

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою
Кафедра автомобільних доріг, геодезії та землеустрою

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи магістра
на тему:

**Методика топографічного знімання методом
Глобальних Навігаційних Супутникових Систем**

Розробив: **Кабика Віталій Анатолійович**
студент гр. 601-БЗ,
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
№ з.к. 10589012

Керівник: **Міщенко Роман Анатолійович**
к.т.н., доцент кафедри автомобільних доріг,
геодезії та землеустрою

Рецензент: _____

Полтава 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою
Кафедра автомобільних доріг, геодезії та землеустрою

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ
до кваліфікаційної роботи магістра
на тему

**Методика топографічного знімання методом
Глобальних Навігаційних Супутникових Систем**

Розробив: **Кабика Віталій Анатолійович**
студент гр. 601-БЗ
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
№ з.к. 10589012

Консультанти:

із земельно-правових питань _____ д.е.н., професор Шарий Г.І.

із охорони навколишнього середовища _____ к.т.н., доцент Щепак В.В.

із геодезії _____ к.т.н., доцент Міщенко Р.А.

Нормоконтроль _____ к.т.н., доцент Щепак В.В.

Допустити до захисту
зав. кафедри _____ д.е.н., професор Шарий Г.І.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
РОЗДІЛ 1 Законодавче та методологічне забезпечення топографічного знімання	8
1.1 Законодавча основа топографічної зйомки	8
1.2 Методологічне забезпечення топографічного знімання	14
РОЗДІЛ 2 Технічне і технологічне забезпечення GNSS-знімання.....	32
2.1 Топографічне знімання із застосуванням GNSS приймачів	32
2.2 Точність вимірювання геодезичними GNSS приймачами.....	52
2.3 Калібрування GNSS приймачів	58
2.4 Проектування знімальної геодезичної мережі GNSS методом статичної зйомки з постобробкою	61
2.5 Порівняльна характеристика GNSS приймачів	63
РОЗДІЛ 3 Проведення GNSS знімання території.....	66
3.1 Загальна характеристика території знімання	66
3.2 Геодезично-картографічне забезпечення території	74
3.3 Методика та технологія виконання GNSS знімання	86
ВИСНОВОК	94
Список використаних джерел	98
Додатки	103

						<i>КРМ 601-БЗ 10589012</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кабика В.А.			Методика топографічного знімання методом Глобальних Навігаційних Супутникових Систем	Стадія	Арк.	Аркушів
Керівник		Мищенко Р.А.					4	97
Н. Контр.		Щепак В.В.				Національний університет Полтавська політехніка «імені Юрія Кондратюка», Кафедра АДГтаЗ		
Затверд.		Шарий Г.І.						

ВСТУП

Актуальність кваліфікаційної роботи магістра. Земельні ресурси є основою матеріального та духовного виробництва. Від характеру й рівня ефективності використання землі залежить розвиток продуктивних сил, масштаби виробництва та матеріальний добробут народу.

Стан земельних ресурсів завжди належатиме до числа провідних факторів, які впливають на розвиток продуктивних сил держави.

Раціональне використання земель – науково обґрунтоване розумне використання із усіх точок зору, цільового призначення, ефективності охорони й поліпшення.

Раціональне землекористування означає максимальне залучення до господарського обігу всіх земель та ефективно їх використання за основним цільовим призначенням. Головне місце належить складанню проектів землеустрою.

Земля є національним багатством, яке необхідно охороняти, відтворювати та розумно ним розпоряджатися.

Безпосереднє вивчення земної поверхні та розташування на ній об'єктів для забезпечення цілого ряду суспільних потреб потребує моделювання, тобто безпосереднє вивчення місцевості замінюється вивченням її моделі. Одним із різновидностей моделювання земної поверхні займається топографія.

Топографія – наукова дисципліна, що має своїм предметом докладне вивчення земної поверхні у геометричному відношенні й розробку способів моделювання цієї поверхні для одержання інформації про місцевість.

Топографія має широке застосування у всіх галузях господарства.

