної магістерської роботи, що забезпечило необхідну точність для визначення меж земельної ділянки.

1.3.3. Параметри, що визначають точність GNSS

Точність визначення координат у GNSS-вимірюваннях залежить від низки технічних показників, які відображають якість супутникового сигналу, геометрію розташування супутників та можливість приймача отримувати стабільне розв'язання фазових спостережень. Для геодезичних робіт з вимогами сантиметрової точності необхідно контролювати такі параметри, як PDOP, HDOP та VDOP, а також стежити за тим, у якому режимі працює приймач — FIX чи FLOAT. Додатково на точність впливають природні та техногенні перешкоди, зокрема мультипут, перекриття сигналу та особливості рельєфу.

PDOP, HDOP, VDOP

DOP (Dilution of Precision) — це група показників, що характеризують якість геометрії сузір'я супутників. Чим нижчі значення DOP, тим точнішими будуть результати вимірювань.

- **PDOP** (Position Dilution of Precision) — узагальнений показник, що характеризує просторову точність. Він враховує розташування супутників у тривимірному просторі. Оптимальні значення для RTK — **1.0–2.0**, допустимі — до **3.0**, значення понад **4–5** вказують на погіршення умов.
- **HDOP** (Horizontal Dilution of Precision) — показник горизонтальної точності. Важливий для кадастрових робіт, де головним є точне визначення планового положення точок. Оптимальними вважаються значення до **1.5**.
- **VDOP** (Vertical Dilution of Precision) — показник точності по висоті. Здебільшого завжди більший, ніж HDOP, через складність визначення висоти супутниковими методами. Для польових робіт прийнятні значення до **3.0**.

Погана геометрія (високі DOP) виникає, коли супутники розташовані занадто “кучно”, у вузькому секторі, або значна їх частина недоступна через перекриття. У такі моменти точність вимірювань суттєво падає.

FIX і FLOAT-рішення

GNSS-приймач у RTK-режимі може працювати у двох станах:

1. **FIX (Fixed Ambiguity)** — це фіксоване фазове рішення, при якому приймач точно визначив ціле число циклів несучої хвилі між супутником і антеною. FIX-режим забезпечує сантиметрову точність. Це єдиний режим, у якому дозволено знімати кадастрові межі.
2. **FLOAT (Float Ambiguity)** — невизначене або частково фіксоване розв'язання фазових спостережень. Точність у цьому режимі падає до **10–30 см**, інколи гірше.

FLOAT може з'являтися при погіршенні зв'язку, недостатній кількості супутників, перешкодах або відсутності корекцій.

Перехід із FIX у FLOAT — ознака того, що вимірювання виконувати не можна, а зафіксована раніше точка потребує повторного контролю.

Вплив мультипуту, перекриттів та рельєфу

Навіть найсучасніший приймач може давати похибки через зовнішні чинники.

Найважливіші з них:

1) Мультипут (multipath)

Це ситуація, коли сигнал GNSS відбивається від твердих поверхонь — дахів, стін, металевих конструкцій, автомобілів чи навіть води.

Відбиті сигнали надходять до антени із затримкою та ~~пл~~водять похибки у вимірювання.

Мультипут особливо небезпечний у:

- дворах із металевими воротами чи дахами;
- біля будівель;
- у тісних просторах;
- поблизу тракторів, фургонів, сільськогосподарської техніки.

2) Перекриття супутникового сигналу

Супутники можуть втрачатися, якщо антену частково закриває:

- густе листя;
- крона дерев;
- будівлі;
- схили рельєфу;
- навіси, балкони тощо.

Це призводить до нестачі супутників, збільшення DOP-показників, втрати FIX-рішення.

3) Вплив рельєфу

Особливості рельєфу також можуть погіршувати точність:

- робота у долині або яру → сигнал блокується схилами;

- робота біля високих будівель або стін → ефект “каньйону”;
- на горбистій місцевості траєкторія сигналу може ускладнюватися.

У таких умовах приймач може частіше переходити у FLOAT, а часовий інтервал для отримання стабільного FIX-розв’язання збільшується.

Висновок

Точність GNSS-вимірювань залежить від поєднання апаратних можливостей приймача, супутникової геометрії та зовнішніх умов. Контроль PDOP/HDOP/VDOP, підтримка стабільного FIX-рішення та уникнення мультипату є основою якісного RTK-позиціонування, особливо під час встановлення меж земельних ділянок.

Ці технічні аспекти безпосередньо враховувалися під час виконання польової зйомки в межах даної магістерської роботи.

1.3.4. Переваги GNSS-технологій перед традиційними методами

Використання GNSS-технологій у геодезичних роботах суттєво змінило підходи до виконання зйомки та винесення меж земельних ділянок. Порівняно з традиційними методами, що базуються на використанні теодолітів, нівелірів та тахеометрів, супутникові технології забезпечують вищу оперативність, зручність і точність, а також значно зменшують вплив людського фактора на кінцевий результат.

Швидкість виконання робіт

Однією з головних переваг GNSS є висока швидкість виконання польових вимірювань. Для визначення координат поворотної точки за допомогою RTK-приймача достатньо кількох секунд стабільного FIX-рішення, тоді як традиційні методи потребують:

- встановлення та орієнтування тахеометра;
- побудови теодолітних ходів;
- виконання численних кутових і лінійних вимірювань;
- подальшого врівноваження ходу в камеральних умовах.

GNSS дає змогу суттєво скоротити час перебування у полі, що особливо важливо за складних погодних умов, у стислі терміни виконання робіт або при значній протяжності меж.

Зручність організації робіт

GNSS-приймачі є мобільнішими та менш залежними від жорстких геодезичних побудов. Для роботи достатньо:

- мати доступ до мережі базових станцій (NTRIP) або власну базу;
- правильно налаштувати систему координат;
- виконувати вимірювання у вибраних точках без необхідності встановлення великої кількості проміжних візирних пунктів.

Це зменшує обсяг підготовчих робіт, спрощує організацію зйомки та дозволяє виконувати вимірювання навіть у складних умовах, де побудова класичних ходів є утрудненою (зарослі території, пересічений рельєф тощо).

Точність вимірювань

За умови правильного налаштування та стабільного зв'язку з базовою станцією RTK-режим забезпечує сантиметрову точність визначення координат. Цього цілком достатньо для:

- кадастрових робіт;
- встановлення меж приватних ділянок;
- винесення поворотних точок у натуру;
- контролю площі та конфігурації.

Традиційні методи також дозволяють досягати високої точності, однак вони потребують більше часу, залежать від якості візування та точності вимірювання ліній, а також вимагають ретельної камеральної обробки. GNSS, натомість, дає змогу отримувати точні координати одразу в полі, у потрібній системі координат.

Мінімізація людського фактора

GNSS-технології значною мірою зменшують вплив людського фактора на результат вимірювань. У традиційних методах значення мають:

- акуратність відліків по лімбу;

- правильність наведення на рейку;
- точність вимірювання відстаней;
- дотримання геометрії ходу.

У разі помилки хоча б на одному етапі виникають накопичені похибки, які потім доводиться врівноважувати. У GNSS-методах більшість операцій автоматизована: приймач самостійно обчислює координати, контролює якість сигналу, попереджає про погіршення DOP або втрату FIX-рішення. Завдання виконавця полягає насамперед у правильному налаштуванні обладнання, виборі системи координат і контролі умов вимірювання.

Таким чином, GNSS-технології забезпечують поєднання високої швидкості, зручності та точності вимірювань із мінімізацією суб'єктивних помилок, що робить їх основним інструментом сучасних геодезичних і кадастрових робіт, зокрема під час визначення та закріплення меж земельних ділянок, як це реалізовано в даній магістерській роботі.

1.4. Геодезичне забезпечення визначення та закріплення меж земельних ділянок

1.4.1. Алгоритм визначення меж земельних ділянок

Визначення меж земельної ділянки є комплексним процесом, що поєднує юридичні, кадастрові та геодезичні процедури. Для отримання точних та юридично коректних координат поворотних точок необхідно дотримуватися визначеної послідовності дій, яка забезпечує узгодженість результатів із технічною документацією та фактичним землекористуванням. Загальний алгоритм складається з чотирьох основних етапів: збирання вихідних даних, виконання польових вимірювань, аналіз конфігурації ділянки та зіставлення результатів із наявними документами.

Збирання вихідної документації

Першим етапом є аналіз правовстановлюючих документів, які підтверджують розташування та площу земельної ділянки. До таких документів належать:

технічна документація із землеустрою, акти приймання-передачі меж, плани приватизації, каталоги координат, графічні матеріали, а також документи про реєстрацію права власності. На цьому етапі важливо визначити систему координат, у якій було виконано попередні роботи, оскільки саме в ній необхідно здійснювати подальші вимірювання. Додатково аналізується наявність межових знаків та їх відповідність даним документації.

Польові вимірювання

Другий етап — виконання GNSS-вимірювань поворотних точок межі. У сучасній практиці польові роботи здійснюються у режимі RTK, що забезпечує високу точність визначення координат. На місцевості виконавець разом із власником ділянки або суміжниками уточнює фактичний хід меж, проводить ідентифікацію межових знаків та визначає точки, що підлягають вимірюванню. Під час зйомки контролюються якість сигналу, показники DOP, режим роботи приймача (FIX/FLOAT), а також вплив рельєфу й перешкод. Мета цього етапу — отримати актуальні координати фактичних меж.

Аналіз конфігурації

Після завершення польових вимірювань виконується камеральна перевірка конфігурації ділянки. Аналіз включає:

- перевірку логічної послідовності точок;
- розрахунок площі;
- оцінку ознак геометричних відхилень;
- виявлення можливих зміщень або помилок.

Правильність конфігурації визначається тим, чи утворюють виміряні точки замкнений контур, чи є кути та лінії межі логічними та відповідними реальній території. Особлива увага приділяється перевірці того, чи не виходить контур за межі суміжних земель, та чи зберігається цілісність кордону.

Зіставлення з техдокументацією

Заключним етапом є порівняння результатів GNSS-зйомки з даними технічної документації. Зіставляються:

- отримані координати поворотних точок;

- конфігурація межі;
- площа ділянки;
- положення межових знаків;
- відповідність фактичного землекористування юридично встановленим межам.

У разі наявності незначних розбіжностей виконується їх аналіз: визначається, чи пов'язані вони з похибками вимірювання, втручанням у межові знаки, або різницею у використаних системах координат. Якщо різниця суттєва або межові знаки втрачено, можуть застосовуватися додаткові методи відновлення — повторні вимірювання, консультації із суміжниками або використання архівних матеріалів.

Таким чином, алгоритм визначення меж забезпечує комплексний підхід, який поєднує юридичні дані, сучасні GNSS-технології та аналітичну перевірку. Дотримання цього алгоритму дозволяє отримати точні та юридично коректні межі, що є основою для подальших землеустроєвих та кадастрових процедур.

1.4.2. Винесення меж у натуру

Винесення меж земельної ділянки у натуру є завершальним і одним із найважливіших етапів геодезичних робіт. Його завдання — перенести координати поворотних точок із технічної документації або з результатів польових вимірювань безпосередньо на місцевість і закріпити їх межевими знаками. Саме цей етап формує реальні, фізично існуючі межі ділянки, які використовуються для встановлення огорож, проведення будівництва, землекористування та розв'язання можливих межових спорів.

Принцип перенесення координат

Основою винесення у натуру є принцип точного перенесення координат точки зі схеми або кадастрового плану в реальне положення на місцевості. GNSS-приймач у режимі RTK отримує корекції від базової станції, розраховує точні координати в режимі реального часу та порівнює їх з координатами точки, яку потрібно знайти. Приймач відображає для виконавця:

- напрям руху до точки;
- горизонтальну відстань до неї;
- допустиму похибку;
- можливі відхилення у разі втрати FIX-рішення.

Таким чином, замість класичного прокладання ліній і кутів тахеометром геодезист рухається по прямому наведенню, орієнтуючись на показники приймача.