При дослідженні місцевості та проектуванні різних об'єктів необхідно проводити зйомку ділянок місцевості, по якій вони будуть розташовуватися.

					<i>КРМ 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

Топографічні дані на сьогодні потрібні при вирішенні задач щодо визначення та позначення на місцевості санітарно-захисних зон, врахування й прогнозування наслідків техногенних аварій і катастроф, розміщення об'єктів ландшафтно-паркового мистецтва, проведення інших природоохоронних заходів.

До наукових і практичних задач топографії відносять розробку й удосконалювання методів створення топографічних карт, способів зображення на них земної поверхні, способів та правил використання карт у рішенні наукових й практичних задач.

Основний метод вивчення земної поверхні в топографії є топографічна зйомка.

Одним із передових і сучасних методів виконання великомасштабного топографічного знімання є використання глобальних навігаційних супутникових систем. Вони здійснюються із урахуванням якості, оперативності та достовірності топографічних планів для забезпечення управлінських рішень органів самоврядування, суб'єктів господарювання, громадян.

Розглядаючи удосконалення проведення топографо-геодезичних робіт потрібно звернути увагу на роль таки вчених, як А. Островський, О. Мороз, С. Войтенко, К. Третяк, І. Тревого, С. Перій, В. Літинський, П. Черняга,

А. Лященко, Ю. Карпінський, С. Могильний, А. Моторний, О. Чеботарьов, В. Селіханович, Н. Лазоренко-Гевель, О. Кучер, Р. Висотенко, В. Лавренєв, В. Глотов, О. Ясинський, Ю. Стопхай, Л. Скакодуб, Т. Кондратенко.

Мета і завдання кваліфікаційної роботи магістра. Метою магістерської роботи є обґрунтування теоретичних і методологічних основ топографічного GNSS-знімання. Відповідно до зазначеної мети були сформовані наступні завдання:

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

- обґрунтувати теоретичні та методичні засади розвитку топографічного знімання;
- дослідити розвиток GNSS-знімання;
- проаналізувати загальний стан території для проведення топографічного знімання;
- запропонувати напрями вдосконалення методології GNSS-знімання;

Об'єктом кваліфікаційної роботи магістра: є земельна ділянка на території Мачухівської територіальної громади Полтавського району Полтавської області.

Предметом кваліфікаційної роботи магістра: є теоретико-методологічні основи та практичні рекомендації з GNSS-знімання територія.

Наукова новизна магістерської роботи. Основний науковий результат кваліфікованої роботи магістра полягає в обґрунтуванні послідовності топографо-геодезичних робіт із великомасштабного топографічного знімання з використанням GNSS.

У роботі використані наступні методи досліджень: історичний (при визначенні розвитку методів великомасштабного топографічного знімання); монографічний (для виявлення основних тенденцій та закономірностей здійснення топографічного знімання); абстрактно-логічний (для виявлення факторів, які найбільше впливають великомасштабне топографічне знімання); графічний (для наочного відображення порівнянних показників).

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, трьох розділів , висновків, списку цитованої літератури та додатків.

Текст роботи викладено на 97 сторінках друкованого тексту. Матеріали магістерської роботи містять 38 рисунків і 12 таблиць. Список використаної літератури складається з 50 джерел.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1

ЗАКОНОДАВЧЕ ТА МЕТОДОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ЗНІМАННЯ

1.1. Законодавча основа топографічної зйомки

Для проведення великомасштабних топографічних знімачь було розглянуто діючу нормативно-правову основу із виконання інженерно-геодезичних робіт.

У 13 статті Конституції України відображається, що земля, її надра, атмосферне повітря, водні та інші природні ресурси, що знаходяться на території України, природні ресурси її континентального шельфу, виключної (морської) економічної зони є об'єктами права власності Українського народу. Від імені Українського народу права власника здійснюють органи державної влади та органи місцевого самоврядування в межах їх визначеності [1].