Робота з поворотними точками

Для винесення меж використовують поворотні точки — ті самі точки, у яких змінюється напрям межевої лінії. Послідовність винесення зазвичай відповідає схемі, що використовується і в камеральній частині: від першої точки до останньої, за годинниковою або проти годинникової стрілки. Кожна точка вводиться у приймач як окрема координатна позиція.

У полі робота з точкою включає:

1. **Ідентифікацію точки в списку** — вибір її з каталогу або введення вручну.
2. **Налаштування режиму наведення** — запуск функції «винести точку» або «stake out».
3. **Рух до точки**, орієнтуючись на:
 - відстань до неї (лінійний відлік),
 - напрям стрілки або компаса,
 - допустимі значення точності.
4. **Точне позиціонування**, коли відстань зменшується до мінімуму, і хрест прицілу суміщається з центром точки на екрані.

У момент, коли приймач показує стабільний FIX і мінімальну горизонтальну похибку, вважається, що точка знайдена.

Контроль точності

Контроль точності є невід’ємною частиною винесення меж у натуру, оскільки результати цієї роботи мають юридичне значення. При роботі в RTK особливу увагу приділяють:

- стабільності FIX-рішення;
- значенням горизонтальної та вертикальної похибки;
- PDOP та HDOP;
- відсутності перекриттів сигналу;
- відсутності мультипуту;
- повторному вимірюванню точки після встановлення знака.

Якщо FIX нестабільний, приймач переходить у FLOAT або спостерігаються стрибки у координатах, точку потрібно вимірювати повторно, змінювати положення антени або відходити від джерел перешкод. У разі правильного винесення всі точки повинні природно лягати в межі ділянки, відповідати технічній документації та не виходити за межі суміжних землекористувачів.

Закріплення межових знаків

Після точного визначення місця поворотної точки вона закріплюється межовим знаком. Тип межового знака залежить від завдання:

- **тимчасові знаки** (кілки, пластикові маркери) — для робіт з уточнення меж;
- **постійні знаки** (металеві штирі, бетонні марки) — для юридично значимих меж.

Закріплення передбачає:

1. встановлення знака точно у точку;
2. перевірку його положення повторним вимірюванням;
3. відображення точки у польовому журналі або цифровому проєкті;
4. за можливості — узгодження межового знака із суміжниками.

Правильно закріплені межові знаки забезпечують стабільність межі у часі й мінімізують ризик виникнення межових спорів.

1.4.3. Контроль та перевірка польових вимірювань

Контроль точності польових вимірювань є обов'язковою складовою процесу визначення меж земельних ділянок. Навіть за наявності сучасного GNSS-обладнання важливо переконатися, що зібрані дані відповідають нормативним

вимогам, не містять випадкових або систематичних помилок і можуть використовуватися для юридично значущих процедур. Основними інструментами контролю є обчислення площі, перевірка геометрії контуру та аналіз типових похибок, які можуть виникнути під час зйомки.

Обчислення площ

Одним з найпростіших та водночас найефективніших способів контролю є обчислення площі отриманого контуру. За умови правильно проведеної зйомки площа має відповідати значенню, зазначеному у технічній документації або правовстановлюючих матеріалах. Допустимі відхилення зазвичай незначні й пов'язані з природними похибками GNSS-вимірювань.

Обчислення площі дозволяє:

- перевірити правильність послідовності поворотних точок;
- виявити помилку у введенні координат (наприклад, переплутаний знак або цифра);
- підтвердити замкненість полігону;
- переконатися, що точки не утворюють «викидів», які штучно збільшують або зменшують площу.

Якщо площа суттєво відрізняється від очікуваної, це чіткий сигнал про необхідність повторного аналізу вимірювань.

Геометричний контроль контуру

Окрім площі, важливим елементом контролю є аналіз геометрії земельної ділянки. Виконавець перевіряє:

- чи утворюють виміряні точки логічний, замкнений контур;
- чи відповідають лінії меж природним та фактичним орієнтирам (огорожі, дорогам, межам суміжників);
- чи немає точок, які очевидно «вийшли» зі структури контуру;
- чи збережено правильний напрям обходу ділянки;
- чи не виникли самоперетини або нерівномірні зміщення.

Геометричний контроль дозволяє виявити ситуації, коли:

- одна з точок має погане FIX-рішення;

- антену частково перекрив об'єкт;
- точку виміряно у невіддаленому місці (мультипут, тінь від будівлі);
- помилково записано не той вимір чи дубль точки.

У таких випадках точку необхідно повторно обміряти або перевірити її за допомогою технічної документації.

Типові помилки та способи їх усунення

Під час польових GNSS-вимірювань можуть виникати помилки, пов'язані як із зовнішніми чинниками, так і з недосконалістю налаштувань обладнання чи людським фактором. Серед найпоширеніших:

- **втрата FIX-рішення** — виправляється повторним вимірюванням у стабільних умовах;
- **вплив мультипуту** — слід відходити від металевих поверхонь, парканів, техніки;
- **помилки у введенні координат** — перевіряються за допомогою функції обчислення площ або порівняння конфігурації;
- **перекриття супутникового сигналу** — потрібно уникати точок під кронами дерев, навісами або поряд з високими будівлями;
- **неправильна система координат** — необхідно працювати в тій самій зоні, у якій сформована технічна документація;
- **зміщення антени або похиле встановлення вішки** — виправляється повторним центруванням та корекцією висоти антени.

Усунення цих помилок гарантує, що кінцеві координати є точними та придатними для подальшої обробки і винесення меж у натуру.

1.5. Правове забезпечення визначення та закріплення меж земельних ділянок

1.5.1. Нормативно-правові основи встановлення меж

Процес визначення та закріплення меж земельних ділянок регулюється широким комплексом нормативно-правових актів, які встановлюють правила

проведення зйомки, вимоги до точності, порядок погодження меж та юридичну силу координат. В Україні ключовими документами є Земельний кодекс України, Закон «Про державний земельний кадастр», Закон «Про землеустрій», а також відповідні постанови Кабінету Міністрів та інструкції Держгеокадастру.

Законодавство визначає, що межі земельної ділянки встановлюються відповідно до технічної документації із землеустрою, яка містить координати поворотних точок, площу та опис меж. Ці координати після затвердження документації набувають юридичного статусу й повинні точно відтворюватися під час винесення меж у натуру. Важливо, що зміна меж чи їх уточнення можливі лише за згодою суміжних землекористувачів, що також закріплено у відповідних актах.

Окреме місце займають нормативи точності. Інструкції з топографо-геодезичних робіт визначають допустимі похибки вимірювань, порядок визначення поворотних точок, вимоги до стабільності межових знаків і критерії оцінки правильності отриманої конфігурації. Для кадастрових робіт застосовується сантиметрова точність, що відповідає можливостям сучасного GNSS-обладнання.

Важливо також розуміти значення систем координат у юридичному контексті. Вся кадастрова документація повинна виконуватися у офіційно затверджених системах — СК-63 або УСК-2000. Використання іншої системи призводить до неможливості коректного співставлення даних, що може стати підставою для відмови в реєстрації документації. Тому геодезист зобов'язаний забезпечити відповідність польових вимірювань системі координат, у якій ділянка була сформована.

Загалом нормативно-правова база створює чіткі рамки, у межах яких повинні виконуватися усі геодезичні роботи. Вона формує вимоги до точності, порядок дій, процедури узгодження та юридичне підтвердження меж, що забезпечує правовий захист власників земельних ділянок і гарантує коректність результатів.

1.5.2. Специфічні обмеження та особливості роботи з кадастровими даними в умовах воєнного стану

Запровадження воєнного стану в Україні суттєво вплинуло на доступність та порядок використання кадастрових даних. З міркувань національної безпеки було обмежено доступ до Публічної кадастрової карти, електронних сервісів отримання координат, частини просторових даних та інструментів перевірки меж. Це створило нові умови роботи для геодезистів і вимагало адаптації методики перевірки та підтвердження координат.

Одним з ключових обмежень стало закриття доступу до кадастрової бази координат поворотних точок ділянок. Якщо раніше координати можна було отримати через електронні сервіси або кадастрове API, то зараз цей інструмент недоступний. Тому основним джерелом даних для визначення меж є технічна документація власника: каталоги координат, графічні плани, витяги, що були сформовані до початку обмежень. Саме ці дані стають базою для польових робіт.

Зміни торкнулися й процедур перевірки. У звичайних умовах конфігурацію ділянки звіряють шляхом накладення на кадастрові шари, перевірки сусідніх ділянок та аналізу накладень. Під час воєнного стану цей механізм фактично відсутній, тому контроль здійснюється через аналіз площі, геометрії контуру та співставлення з паперовою техдокументацією. Це вимагає підвищеної уваги до камерального аналізу та ретельної перевірки координат.

Окремою проблемою є робота з неприватизованими сусідніми ділянками або такими, межі яких не були внесені до кадастру до обмеження доступу. У таких випадках геодезист змушений покладатися на фактичні межі землекористування: огорожі, дороги, старі межові знаки, домовленості з суміжниками. Це ускладнює роботи й підвищує відповідальність виконавця за правильність відтворення меж.

Попри ці труднощі, сучасні GNSS-технології дозволяють виконувати вимірювання з високою точністю навіть за відсутності доступу до бази даних

кадастру. Основою стає правильне використання вихідної техдокументації, коректне налаштування приймача, перевірка площі та конфігурації, а також документальне підтвердження використаних даних.

Таким чином, воєнний стан не зупинив геодезичні роботи, однак суттєво змінив порядок доступу до інформації та способи перевірки результатів. Це важливо враховувати як у теоретичній частині дипломної роботи, так і в практичній, де детально демонструєш, як саме здійснював зйомку та перевірку меж своєї ділянки за нових умов.

Висновки до 1 розділу.

У теоретичній частині роботи було розглянуто ключові поняття, закономірності та технологічні підходи, на яких базується сучасне визначення та закріплення меж земельних ділянок. Аналіз нормативно-правової бази показав, що встановлення меж є не лише технічною, але й юридично значимою процедурою, безпосередньо пов'язаною з правами власності та коректністю ведення державного земельного кадастру. Законодавство чітко регламентує вимоги до точності, методику визначення координат, порядок погодження меж і правила роботи з поворотними точками, що формує базу для подальших практичних дій.

Окрему увагу було приділено системам координат, які застосовуються в Україні, а також особливостям роботи в зоні СК-63 та УСК-2000. Від правильності вибору системи координат та розуміння її параметрів залежить не лише точність зйомки, а й можливість подальшої камеральної обробки, зіставлення з існуючою документацією та правильність юридичного оформлення меж.

Теоретичний аналіз GNSS-технологій довів, що сучасні RTK-приймачі забезпечують високу точність і швидкість виконання польових робіт, суттєво зменшуючи обсяг камеральних операцій та вплив людського фактора. Було детально розглянуто принципи роботи супутникових систем, параметри якості

вимірювань та особливості використання багатосистемних приймачів, що забезпечують надійність результатів навіть у складних умовах.

Окремо було проаналізовано алгоритм встановлення меж, що включає отримання вихідних даних, виконання польових вимірювань, аналіз конфігурації та перевірку площі. Також було розглянуто питання контролю якості зйомки, типових похибок та методів їх усунення.

Значущим аспектом є вплив воєнного стану на доступність кадастрових даних та порядок виконання геодезичних робіт. Обмеження доступу до Публічної кадастрової карти, сервісів отримання координат та базових кадастрових шарів змінило процедури перевірки та підтвердження меж. У таких умовах основними джерелами інформації стали архівні документи, матеріали технічної документації власників, а також результати точних польових GNSS-вимірювань.

У сукупності теоретична частина створює цілісне уявлення про правові, технічні та технологічні основи виконання геодезичних робіт, необхідні для встановлення меж земельних ділянок. Вона формує фундамент, на якому ґрунтується практична частина роботи, де ці принципи будуть реалізовані у вигляді реальної GNSS-зйомки, перевірки її результатів, а також фактичного винесення поворотних точок у натуру.