Земельний кодекс України є основним правовим актом земельного законодавства України. Земельний кодекс України – кодифікований нормативний закон, що регулює земельні відносини з метою забезпечення раціонального використання землі, рівномірного розвитку всіх форм власності на землю, збереження і відтворення родючості ґрунтів, поліпшення природного довкілля, захист прав фізичних та юридичних осіб на землю [2].

Дана область охоплює:

- Глава 34 "Державний земельний кадастр", стаття 198 – Кадастрові зйомки – це комплекс робіт, які проводяться для визначення та відновлення меж земельних ділянок. Також наводиться, що входить до кадастрової зйомки;

- Глава 31 «Землеустрій», стаття 184, яка містить зміст землеустрою, та стаття 186 про порядок розгляду та затвердження документації із землеустрою [2].

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

Закон України «Про землеустрій». Цей Закон визначає правові та організаційні основи діяльності у сфері землеустрою та спрямований на регулювання відносин, що виникають між органами державної влади, органами місцевого самоврядування, юридичними та фізичними особами щодо забезпечення сталого використання земель.

У статті 25 Закону визначено види документації із землеустрою, як вбачається із цієї статті, для виготовлення практично всіх видів документації із землеустрою, тією чи іншою мірою, необхідно виконання топографо-геодезичних досліджень [2].

Для проведення землевпорядних робіт необхідно мати топографічні карти, плани, профілі, на підставі яких визначається сучасний стан земельного фонду, потім шляхом економічних розрахунків встановлюється потреба у складі земель для певних цілей, після чого об'єкти землеустрою проектуються на планах і картах.

Закон України «Про державний земельний кадастр». Закон встановлює правові, економічні та організаційні основи діяльності у сфері Державного земельного кадастру.

Державний земельний кадастр є єдиною державною геоінформаційною системою відомостей про землі, розташовані в межах державного кордону України, їх цільове призначення, обмеження у використанні, а також даних про кількісні та якісні характеристики земель, їх оцінку, розподіл земель між власниками та користувачами.

Відповідно до статті 8 «Геодезична та картографічна основа державного земельного кадастру»:

- геодезичною основою Державного земельного кадастру є державна геодезична мережа.
- картографічною основою Державного земельного кадастру є карти (плани), які сформовані за формою та масштабом відповідно до державних стандартів, норм і правил, технічних регламентів [6].

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

Закон України «Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність». Державне управління у сфері топографо-геодезичної та картографічної діяльності здійснюється Кабінетом Міністрів України, спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері земельних відносин, та його органами на місцях, міністерствами України, інші органи виконавчої влади.

Завданням законодавства про топографо-геодезичну і картографічну діяльність є регулювання відносин у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності з метою задоволення потреб держави і громадян у результатах топографо-геодезичної і картографічної діяльності.

Топографо-геодезична та картографічна діяльність – наукова, виробнича та управлінська діяльність, спрямована на визначення параметрів фігури, поля тяжіння Землі, координат точок земної поверхні та їх зміни в часі, створення та використання державної геодезичної та гравіметричної мережі України, мережі постійних станцій супутникового спостереження, топографічні, тематичні карти і плани, створення та оновлення картографічної основи державних кадастрів, баз геопросторових даних та геоінформаційних систем [4].

Відповідно до ст. 4 об'єктами топографо-геодезичної та картографічної діяльності є:

- територія України, включаючи водні об'єкти, міста та інші населені пункти, системи промислових, гідротехнічних та інших інженерних споруд і комунікацій, континентальний шельф і виключна морська економічна зона України;
- територія земної кулі, включаючи Антарктиду, Світовий океан, космічний простір, небесні тіла [4].

Картографічно-геодезичний фонд України – сукупність геодезичних, топографічних, картографічних, гідрографічних, аерофотоматеріалів і даних, у тому числі в цифровому вигляді, отриманих у результаті топографо-

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

геодезичної та картографічної діяльності, які розміщені та зберігаються на території України [4].

Державні будівельні норми України «Інженерні вишукування для будівництва». Ці норми встановлюють основні положення та вимоги щодо проведення інженерних вишукувань для будівництва на території України, нового будівництва, реконструкції існуючих будівель і споруд виробничого та невиробничого призначення, технічного переоснащення діючих підприємств, ліквідації будівель і споруд. для виробничого та невиробничого призначення, а також для розробки оцінки впливу на навколишнє середовище усіх видів планованого будівництва, техніко-економічних обґрунтувань інвестиційних проектів, генеральних планів забудови територій, складання земельних кадастрів, інженерного захисту територій. , а також перелік спеціалізованих обстежень (або умовно обстеження).

Інструкція з проведення топографічних зйомок масштабу 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) є обов'язковою для всіх суб'єктів господарювання незалежно від форм власності, які виконують топографічні знімання в масштабі 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500.

Інструкція встановлює нормативні вимоги щодо виконання повного комплексу великомасштабних топографічних зйомок.

Інструкцією передбачено використання чинних «Умовних знаків для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500» з урахуванням доповнень та роз'яснень Укргеодезкартографії про особливості їх застосування.

Інструкція встановлює технічні вимоги до геодезичної основи, точність, зміст, методику створення та оновлення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500, методику виконання топографічних зніманих, а також визначає вимоги до вибору системи координат, висот, масштабів і ділянок рельєфу в залежності від призначення топографічних планів [9].

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

На сьогоднішній день розглянута інструкція морально застаріла, тому розроблено проект порядку з топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. Пунктом 6 передбачено проведення топографічного знімання наступними методами:

- тахеометрична зйомка;
- зйомка методами Глобальних Навігаційних Супутникових Систем (GNSS);
- аерофотозйомка;
- лазерне сканування;
- Лазерне сканування поділяється на:
 - наземне стаціонарне лазерне сканування
 - наземне мобільне лазерне сканування
 - авіаційне лазерне сканування

Космічна фотозйомка.

Комбінована топографічна зйомка – виконується поєднанням декількох методів.

Наказом Мінагрополітики від 02.12.2016 № 509 «Про затвердження Порядку застосування державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при проведенні робіт із землеустрою» визначено особливості землевпорядних робіт щодо використання система координат УСК-2000.

На топографічних картах і планах зображують різноманітні об'єкти місцевості: контури населених пунктів, городів, озер, садів, річок, лінії доріг, лінії електропередач. Сукупність цих об'єктів називається ситуацією. Ситуація зображується умовними знаками.

Умовні знаки та позначення в топографії – графічні малюнки відповідних розмірів, форми і кольору, нанесені на топографічні плани відповідно до об'єктів місцевості (населених пунктів, озер, річок, рельєфу, залізниць, доріг, рослинності) і об'єктів (промислових споруд), комунікаційні

					<i>КРМ 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

склади, елементи гідрогеології та дренажу, електрообладнання та електропостачання) [18].

Умовні знаки класифікують на шість груп: площинні, лінійні, контурні або масштабні, позамасштабні (коли площа об'єктів не виражається в масштабі карти чи плану), комбіновані та пояснювальні. Підписи викреслюють для відповідних масштабів карти, плану чи іншої графічної документації згідно зі спеціальними “Таблицями умовних знаків”, “Умовними позначеннями для топографічних планів чи карт”, державними стандартами.

Умовні знаки для позамасштабного зображення об'єктів належить розташовувати на плані, як правило, перпендикулярно до південної сторони рамки плану. Виняток складають позначення будівель, павільйонів, теплиць та інших легких споруд, загонів для худоби, кладовищ, причалів, невеликих ділянок лісу, які орієнтуються на плані відповідно до розташування даних об'єктів на місцевості. Для чіткого забезпечення зображення на планах важливих об'єктів (геодезичних пунктів, орієнтирних предметів, берегових ліній, об'єктів гідрографії), допускається нанесення суміжних з ними умовних знаків з невеликим нахилом або зміщенням [10].

Закон України “Про географічні назви” визначає правові основи регулювання відносин та діяльності, пов'язаних із встановленням назв географічних об'єктів, а також виконує нормування, облік, реєстрацію, використання та збереження географічних назв.