Розділ 2. Практичне геодезичне забезпечення визначення та закріплення меж земельної ділянки.

2.1. Опис земельної ділянки та обладнання, що використовувалось у роботі.

Практична частина дипломної роботи присвячена виконанню повного циклу геодезичних робіт на реальній приватній земельній ділянці. Метою цього етапу є продемонструвати, як на практиці проводиться GNSS-зйомка, перевірка координат поворотних точок, побудова контуру ділянки та подальше закріплення меж на місцевості. Робота виконувалась у польових умовах із використанням сучасного GNSS-обладнання, що дозволило наочно пройти всі основні етапи визначення та відтворення меж.

Для практики була обрана земельна ділянка, яка є **приватизованою** та має офіційно встановлені межі згідно з наявною землепорядною документацією. Це означає, що для ділянки вже існує таблиця координат поворотних точок, площа та графічна схема. У рамках роботи я виконав **повторну GNSS-зйомку** для демонстрації практичного процесу та порівняння фактичних координат із тими, що були визначені раніше під час виготовлення землепорядної документації. Такий підхід є оптимальним, оскільки дозволяє показати, як працюють методи контролю точності та як формуються межі при повторних вимірюваннях.

Обрана ділянка має неправильну, ламану форму з **тринадцяти поворотних точок**, які утворюють замкнений контур. Загальна площа становить **2100 м²**, що відповідає даним із документації. Частина меж ділянки вже позначена на місцевості: з одного боку встановлений **бетонний паркан**, на іншій ділянці межа проходить по **металевій сітці**. Решта межових ліній поки що не обгороджена, що робить ділянку зручною для демонстрації процесу визначення координат і встановлення нових межових знаків.

Рельєф території рівнинний — без перепадів висот чи якоїсь складної мікрогеометрії. Це дозволяє комфортно виконувати вимірювання, стабільно ставити віху та не хвилюватися за перекіс обладнання. Покриття ґрунту також забезпечує нормальні умови для встановлення межових кілків під час винесення. На ділянці розташовані **два одноповерхові будинки**, але їхнє розташування не заважає прийому GNSS-сигналу, оскільки по периметру ділянка відкрита і забезпечує добру видимість супутників.

Така ділянка добре підходить для навчальних цілей: у неї є і часткове огороження, і відкриті межі, і наявні координати з документації, і достатньо місця для роботи з обладнанням.

Саме це дозволяє на практиці показати весь процес — від створення проєкту в польовому контролері до остаточного закріплення точок у натурі та камеральної обробки отриманих даних.

Під час виконання польових вимірювань я використовував професійний GNSS-приймач Trimble R10 (рис.1) . Це один із найточніших приймачів, які застосовуються в інженерній геодезії, кадастрових роботах та топографічній зйомці. R10 поєднує в собі сучасні супутникові технології та високу точність, завдяки чому дозволяє отримувати координати з сантиметровою точністю у реальному часі.



(рис.1)

Trimble R10 працює з усіма основними супутниковими системами: **GPS, Galileo та BeiDou**, що дає стабільний прийом сигналу і високу точність навіть у місцях зі складною видимістю. Під час моєї зйомки приймач стабільно “бачив” від 27 до 32 супутників, а PDOP утримувався в межах **1.0–1.3**, що

вважається дуже хорошим показником якості супутникової геометрії. Чим нижче PDOP, тим точніший результат, і в моєму випадку умови були практично ідеальними.

Основною перевагою R10 є можливість роботи в режимі **RTK (Real-Time Kinematic)**. У цьому режимі приймач отримує корекції через інтернет від найближчої базової станції. Завдяки цьому координати точки розраховуються з точністю приблизно **1–2 см у плані** та **2–3 см по висоті**, що повністю відповідає вимогам кадастрових робіт. Тобто R10 дозволяє знімати поворотні точки межі ділянки з тією точністю, яку вимагає закон.

Конструкція R10 має вбудовану антенно-вимірювальну систему й електронні сенсори, які автоматично контролюють якість сигналу. Корпус приймача герметичний і захищений від вологи та пилу, тому його можна використовувати за будь-якої погоди. Окремо варто згадати про легку вагу — це важливо, коли потрібно довго ходити по периметру ділянки з віхою в руках. Приймач працює у парі з польовим контролером, на якому встановлена програма **Trimble Access**. Через контролер виконуються всі операції: створення проєкту, вибір системи координат, введення висоти антени, запис точок, підключення до RTK-мережі та контроль точності. На екрані контролера відображається інформація про стан рішення — RTK FIX, FLOAT або AUTONOMOUS. Робота ведеться тільки в стані FIX, коли приймач точно визначив фазові поправки. Саме в цьому режимі я проводив усю зйомку.

Під час роботи висота антени була встановлена на **2.00 м**, що відповідає стандартній довжині віхи з адаптером. Висота вводиться вручну, і від неї залежить точність визначення відміток по Н. Невірно введена висота дає систематичну помилку, тому цей параметр контролюється перед початком зйомки.

Щодо точності, яка була досягнута у полі, то Trimble Access показував такі значення:

- горизонтальна точність (HRMS): 0.008–0.020 м
- вертикальна точність (VRMS): 0.015–0.040 м

- стан рішення — стабільний FIX протягом усієї зйомки

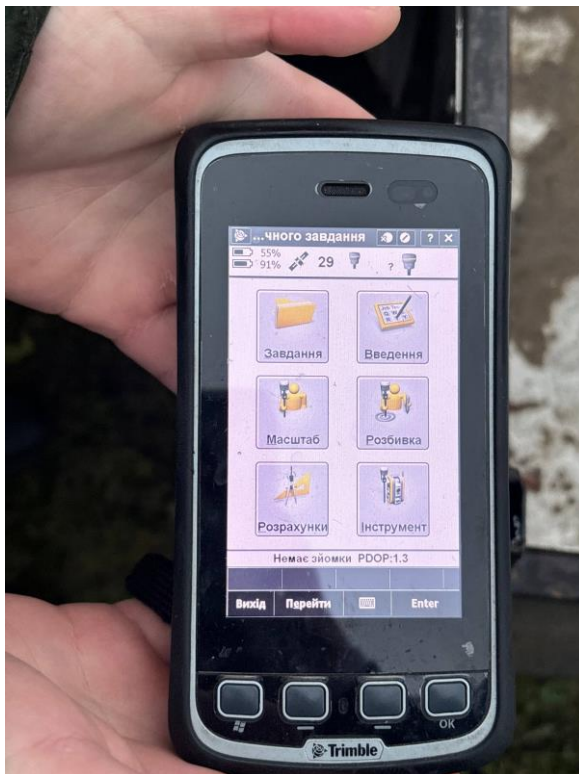
Ці значення відповідають рівню точності, який вимагається для встановлення меж земельних ділянок згідно з нормативами.

У підсумку Trimble R10 повністю підходить для задач кадастрової зйомки: він точний, стабільний у роботі, підтримує всі супутникові системи, швидко отримує FIX, а у поєднанні з Trimble Access дозволяє чітко контролювати кожну точку та уникати грубих помилок. Саме тому R10 вважається одним із найкращих приймачів для професійних польових робіт, і його застосування у даній практичній частині є цілком обґрунтованим.

2.2. Створення проєкту та підготовка робочого середовища в Trimble Access

Перед початком GNSS-зйомки необхідно правильно підготувати польовий прилад, задати систему координат, створити окремий робочий проєкт і виконати початкові налаштування. Всі ці дії виконуються у програмному забезпеченні **Trimble Access**, яке встановлене на контролері і повністю керує роботою приймача Trimble R10. У цьому підрозділі описано весь процес — від першого запуску програми до готовності приладу до зйомки.

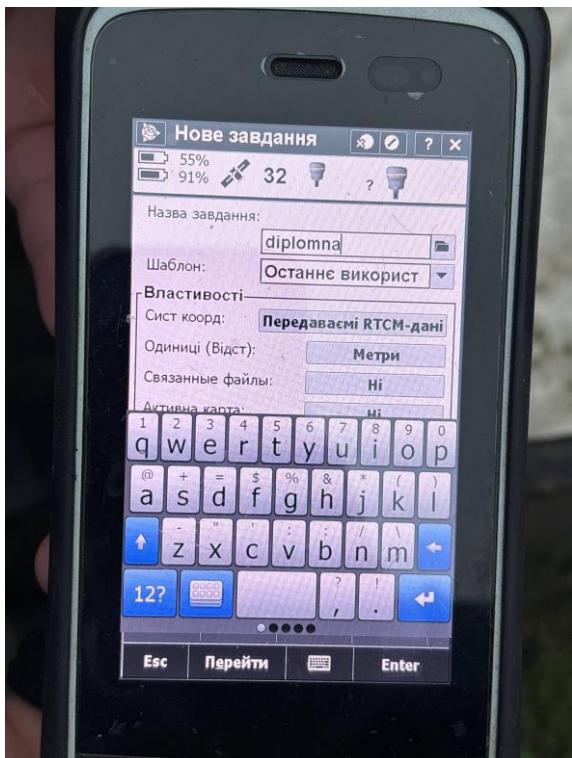
Після увімкнення контролера та запуску Trimble Access на екрані з'являється головне меню (рис.2). Меню містить кілька основних розділів: «Завдання», «Введення», «Розрахунки», «Розбивка» та «Інструмент». Саме з розділу «Завдання» починається будь-яка польова робота, оскільки тут створюються нові робочі файли, у яких зберігатиметься уся інформація про зйомку.



(рис.2)

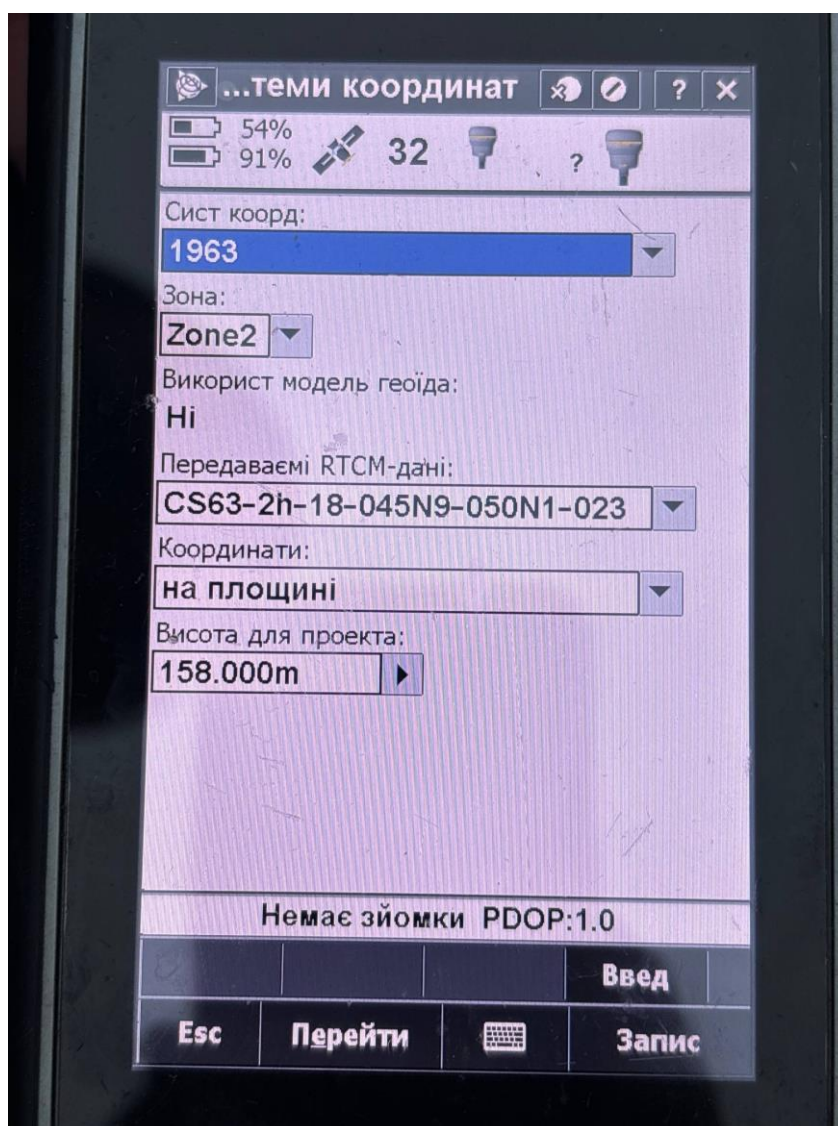
Я відкрив меню «Завдання» і обрав пункт «**Нове завдання**», щоб створити окремий проєкт саме для цієї дипломної роботи.