Оновлення інженерно-топографічних планів вишукувань минулих років за виявленими у результаті польового обстеження змінами ситуації та рельєфу. За загального обсягу змін більше 35 відсотків знімальні роботи виконують у повному обсязі.

Склад, обсяги, методи та технології, а також типи й конструкції застосовуваних інструментів і пристосувань при проведенні інженерно-геодезичних робіт на конкретному об'єкті (залежно від цілей робіт, їх

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

точності відповідно до технічного завдання замовника) визначають відповідно до вимог відповідних нормативних документів, спеціальних інструкцій або обґрунтовують у програмі виконання робіт.

1.2. Методологічне забезпечення топографічного знімання

Розвиток топографо-геодезичної та картографічної діяльності залежить від інформаційних технологій, особливо глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS), локації об'єктів, аерокосмічних систем високої роздільної здатності для отримання інформації про Землю, створення високопродуктивні засоби отримання просторової інформації про Землю в режимі реального часу на основі оптико-електронних систем сканування місцевості, супутникових радарів, неметричних камер, піктографічних зйомок для створення реалістичних моделей місцевості, наземної та повітряної лазерної локації, цифрової аерофотозйомки, фотографія, включаючи безпілотні літальні апарати, методи обробки цифрових зображень та геоінформаційні системи й телекомунікаційні технології як основні засоби забезпечення доступу громадськості до геопросторових даних та інформації.

Такий вплив інформаційних технологій на розвиток топографо-геодезичної та картографічної діяльності визначив необхідність переходу від інфраструктури картографічного виробництва до розвитку інфраструктур геопросторових даних.

Наземні методи топографічного знімання. Сучасні наземні методи топографічної зйомки включають:

- горизонтальні та вертикальні зйомки: планові, висотні, планово-висотні;
- наземна фотограмметрична зйомка та лазерне сканування;
- тахеометрична зйомка;

					<i>КРМ 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

GNSS – це інфраструктура, яка включає в себе плеяду орбітальних супутникових станцій із глобальним покриттям, що працюють у поєднанні з мережею наземних станцій і супутниковими системами диференціальної корекції, що дає змогу визначати географічне положення, відстань, напрямок, швидкість руху та місцевий час приймача користувача в будь-якій точці землі, на поверхні або в повітрі шляхом обробки сигналів, отриманих від супутників у космосі. На особливу увагу заслуговують кінематичні зйомки в реальному часі (RTK) і кінематичні зйомки з постобробкою (PPK), оскільки ці методи дозволяють знімати велику кількість точок за більш короткий проміжок часу з горизонтальною точністю $1 \text{ см} + 2 \text{ ppm}$ і вертикальний $2 \text{ см} + 2 \text{ стор./хв}$. Розвитку цих методів сприяє розвиток в Україні мереж діючих перманентних GNSS станцій [23].

Українська постійнодіюча GNSS-мережа складається зі станцій, що входять до державних, міжнародних та комерційних мереж (станом на 2022 р.):

- GNSS-станції Головної астрономічної обсерваторії НАН України;
- GNSS-станції мережі System.NET, спостереження яких надсилаються до IGS та EPN Операційним центром ГАО НАН України;
- GNSS-станції Системи координатно-часового і навігаційного забезпечення України, спостереження яких надсилаються до EPN Операційним центром ГАО НАН України;
- GNSS-станції, які вже не знаходяться під управлінням ГАО;
- GNSS-станції, які демонтовано або призупинено [20].

Станом на кінець 2021 року активних українських GNSS-станцій становить близько 417 штук [20].

Недоліком усіх систем супутникової навігації є певні умови впливу на сигнал від супутників, який може надходити до приймача із затримкою або не надходити взагалі. Робоча частота GNSS використовується у дециметровому

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

діапазоні радіохвиль, тому рівень прийому сигналу супутників приймачем може значно погіршитись від впливу наступних чинників:

- щільне листя дерев;
- велика хмарність.