Завданню я дав назву *diplomna*, щоб легко ідентифікувати його серед інших файлів на контролері (рис.3).



(рис.3)

Далі найважливішим етапом стало налаштування **системи координат**. Використавши функцію «Передаємі RTCM-дані».Trimble Access запропонував вибір із доступних систем, серед яких я обрав **СК-63 (1963 рік), 2-гу зону**, оскільки саме ця система використовується для геодезичних робіт на території **Вижницького району Чернівецької області**. В Україні територія для СК-63 поділена на зони шириною 6° по довготі. Вижницький район лежить у межах другої зони, тому всі плани, технічна документація та кадастрові матеріали тут виконуються саме у **СК-63, зона 2**. Обрання іншої зони призвело б до зміщення всіх координат на кілометри, тому правильний вибір проєкції — ключовий момент (рис.4).



(рис.4)

СК-63 — це плоска прямокутна система координат, у якій усі точки задаються у значеннях **X (північ)** та **Y (схід)** у метрах. Вона була і залишається основною в багатьох районах України, поки не завершений повний перехід на УСК-2000. Через це всі старі технічні документи, включно з тими, що є основою для приватизованих ділянок, виконані саме в СК-63.

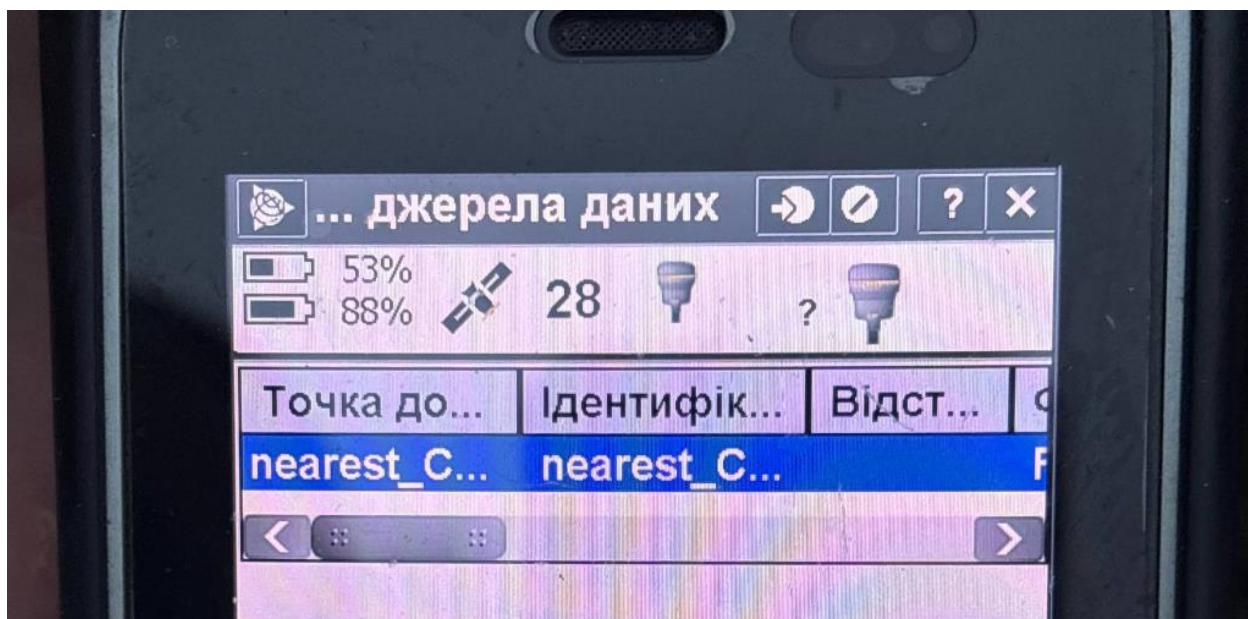
Після встановлення системи координат програма відкриває робоче середовище нового проєкту (тут фотографія робочого вікна без точок). Тут відображається інформація про статус приймача, кількість супутників, якість сигналу, точність і поточне положення контролера. Також присутнє поле міні-карти, на якій поступово з'являються точки зйомки.

Наступним кроком було введення **висоти антени**. У моєму випадку використовувалась стандартна віха довжиною 2 метри разом із адаптером, тому у програмі я ввів **висоту антени 2.00 м** (тут фото введення висоти антени). Від правильності введення цього параметра залежить точність визначення висоти кожної точки. Наприклад, якщо помилитися на 2–3 см, то на стільки ж помилиться всі висотні дані. Тому введення висоти завжди перевіряється вручну двічі.

Після цього я виконав підключення до RTK-мережі. Trimble Access дозволяє обрати профіль інтернет-підключення і під'єднатися до найближчої референц-станції, яка передає корекції у форматі RTCM (рис. 5.1, 5.2). Коли з'єднання встановлене успішно, на екрані з'являється статус **RTK FIX**, що означає, що приймач отримує поправки й може визначати координати з сантиметровою точністю.



(рис.5.1)



(рис.5.2)

У момент підключення приймач бачив **від 27 до 32 супутників**, а значення **PDOP** (показник геометрії супутників) знаходилось на рівні **1.0–1.3**. Це дуже добрий показник, який свідчить, що супутники розташовані рівномірно і система може працювати з високою точністю.

Після виконання всіх попередніх кроків прилад був повністю готовий до зйомки:

- створено окреме завдання,
- обрано правильну систему координат для Вижницького району,
- введено висоту антени,
- виконано підключення до RTK-мережі,
- отримано стабільний RTK FIX.

На цьому етапі я міг переходити до безпосередньої зйомки поворотних точок ділянки, що буде описано у наступному розділі.

2.3. Процес GNSS-зйомки поворотних точок земельної ділянки.

Після створення проєкту та налаштування системи координат я перейшов до основного етапу — визначення фактичних меж земельної ділянки разом із власником і виконання польової зйомки всіх поворотних точок.

Перед самим зніманням я разом із власником ділянки здійснив повний обхід території. Це обов'язкова частина роботи, оскільки межі на місцевості часто

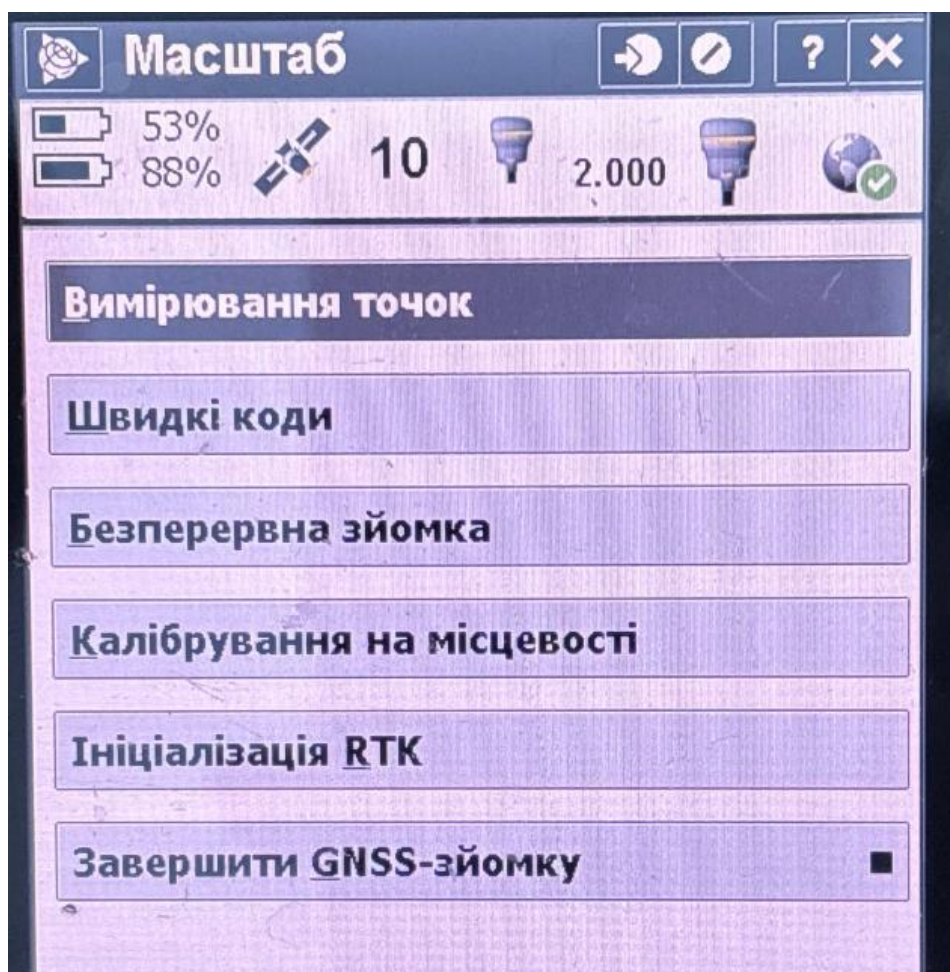
можуть відрізнятися від того, як вони виглядають у документах. Власник показав мені основні орієнтири: ділянка частково огорожена бетонним парканом, частково металевою сіткою, а на кількох відрізках межа проходить по відкритій території, де огорожу ще не встановлено. Якщо є можливість, бажано запросити й суміжних землекористувачів — у випадку різних трактувань меж вони можуть пояснити, як саме проходить спільна лінія.

Після того як я чітко зрозумів, які точки потрібно знімати, я увімкнув приймач Trimble R10, відкрив на контролері програму **Trimble Access** і зайшов у функцію «**Масштаб**» — саме вона використовується для зйомки ділянок по периметру (рис.6). У цьому режимі точки записуються одна за одною, що дозволяє не збитися з порядку.



(рис.6)

Режим «Масштаб», має великий функціонал, роботу якого я поясню. (рис.7).



(рис.7)

Режим «Масштаб» — це спеціальний інструмент для польових робіт, який використовується саме тоді, коли необхідно виконати детальне визначення меж, контурів і окремих характерних точок об'єкта. Він включає кілька підрежимів, кожен з яких має свою функцію. На моєму контролері відображалися такі пункти:

- Вимірювання точок
- Швидкі коди
- Безперервна зйомка
- Калібрування на місцевості
- Ініціалізація RTK
- Завершити GNSS-зйомку

Кожен пункт призначений для конкретних задач, і в дипломній роботі важливо пояснити, чому саме я обрав конкретний режим.

1. Вимірювання точок (мій вибір)

Це класичний режим для зйомки поворотних точок земельної ділянки. У ньому я сам обираю конкретні точки, встановлюю віху на межу, стабілізую рівень і фіксую координати, коли точність є прийнятною.

Цей режим дозволяє:

- працювати точка за точкою, не збиваючись із послідовності;
- контролювати точність кожної точки окремо;
- не записувати зайві дані між точками;
- уникнути шуму та сплесків координат — у GNSS це критично;
- зручно фіксувати нерівномірні поворотні точки (кутові, зміщені, лінійні злами).

Саме для меж земельної ділянки, де важливий кожен сантиметр, правильним вибором є “Вимірювання точок”. Це найбільш точний режим, і він повністю відповідає завданням моєї роботи.

2. Швидкі коди

Це режим для прискорення зйомки, коли потрібно автоматично присвоювати код кожній точці (дорога, канава, дерево тощо).

Використовується у топографічній зйомці місцевості, але не підходить для меж ділянок, де точки повинні вводитися вручну і з точним контролем.

Тому я його не використовував.