Нормальному прийому сигналів GPS можуть завадити також перешкоди від багатьох наземних радіоджерел, а також від магнітних сплесків. Перешкодами для проходження сигналу можуть бути:

- щільна забудова міста;
- велика кількість хмарочосів;
- товсті бетонні чи залізобетонні стіни;
- розміщення приймача у підземному приміщенні.

Для мінімізації цих недоліків системи супутникової навігації, рекомендовано розміщувати приймач на максимально відкритій місцевості, або, використовувати виносні антени для покращення передачі сигналів.

Перед вибором приймачів супутникової навігації потрібно дізнатися, які системи супутникової навігації краще функціонують у даній місцевості. У полярних регіонах GPS (NAVSTAR) має значно меншу точність, порівняно із ГЛОНАСС (причиною відмінності є різний нахил орбіт супутників). Загалом GPS забезпечує найбільшу точність визначення місцезнаходження.

Комбіновані методи створення знімальних мереж і наземних зйомок. Поєднання електронних тахеометрів з GNSS (Smart Station) призвело до суттєвої зміни самих підходів до проектування геодезичних знімальних мереж. Комп'ютерна обробка геодезичних мереж повністю перейшла на використання методів жорсткого параметричного вирівнювання з визначенням повних кореляційних матриць і повною оцінкою точності всіх елементів мережі. Традиційна побудова геодезичних мереж методами полігонометрії, триангуляції, трилатерації трансформувалася в побудову лінійно-кутових мереж у поєднанні з вимірюваннями методами ГНСС. Це

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

потребує принципових змін у розробці схем розробки знімальних геодезичних мереж, перегляду всієї точної моделі та допусків на них.

Методи наземної фотограмметрії. Технологія наземної фототеодолітної зйомки, яка широко застосовувалася для отримання топографічних планів місцевості (особливо для відкритих територій зі складними формами рельєфу) у заданому масштабі, поступається відносно новій технології наземного лазерного сканування (LLS).) та поєднання цифрової фотограми для архітектурних обмірів пам'яток історії та культури. з NLS.

Методи виконання топографічних планів наведені на рисунку 1.1.