3. Безперервна зйомка

Цей режим застосовується, коли GNSS-приймач записує координати постійно з певним інтервалом — наприклад, через кожен метр або кожні 3 секунди.

Добре підходить для зйомки лінійних об’єктів — доріг, берегів, лісосмуг, русел струмків.

Для меж ділянки цей режим категорично не підходить, тому що:

- межа має чіткі поворотні точки, а не плавні лінії;
- автоматичний запис може “накидати” зайві точки між поворотами;

-виникають спотворення конфігурації.

-Тому я свідомо відкинув цей варіант.

4. Калібрування на місцевості

Це складніший режим, який використовується тоді, коли потрібно поєднати GNSS-координати з локальною системою координат або виконати трансформацію (наприклад, коли об'єкт має стару “умовну” систему координат).

Оскільки моє завдання — зйомка в державній системі координат 1963 року, і приймач отримував корекції через RTK із центру ДЗК, ніякого додаткового калібрування не потребувалося.

Тому цей пункт я не використовував.

5. Ініціалізація RTK

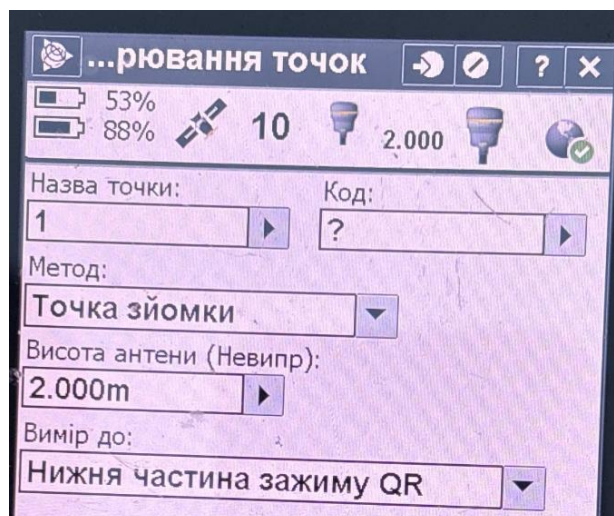
Це технічна функція — відновлення RTK-FIX, якщо сигнал тимчасово втрачено. Іноді використовується при погіршенні сигналу. У моєму випадку FIX був стабільним, PDOP нормальний, тому ця функція не була потрібна.

6. Завершити GNSS-зйомку

Пункт для завершення роботи після обходу всього периметру.

Я натискаю його після того, як усі точки зафіксовані.

Першим кроком я задав номер початкової точки — **1**, та налаштував висоту антени, згідно довжини віхи (рис.8).



(рис.8)

Першу точку я обрав у місці, яке легко перевірити і знайти знову — у моєму випадку це був кут бетонного паркану. Такі точки зручні тим, що їх практично неможливо переплутати й ними легко перевіряти правильність подальшої роботи (рис.9).



(рис.9)

Після вибору точки я встановив віху з приймачем у точку та провів **центрування по бульбашці**. Це обов'язковий етап: якщо віха нахилена навіть на кілька градусів, координата зміститься вбік. Я уважно стежив, щоб бульбашка була точно по центру (рис.10).



(рис.10)

Далі я перевіряв параметри приймача на екрані контролера:

- **стан рішення** — повинен бути тільки *RTK FIX*,
- **кількість супутників** — щонайменше 20+,
- **PDOP** — оптимально 1.0–1.3, максимально допустимо 2.0,
- **горизонтальна точність** — до 1–2 см.

Trimble Access підсвічує значення, якщо вони виходять за межі норми. Якщо з'являється FLOAT, якщо стрибає PDOP або точність різко погіршується — точку фіксувати не можна. У таких випадках я чекав кілька секунд, поки

приймач стабілізує положення. R10 робить це швидко — зазвичай протягом 3–10 секунд.

Коли всі показники були в нормі, я натиснув кнопку запису точки (рис.11).

The screenshot shows a surveying application interface with the following fields and values:

- Назва точки:** 1
- Код:** ?
- Метод:** Точка зйомки
- Висота антени (Невипр):** 2.000m
- Вимір до:** Нижня частина зажиму QR
- Період вимірювань:** 0x11c
- Залишилось епох:** 0
- RTK П:0.061m В:0.059m** (with a green checkmark icon)
- Опції** (button)

(рис.11)

Після цього я переходив до наступної межевої точки, рухаючись по периметру ділянки у тому напрямку, який показав власник.

На ділянках з чіткими межами — наприклад, вздовж бетонного паркану — зйомка проходила легко, і точки записувалися швидко за умови вертикальної віхи та стабільного FIX. У місцях, де межа проходила по сітці, я уточнював напрямок межі, щоб точно визначити поворотні точки. На відкритих відрізках межі, де огорожі немає, я орієнтувався на пояснення власника: він показував місця, де межа проходила раніше за документами або як її окреслювали під час землевпорядних робіт.

Кожного разу перед записом точки я повторював однаковий алгоритм:

1. Встановив віху у точку.
2. Перевірів **бульбашку** — щоб стояла по центру.
3. Подивився на стан рішення: **тільки FIX**.
4. Перевірів **точність, PDOP**, кількість супутників.
5. Якщо значення стабільні — записав точку.
6. Якщо значення нестабільні — чекав, поки виправляться.

Під час обходу були моменти, коли показники тимчасово погіршувалися: при наближенні до металевої сітки, у деяких місцях біля одноповерхових будівель або при тимчасовому зниженні стабільності сигналу. У таких випадках я відходив на кілька сантиметрів убік, щоб усунути перешкоду, або просто чекав, поки FIX повернеться.

Таким чином я послідовно обійшов усю ділянку і зафіксував усі **13 поворотних точок**. На цьому етапі GNSS-зйомка периметру ділянки була завершена. Я отримав координати всіх точок у правильній послідовності та з контролем точності, що дозволяє проводити подальшу камеральну обробку та аналіз конфігурації ділянки.

2.4. Перевірка отриманих результатів та оцінка точності польової зйомки.

Після того як усі точки по периметру ділянки були зняті, я перейшов до етапу перевірки результатів. У звичайних умовах геодезисти роблять це не в полі, а вже в офісі: дані з контролера завантажуються в комп'ютер і відкриваються у спеціальних програмах, таких як **Digitals, Panorama, QGIS** чи **MapInfo**. Там працювати набагато зручніше, бо програма одразу накладає мої виміряні точки на різні шари — топографічні підоснови, кадастрові межі, підкладки OpenStreetMap, супутникові знімки.

У нормальних умовах я би просто експортував свою зйомку у форматі CSV або XML, відкрив у Digitals, і програма сама би підтягнула офіційні межі з кадастру. Зазвичай це робиться через стандартний інструмент «Підключення WMS шарів», де є доступ до Публічної кадастрової карти. Після цього мої точки автоматично лягають поверх кадастрової підоснови, і можна легко перевірити, наскільки моя зйомка співпадає з офіційними межами.

Так	зазвичай	і	виглядає	перевірка:
кадастрова	межа	—	з офіційної	документації,
моя	межа	—	з польової	зйомки,

і програма показує всі зміщення, якщо вони є.

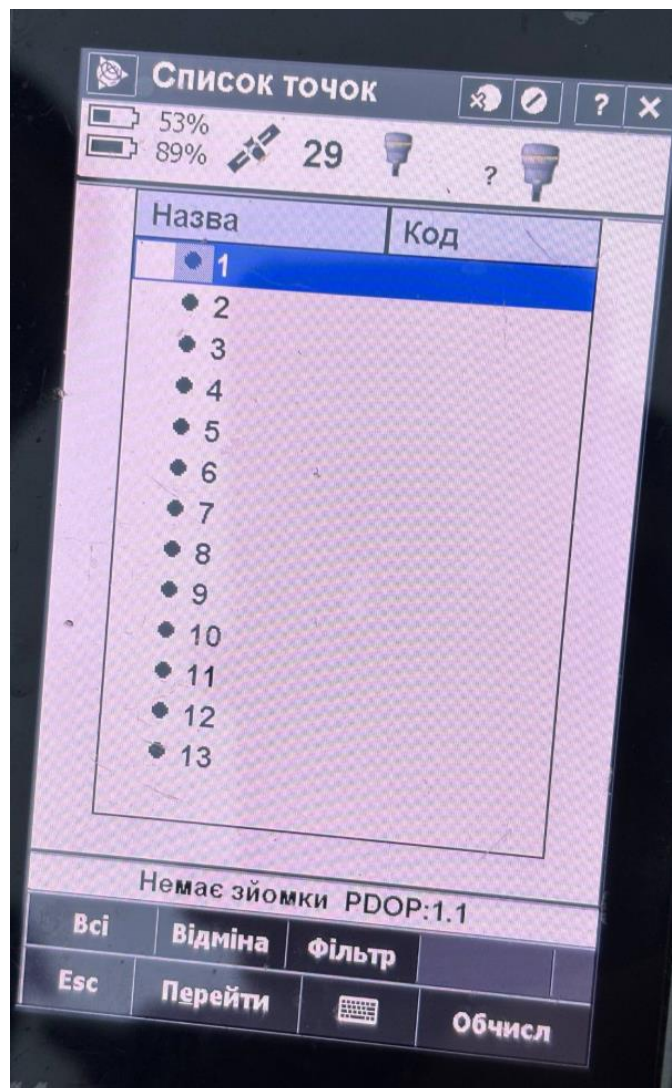
На жаль, зараз через обмеження, пов'язані з воєнним станом, доступ до кадастру працює нестабільно, і підключити онлайн-шари не було можливості. Крім того, частину кадастрових шарів тимчасово приховано з міркувань безпеки. Тому я використовував інший шлях — **перевірку через сам контролер Trimble**, а базою для порівняння стала технічна документація, що є у мене як у власника ділянки.

Спочатку я відкрив головне меню контролера і вибрав пункт «Розрахунки» (рис.12).



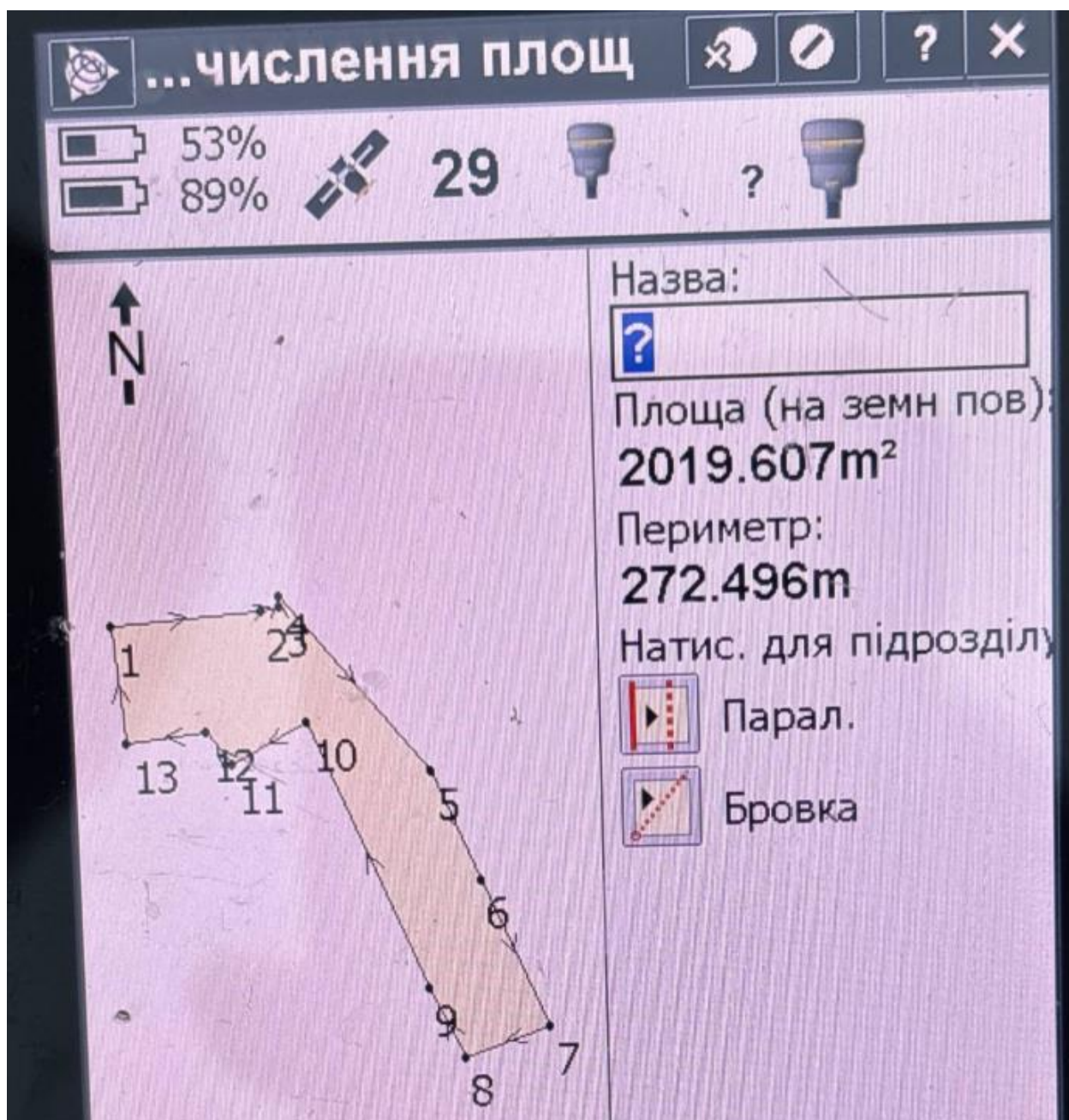
(рис.12)