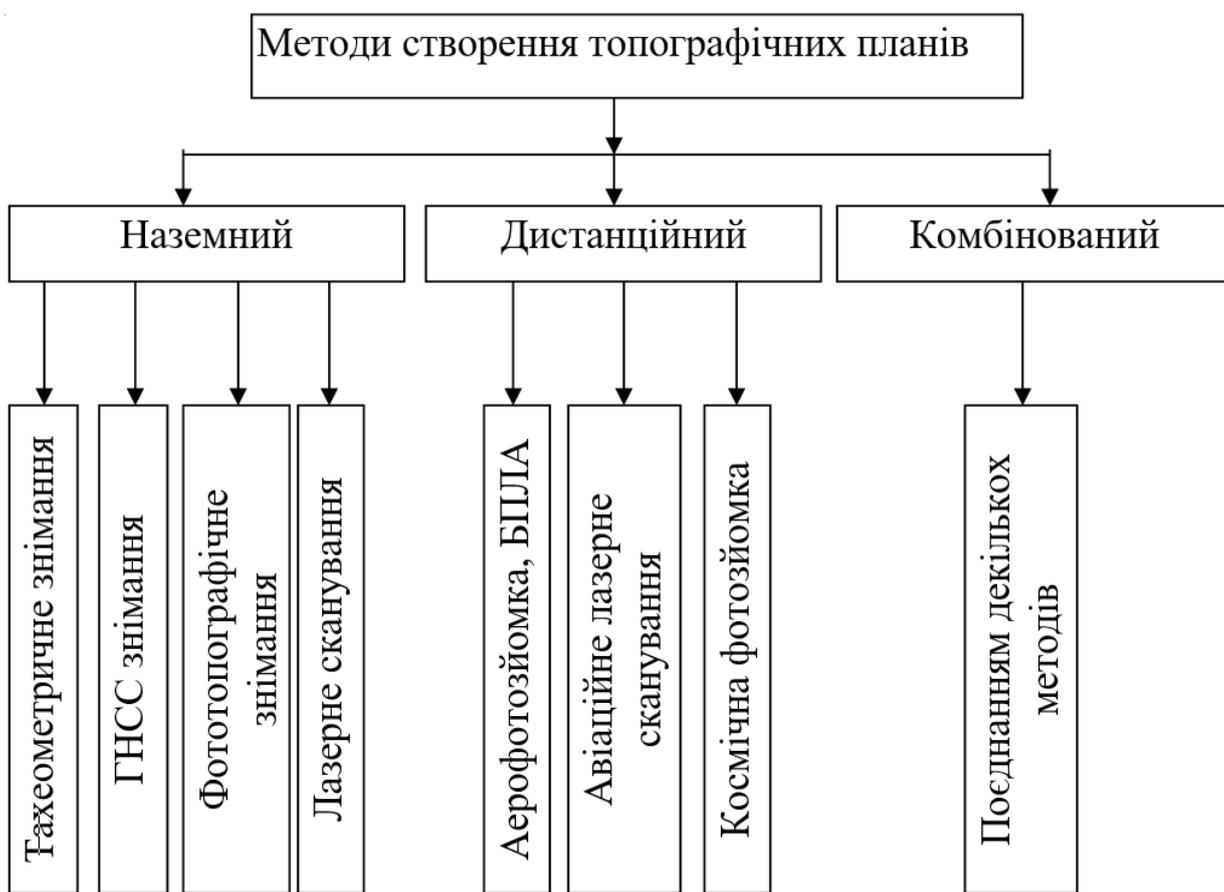


Рисунок 1.1 – Методи виконання топографічних планів

Методи наземного лазерного сканування та мобільні картографічні системи. Наземні методи лазерного сканування відомі із початку 90-х років

минулого століття, потужно розвиваються за останні десять років і полягають у вимірюванні відстаней від сканера до точок об'єкта на високій швидкості та реєстрації відповідних напрямків (вертикальні та горизонтальні кути), тому виміряні значення подібні до тих, що є для тахеометричної зйомки. Однак, на відміну від останнього, результатом наземного лазерного сканування є хмара точок (тривимірне зображення - розгортка) всього об'єкта, а не окремо виміряні точки. Тому в результаті наземного лазерного сканування виходять надлишкові вимірювання, обробка та зберігання яких потребують потужних комп'ютерних ресурсів [9].

За призначенням метод НЛС поділяється на: мобільні системи лазерного сканування, що використовуються для сканування лінійних об'єктів (тунелів, залізниць, доріг) і стаціонарні системи лазерного сканування, які використовуються (залежно від величини відстані) для вирішення багатьох прикладних задач, як моніторингу в промисловості, цивільному будівництві, топографічна зйомка, відтворення об'єктів. Мобільна лазерна скануюча система є різновидом мобільної картографічної системи (MMS - від англ. Mobile Mapping System). MMS складається з наступних блоків:

- лазерні сканери або цифрові камери для визначення координат об'єктів інфраструктури;
- GNSS та інерціальна навігаційна система для орієнтування мобільної картографічної системи, яка забезпечує високоточне орієнтування MMS у випадках, коли неможливо використовувати GNSS (тунелі, щільна забудова).

Мобільною платформою основних блоків може бути автомобіль або безпілотний літальний апарат (БПЛА). Точність геопросторових даних, отриманих у результаті мобільного лазерного сканування, при створенні автомобільних ГІС коливається від десятка сантиметрів до метра, а при скануванні залізничних колій – від кількох міліметрів до сантиметрів.

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

Поєднання цифрової фотограмметрії та наземного лазерного сканування стало можливим завдяки прогресу в приладобудуванні. Серед сучасних інструментів, що поєднують декілька методів збору геопросторових даних, можна відзначити:

- наземні лазерні сканери з вбудованою цифровою камерою (іноді додатково відеокамерою);
- електронні роботизовані тахеометри з функцією сканування;
- електронні роботизовані фототахеометри з функцією сканування;
- наземні лазерні сканери з окремою цифровою камерою;
- мобільні картографічні системи.