У цьому розділі є різні інструменти, але мене цікавило саме «Обчислення площ». Після відкриття цього меню прилад показав список усіх точок, які я зняв. У моєму випадку їх було 13. Я виділив їх у тому порядку, в якому вони були відзняті, і натиснув «Обчислити» (13).



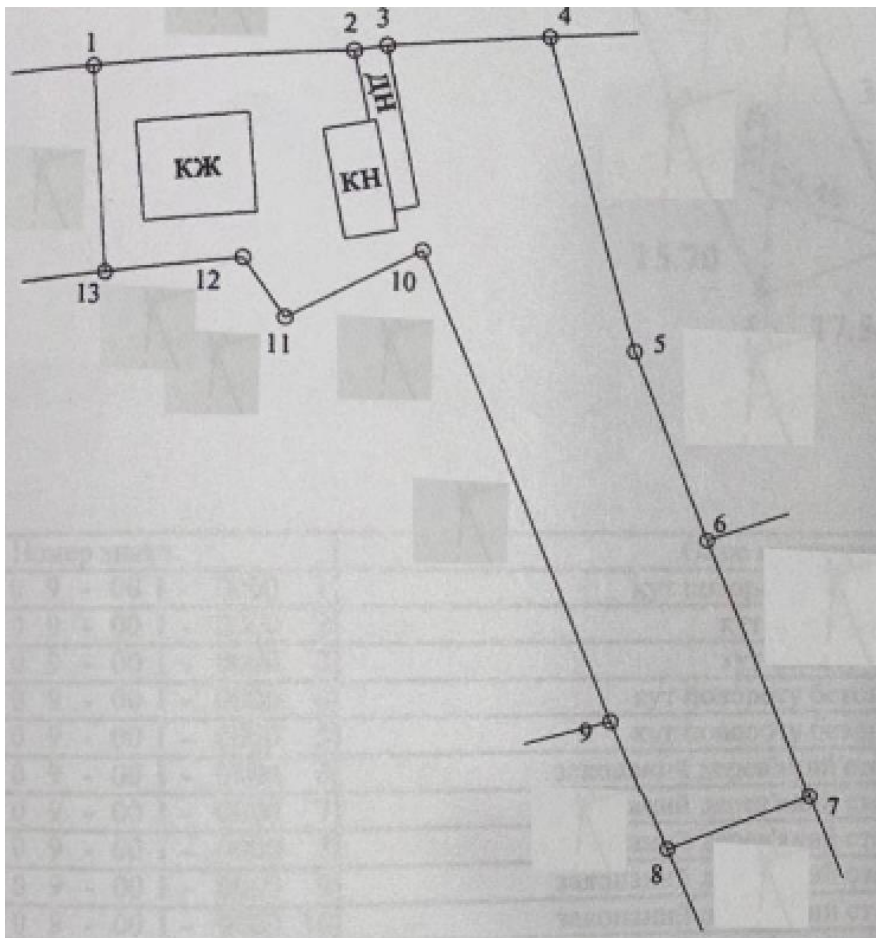
(рис.13)

Контролер побудував полігон ділянки та одразу показав мені і конфігурацію меж, і площу. На екрані з'явилася моя ділянка у вигляді замкненого контуру, і під ним — підрахована площа: **2019.607 м²**, що становить приблизно **20,2 сотки**. Периметр полігону також був автоматично вирахований — **272.496 метрів** (рис.14).



(рис.14)

Я звірив отриману конфігурацію з тією, що є у мене в технічній документації (рис.15), і вони співпали — всі характерні злами, пропорції та форма ділянки були правильними. Різниця лише у площі: офіційна площа — **21 сотка**, моя фактична — трохи менша. Це нормальне явище, тому що під час польових замірів GNSS-методом межі знімаються "як вони є на місцевості", а в документах вони вже приведені до кадастрової топології.



(рис.15)

У справжній обробці ця різниця взагалі зникає. Коли дані завантажуються в Digitalis або іншу програму для формування XML, ділянка «прив'язується» до сусідніх меж, які вже є в кадастрі. Тобто контур розтягується або трохи зсувається так, щоб лягти точно у своє місце, і програма автоматично приводить площу до тієї, що визначена офіційно.

Якщо ж трапляється ситуація, коли сусіди не приватизовані і офіційних меж у кадастрі немає, тоді орієнтиром стають фактичні межі на місцевості — огорожі, старі межеві знаки, кути забудов, сліди давнього користування. У такому випадку площа визначається саме за фактом, і вже після оформлення документації ці межі потрапляють у кадастр як юридично правильні.

У моєму випадку перевірка показала, що всі точки введені правильно, контур є правильним, а різниця між фактичною і офіційною площею пояснюється винятково відсутністю корекції через кадастрові шари. Тому результат польової зйомки є повністю коректним.

2.5. Винесення меж земельної ділянки в натуру за відомими координатами

Винесення меж ділянки в натуру — це один із найвідповідальніших етапів геодезичних робіт, який виконується після визначення координат поворотних точок. Якщо топографо-геодезична зйомка дозволяє зібрати інформацію про рельєф, об'єкти і контури, то винесення, навпаки, переносить цифрові дані назад у реальний простір. На практиці винесення роблять тоді, коли власнику потрібно чітко знати, де саме проходить межа: перед будівництвом паркану, встановленням фундаменту, оранкою паю, поділом ділянки між спадкоємцями або коли виникає спір із сусідніми землекористувачами. В сучасній геодезії цей процес повністю заснований на координатах, тому правильність вихідних даних є критично важливою.

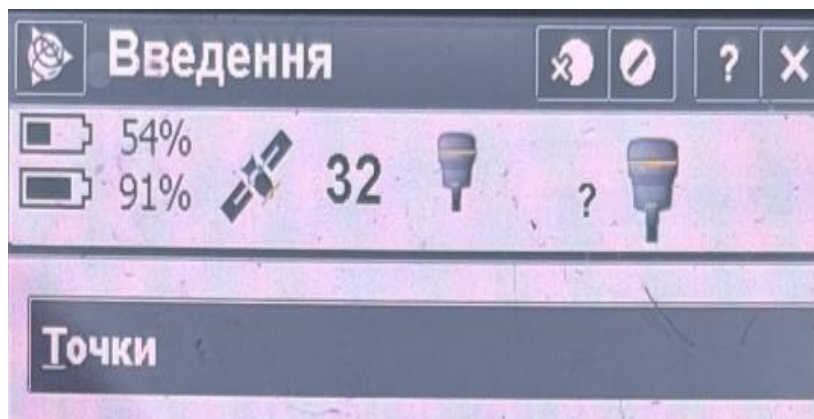
У звичайних умовах координати поворотних точок ділянки геодезист отримує за її кадастровим номером. Через спеціальні фахові застосунки ці точки завантажуються з кадастрового шару, автоматично відображаються межі ділянки й межі всіх суміжних землеволодінь. Це дозволяє відразу зрозуміти, де повинні проходити межі, чи немає накладок, та за потреби вирівняти лінії відповідно до юридично встановленої геометрії. Однак у період дії обмежень на доступ до Державного земельного кадастру, пов'язаних із військовим станом, можливість отримати ці координати онлайн відсутня. Тому для виконання даної роботи я використав координати власної приватної ділянки,

що офіційно зафіксовані в моїй технічній документації на право власності. Це повністю легальна практика, оскільки власник має право працювати з координатами своєї земельної ділянки без доступу до публічних карт.

Першим етапом я зайшов у меню контролера в пункт «Введення» (рис.16.1) та обрав команду «Точки» (рис.16.2) .

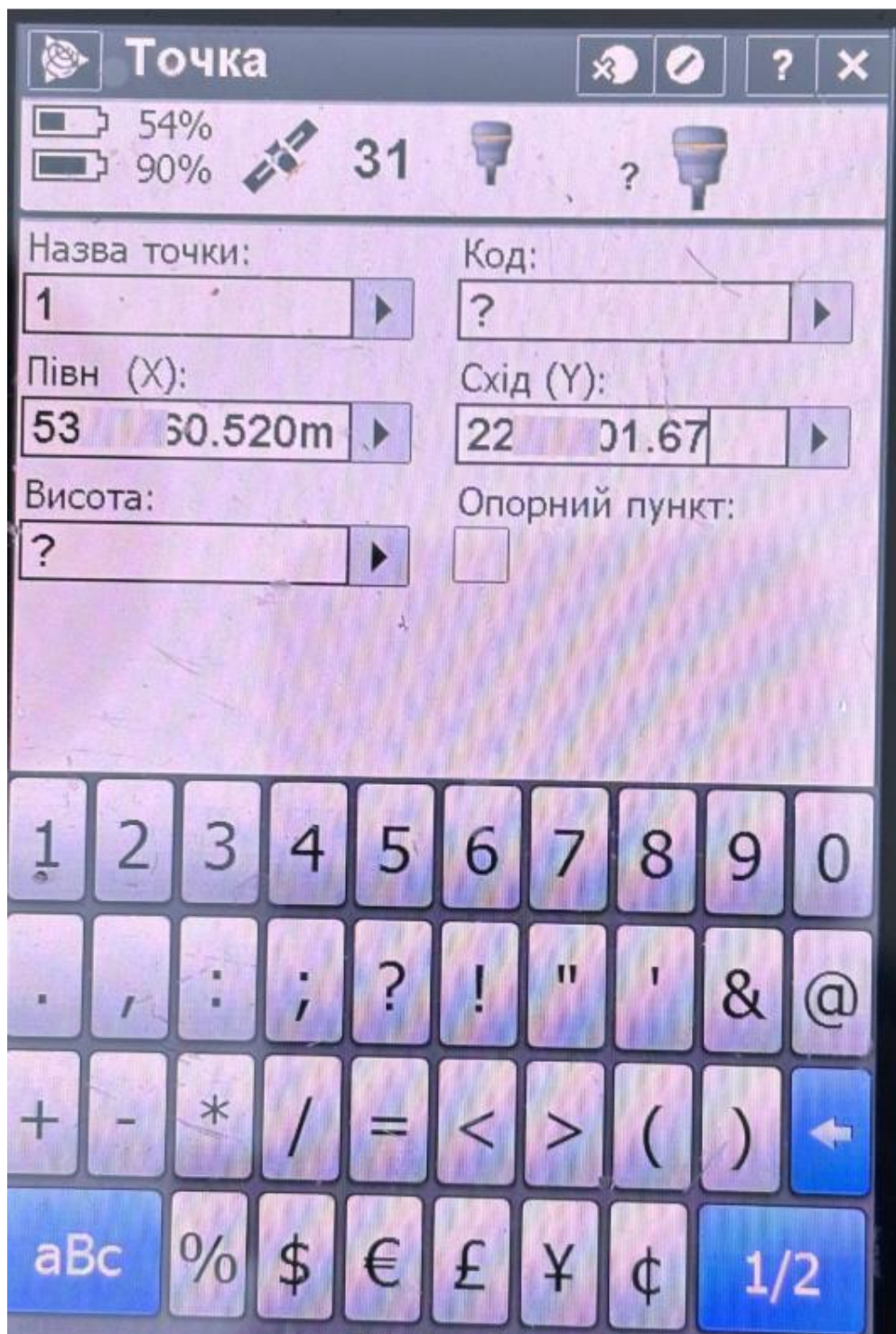


(рис.16.1)



(рис.16.2)

Переді мною відкрилась форма для ручного введення координат. Для кожної точки я вводив її порядковий номер та значення «Північ (X)» і «Схід (Y)». Оскільки координати в державній системі мають багатозначний формат, я вводив їх уважно, цифра за цифрою, звіряючи з документацією. Найменша помилка навіть на одну цифру може змістити точку вбік на десятки метрів. Таким способом я ввів всі 13 поворотних точок, що формують межу моєї ділянки (рис.17).



(рис.17)

Після того як вся геометрія була занесена у проєкт, я перевінив правильність вводу. Для цього вийшов на головне меню й обрав «Розрахунки», а далі — «Обчислення площ». У вікні я відмітив усі введені точки й запустив розрахунок. Прилад автоматично побудував полігон і визначив площу. Результат — 2100 м^2 — практично відповідав 21 сотці, яка зазначена у моїй технічній документації. Крім площі, важливою ознакою правильності був і сам

контур. На дисплеї прилад показав знайому, чітко впізнавану форму ділянки. Якби хоча б одна координата була введена неправильно, одна з точок «вилізла» б у бік або контур виглядав би поламаним. Але вся геометрія співпала, тому я міг переходити до винесення.

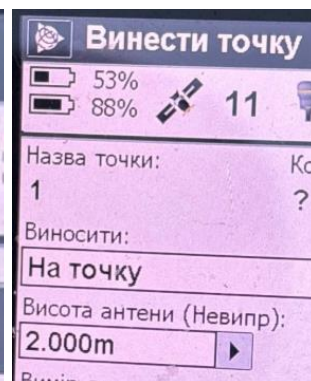
Наступним кроком я відкрив меню «Розбивка», обрав «Точки» й натиснув «Винести точку» (рис.18.1, 18.2, 18.3). Потім зі списку вибрав першу точку. Перед початком роботи прилад попросив провести калібрування компаса (фото), оскільки без цього напрямок може визначатися некоректно. Калібрування — це стандартна процедура, що забезпечує точну роботу навігаційної стрілки на екрані. Після завершення калібрування я натиснув «Запуск», і прилад перейшов у режим навігації.



(рис. 18.1)



(рис.18.2)



(рис. 18.3)

На екрані з'явилась стрілка, що показує напрямок, де знаходиться точка, і цифра — відстань до неї (рис. 19). Я почав рухатися відповідно до стрілки, періодично звіряючи екран із реальною місцевістю.



(рис.19)

Коли я наближався, стрілка зникала, й переходив інший режим — коло з хрестиком. Це найточніший інтерфейс винесення: хрест позначає фактичне положення антени, а коло — точне місце проектної точки. Моє завдання — сумістити хрест із центром кола. Перед фіксацією положення я завжди перевіряю бульбашку рівня на віху. Якщо віху тримати під нахилом, прилад покаже зміщене значення навіть тоді, коли здається, що ти стоїш прямо на точці. Коли я виставив віху строго вертикально, хрест став точно в центрі кола — відхилення складали всього кілька міліметрів (рис.20.1, рис. 20.2). Це означає, що прилад «піймав» точку максимально точно.



(рис. 20.1)



(рис. 20.2)

Після цього я встановив у ґрунт металевий кілок (рис.21), тим самим зафіксувавши точку в натурі. Цікаво, що перша точка припала точно на видиму стару межу між моєю ділянкою та сусідньою — це додатково підтверджує правильність координат. Далі я аналогічно виніс усі інші точки. На кожній із них прилад показував мінімальні відхилення, а межеві лінії лягали рівно по тих самих межах, які фактично були на місцевості.

Таким чином винесення меж у природу на основі координат з технічної документації дозволило точно відновити всі межеві точки. Цей процес повністю відповідає сучасній геодезичній практиці та демонструє, як цифрові координати перетворюються у фізично закріплені точки на місцевості. Це один із ключових етапів, без якого неможливе ані коректне землекористування, ані будь-які будівельні роботи, ані встановлення реальних межових знаків.



(рис. 21)

2.6. Перевірка винесення меж у натуру та оцінка точності виконаних робіт

Після того як усі межові точки були винесені на місцевість і закріплені кілками, наступним обов'язковим етапом стала перевірка правильності винесення. У геодезії цей етап є не менш важливим, ніж сам процес розбивки, тому що саме від точності винесених точок залежить подальша юридична чистота меж, можливість будівництва, а також відсутність конфліктів із сусідніми землекористувачами. Якщо хоча б одна точка буде винесена з помилкою, це може потягнути за собою накладення меж, порушення цілісності ділянки або зміщення всієї конфігурації. А виправити це після будівництва паркану або споруди інколи буває практично неможливо.

Перевірка починається з оцінки відповідності реального положення кілків тим координатам, які були введені в проєкт. У моєму випадку я спочатку візуально оглянув розташування встановлених точок. Дуже важливим моментом є те, що фактичні межі на місцевості повинні логічно збігатися з тими ознаками, які вже існують — старий паркан, межа обробленої землі, край городу, орієнтири сусідів. У мене перша ж винесена точка лягла точно на стару межу між двома ділянками, і це стало первинним підтвердженням правильності координат.

Після попереднього огляду я знову увімкнув прилад і для кожної винесеної точки зайшов у режим «Винести точку» та підходив до встановленого кілка з антеною. Якщо все зроблено правильно, то при підході хрест на екрані має накладатися точно на центр кола. Для перевірки достатньо підвести антену до встановленого кілка й утримувати віху у вертикальному положенні. У мене у всіх точках відхилення становили від кількох міліметрів до 1–2 сантиметрів, що є абсолютно допустимим для робіт такого типу. Це означає, що точка була перенесена на місцевість настільки точно, наскільки дозволяє РТК-приймач у реальних умовах.

Така перевірка потрібна з кількох причин. По-перше, при винесенні точок завжди залишається людський фактор — оператор міг не ідеально тримати віху, могли бути раптові перешкоди сигналу чи короточасні стрибки PDOP.

По-друге, ґрунт у деяких місцях може бути м'яким, і після забивання кілок може трохи зміститися. І по-третє, інколи прилад у момент фіксації міг показати допустиме, але не ідеальне значення, і вже на перевірці точку можна скоригувати буквально на кілька сантиметрів. Це абсолютно нормальна практика — перевірка завжди робиться для того, щоб остаточне положення межі було максимально точним.

Окрім технічної складової, правильність винесених меж має і юридичне значення. Якщо згодом на ділянці буде будуватися паркан або житлова споруда, межі мають збігатися з координатами, зареєстрованими в технічній документації або кадастрі. Неправильне винесення хоча б однієї точки може спричинити претензії від сусідів або стати підставою для судових спорів. Натомість точне винесення меж — це свого роду «страховка», що всі будівельні та землепорядні роботи виконуються законно й відповідно до офіційно затверджених меж.

Крім польової перевірки, є ще один спосіб впевнитись у правильності — це співставлення реальних винесених точок із CAD-моделлю чи контуром, який було отримано під час розрахунку площі. Я завантажив свій проєкт у контролері в режим перегляду карти та візуально оцінив, наскільки винесений контур на місцевості співпадає з цифровим. Усі точки збіглися, а форма ділянки збереглася без жодних викривлень.

Таким чином, перевірка винесення підтвердила правильність введених координат, точність роботи приладу та коректність виконаних польових дій. Всі межові точки були встановлені туди, де вони повинні бути згідно з технічною документацією. Це дозволило вважати процес винесення завершеним та достовірно виконаним.

Висновки до 2 розділу.

У ході виконання практичної частини магістерської роботи було проведено повний комплекс геодезичних робіт, спрямованих на визначення та

закріплення меж земельної ділянки з використанням GNSS-обладнання. У процесі польових досліджень здійснено підготовку обладнання, створено робочий проєкт у контролері Trimble Access, вибрано відповідну систему координат для території Вижницького району та виконано детальну зйомку всіх поворотних точок ділянки.

Отримані виміряні дані були перевірені як технічно, так і змістовно: досліджено конфігурацію контуру, розраховано фактичну площу, проведено аналіз відхилень та зіставлено результати з наявною технічною документацією на земельну ділянку. Встановлено, що фактична форма та площа ділянки повністю відповідають базовим документальним даним, а різниця в межах похибки є характерною для GNSS-зйомки та усувається на етапі камеральної обробки.

Окрему увагу приділено процесу винесення меж у натуру. На основі введених координат здійснено розбивку та фізичне закріплення поворотних точок на місцевості з контролем просторових відхилень. Усі точки були винесені з високою точністю та підтвердили правильність як вихідних координат, так і методики виконання робіт. Перевірка розташування межових знаків засвідчила відповідність існуючим межам землекористування та повну коректність отриманих результатів.

Узагальнюючи, проведена практична частина продемонструвала ефективність GNSS-технологій у визначенні та закріпленні меж земельних ділянок, а також підтвердила важливість комплексного підходу, що включає як польову, так і камеральну перевірку. Отримані дані можуть бути використані для подальшого формування XML-файлів, уточнення кадастрової інформації та забезпечення точного і законного землекористування. Практична частина виконана повністю, відповідає поставленим завданням і є невід'ємною складовою магістерської роботи.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі здійснено комплексне дослідження теоретичних основ та практичних методів визначення і закріплення меж земельної ділянки із використанням сучасних GNSS-технологій. На основі аналізу нормативно-правової бази, систем координат, технічних вимог до точності та принципів роботи супутникових навігаційних систем було сформовано цілісне теоретичне підґрунтя, що забезпечує глибоке розуміння специфіки кадастрових і геодезичних робіт у сучасних умовах.

У першій частині роботи детально досліджено поняття межі та поворотних точок, визначено їхню геодезичну та юридичну природу. Встановлено, що саме координати, закріплені в технічній документації та погоджені із суміжними землекористувачами, мають пріоритет над фактично наявними межовими знаками. Проаналізовано вимоги щодо точності, допустимі похибки GNSS-вимірювань, особливості впливу рельєфу, перешкод та мультипуту на результати зйомки. Окрему увагу приділено системам координат СК-63 та УСК-2000, їхнім технічним характеристикам та особливостям застосування на території Чернівецької області.

На основі аналізу GNSS-технологій було визначено, що RTK-вимірювання є найбільш ефективним інструментом для встановлення меж земельних ділянок завдяки високій точності, швидкості роботи та мінімізації суб'єктивних похибок. Розглянуто принципи роботи супутникових систем GPS, GLONASS, Galileo та BeiDou, параметри якості прийому, роль DOP-коефіцієнтів, а також різницю між FIX- та FLOAT-рішеннями. Доведено, що за правильного налаштування обладнання та стабільного сигналу GNSS-приймач забезпечує сантиметровий рівень точності, достатній для виконання кадастрових робіт.

У теоретичній частині також досліджено правові аспекти встановлення меж. Проаналізовано ключові законодавчі акти України, що регламентують порядок формування меж, їх погодження та відновлення. Показано, що встановлення меж є юридично відповідальною процедурою, результати якої мають визначальне значення для подальшої реєстрації прав власності та

захисту меж у судовому порядку. Окремо охарактеризовано обмеження, що виникли у період воєнного стану: закриття доступу до Публічної кадастрової карти, кадастрових API та цифрових даних, що змінило підходи до перевірки меж і збільшило роль технічної документації власників.

Практична частина роботи продемонструвала реальну апробацію теоретичних положень на прикладі приватної земельної ділянки. Було виконано повний цикл польових геодезичних робіт: попереднє обстеження території, взаємодію з власником, вибір системи координат, налаштування приймача, RTK-знімання усіх поворотних точок, обчислення площі та перевірку конфігурації. Встановлено, що результати GNSS-зйомки практично співпадають із даними технічної документації, а похибки знаходяться у межах нормативних значень. Особливу увагу приділено аналізу помилок, пов'язаних із нестабільним FIX, впливом перешкод та можливими помилками введення координат.

Подальшим етапом стало винесення меж ділянки у натуру. Процес перенесення координат у польових умовах дозволив оцінити точність обладнання та відповідність форми ділянки даним технічної документації. Чіткий збіг поворотних точок із фактичними межами та суміжними землекористуваннями підтвердив правильність виконаних вимірювань і коректність методики. У роботі описано процес центрування віхи, калібрування компаса, наведення на точку, а також методи контролю точності під час закріплення межових знаків.

Порівняння результатів вимірювань із техдокументацією показало, що GNSS-технології забезпечують надійну основу для відновлення меж навіть без доступу до кадастрових шарів. Установлено, що отримана площа земельної ділянки практично співпадає з нормативною, а відхилення є незначними та обумовленими природними похибками RTK-вимірювань. Це свідчить про можливість застосування такої методики не лише в умовах повного доступу до кадастру, але й за умов обмежень, пов'язаних із воєнним станом.

Таким чином, у ході роботи досягнуто всі поставлені цілі. Теоретично обґрунтовано й практично підтверджено, що методи GNSS-знімання та RTK-

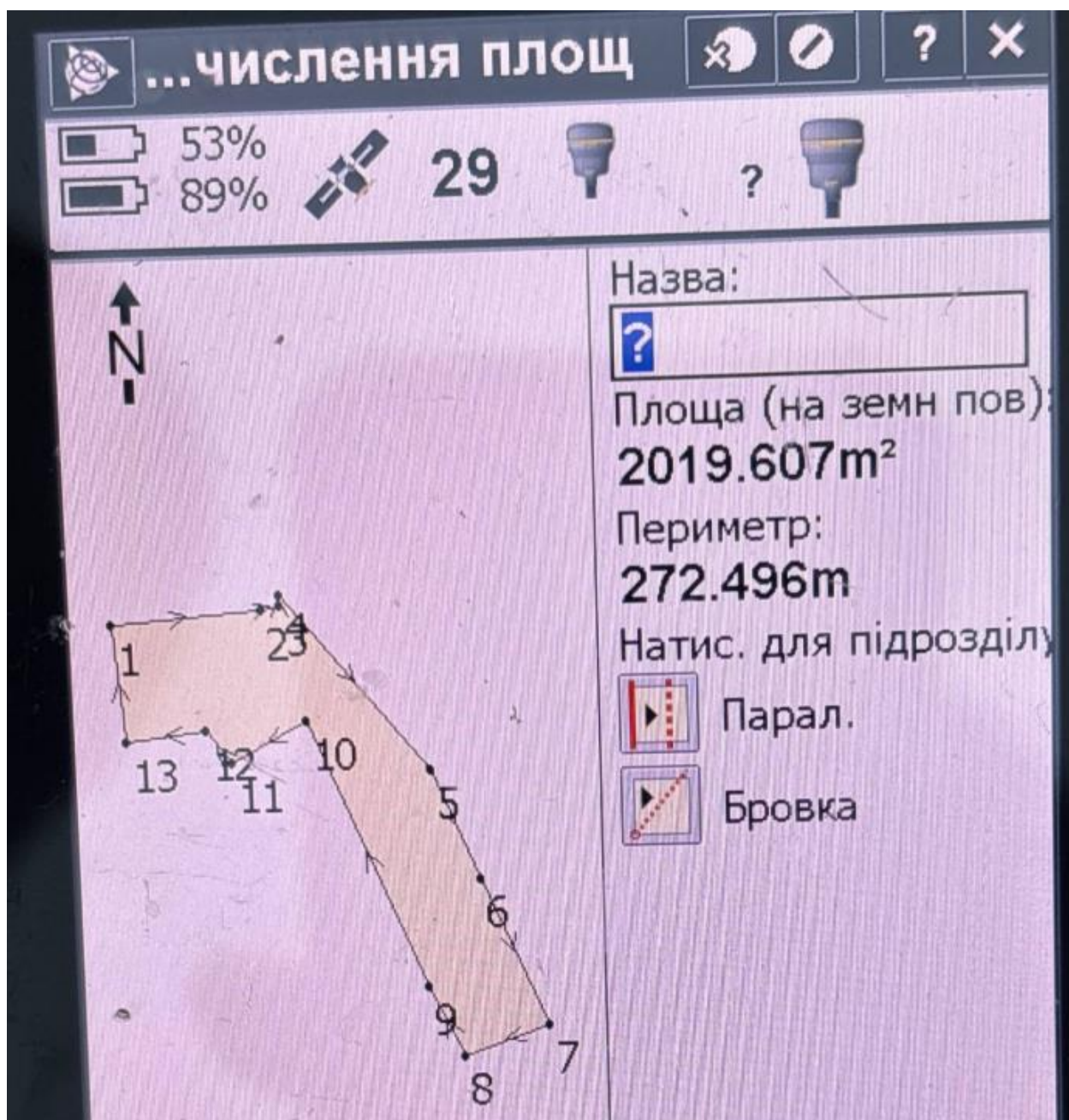
вимірювань є ефективним інструментом для визначення і винесення меж земельних ділянок. Проведена апробація методики показала її надійність, точність і придатність для реальної кадастрової практики. Отримані результати можуть бути використані у подальшій професійній діяльності, для виконання кадастрових робіт, відновлення меж, вирішення земельних спорів та розробки технічної документації із землеустрою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

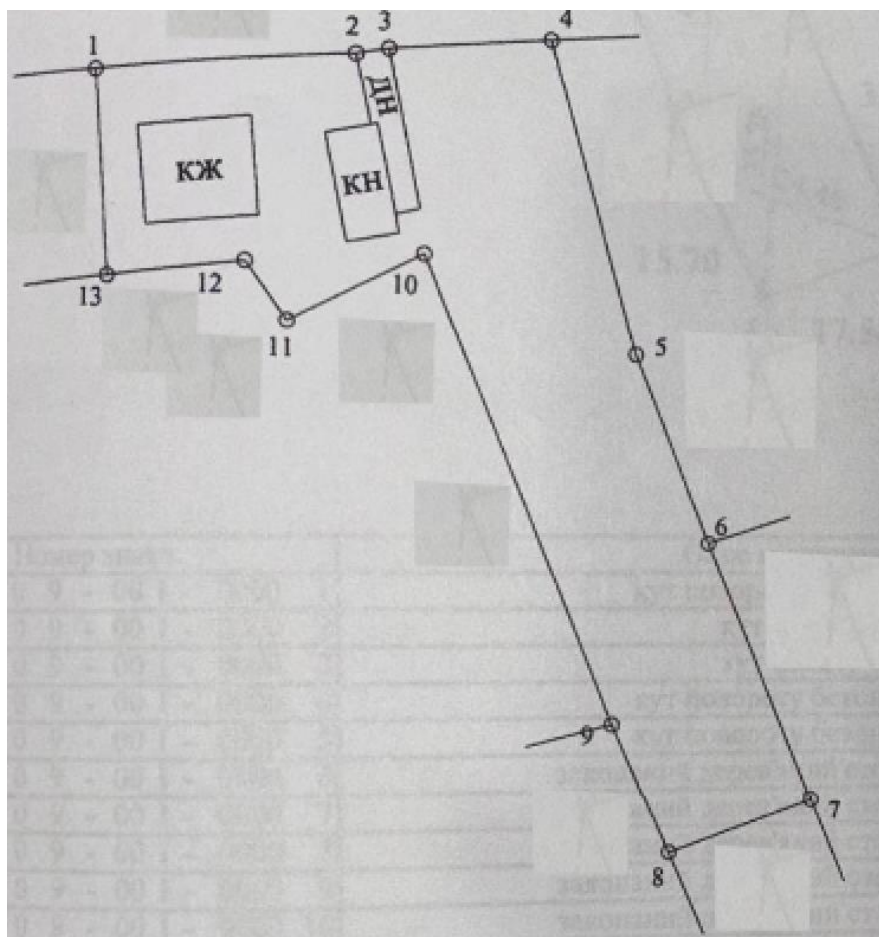
1. Земельний кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III.
2. Закон України «Про державний земельний кадастр» від 07.07.2011 № 3613-VI.
3. Закон України «Про землеустрій» від 22.05.2003 № 858-IV.
4. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру» від 17.10.2012 № 1051.
5. Інструкція про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості), затверджена наказом Держкомзему України від 18.05.2010 № 376.
6. Інструкція з топографо-геодезичних робіт. Київ: ГУГКіК, 1998.
7. Національна система координат України УСК-2000. Основні положення та правила застосування. Київ: ГУГКК, 2007.
8. ДСТУ Б Б.1.1-5:2013. Геодезія. Терміни та визначення.
9. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E. GNSS – Global Navigation Satellite Systems. GPS, GLONASS, Galileo and more. Springer, 2008.
10. Leick A., Rapoport L., Tatarnikov D. GPS Satellite Surveying. 4th ed. Wiley, 2015.
11. Trimble Navigation Ltd. Trimble R10 GNSS System. User Guide. 2019.
12. Van Sickle J. GPS for Land Surveyors. CRC Press, 2020.
13. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/> — Офіційний портал Верховної Ради України (нормативні документи).
14. URL: <https://www.trimble.com/> — Офіційний сайт Trimble (технічні специфікації).
15. URL: <https://dzk.gov.ua/> — Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру.
16. Постанова КМУ «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» № 560 від 26.07.2001.

- 17.Марченко О. М., Коваль П. В. Геодезія: навчальний посібник. Київ: Ліра-К, 2020.
- 18.Губар Ю. І. Супутникові методи геодезичних вимірювань. Львів: Вид-во ЛНАУ, 2018.
- 19.Третяк К. Р., Бабій І. В. Системи координат та їх застосування у кадастрових роботах. Науковий вісник ЛНАУ, 2019.
- 20.Жердєв Є. В. Методи визначення та відновлення меж земельних ділянок. Збірник наукових праць КНУБА, 2021.
- 21.URL: <https://map.land.gov.ua> — Публічна кадастрова карта України (станом до обмеження доступу).
- 22.URL: <https://ukrgeodesy.gov.ua> — Матеріали щодо геодезичних мереж та державних стандартів.
- 23.NTRIP протоколи та робота базових станцій GNSS. Технічний бюлетень компанії Trimble, 2021.
- 24.European GNSS Agency (GSA). Galileo Open Service — Service Definition Document. 2022.
- 25.International GNSS Service (IGS). **Technical Report**. 2021.
- 26.ДСТУ ISO 17123-8:2019. Геодезичні та вимірювальні прилади. Польові методи перевірки. Частина 8. GNSS-приймачі.
- 27.Moritz H., Hofmann-Wellenhof B. Physical Geodesy. Springer, 2006.
- 28.El-Rabbany A. Introduction to GPS: The Global Positioning System. 2nd ed. Artech House, 2006.
- 29.Teunissen P. J. G., Montenbruck O. Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems. Springer, 2017.
- 30.Kaplan E. D., Hegarty C. J. Understanding GPS/GNSS: Principles and Applications. 3rd ed. Artech House, 2017.

ДОДАТКИ



(Додаток А)



(Додаток Б)



(Додаток В)



(Додаток Г)