MMS інтегрує методи наземної фотограмметрії, лазерного сканування, GNSS та інерціальних навігаційних систем. Сучасні електронні роботизовані тахеометри, лазерні трекари можна вважати простим 3D лазерним сканером, призначеним для вимірювання окремих точок. Дані методи вимірювання можна комбінувати, щоб скористатися перевагами кожного з них.

Лазерні сканери та тахеометри можуть бути оснащені цифровими камерами для отримання правдивих кольорових зображень вимірюваного об'єкта або для обробки зображень, наприклад автоматичного вимірювання цілі або реконструкції поверхні за допомогою обробки стереозображення. Також тривимірні хмари точок, отримані в результаті наземного лазерного сканування, можуть поєднуватися з інформацією зображення різними способами, наприклад, для візуалізації, ідентифікації та вимірювання точок об'єктів, створення ортомозаїк або з метою реєстрації [9].

Дистанційні методи зйомки. Удосконалення технологій збору геопросторових даних можна відзначити не тільки в наземних і дистанційних зйомках: аерофотозйомці та супутникових знімках високої роздільної здатності, завдяки чому зростає рівень точності оперативності та отриманих даних. Залежно від висоти зйомки території поділяють на: космічні, аерозйомки та зйомки безпілотними літальними апаратами (БПЛА) [9].

					<i>КРМ 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

Традиційно до дистанційних або аерокосмічних методів відносять ті методи, які дозволяють отримувати інформацію про об'єкти земної поверхні, явища і процеси з космосу або повітря й засновані на неземній реєстрації електромагнітного випромінювання земної поверхні в різних спектральних діапазонах [9]. Ці методи можна класифікувати як: методами знімання та аналізу даних, метод збору даних і тип датчика. До методів знімання та аналізу даних відносяться: стереозйомка, багатозональний, багаточасовий, багаторівневий, багатополаризаційний, комбінований та дисциплінарний методи, які детально опишемо в роботі.

За способом отримання даних методи поділяються на:

- фотозйомка;
- аерофотозйомка;
- телевізійна зйомка;
- оптико-електронна зйомка;
- оптико-механічна зйомка;
- інфрачервоні (теплова) зйомка;
- радіотеплова зйомка;
- лазерне сканування;
- радіолокаційна зйомка.

Фотозйомка здійснюється переважно кадровими (розрізняють також панорамні та щілинні) системами аерокосмічної фотозйомки у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах. У результаті на основі центральної проекції створюються чорно-білі, кольорові, спектрональні та мультиспектральні фотозображення. Фотознімки мають високу роздільну здатність і використовуються для створення ортофотознімків, топографічних планів у великому та середньому масштабі.

Аерофотозйомка – один із елементів картографічної технології, що передбачає комп'ютерну обробку аерофотознімків, які попередньо скануються на фотограмметричному сканері високої роздільної здатності.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

Недоліком фотозйомки є низька ефективність отримання інформації. У космічній фотографії системи фотозйомки замінили системи сканування на ПЗЗ-пристроях, радарях та інших типах систем [30].

Телевізійна зйомка – це переважно системи кадрової зйомки (у видимому і ближньому інфрачервоному діапазоні), що відтворюють зображення земної поверхні в реальному часі як на екрані приймача, так і з цифрових магнітних записів на основі центрального проектування. Телевізійні зображення мають низьку просторову розрізненість, тому в основному використовуються для швидкої оцінки явищ і процесів, спричинених надзвичайними ситуаціями природного та техногенного характеру.

Оптико-електронна зйомка здійснюється матричними, лінійними цифровими системами візуалізації, а також мультиспектральними і гіперспектральними сканерами (приймачами сигналів є пристрої з зарядовим зв'язком - так звані ПЗЗ), розміщеними на космічних і літальних апаратах, в оптичному та інфрачервоному діапазонах мікронів. Цифрові зображення будуються оптичним шляхом у межах матриці ПЗЗ або матриці на основі центральної проекції. Якщо використовуються лінії ПЗЗ, то зображення будується всередині лінії на основі центральної проекції вздовж лінії. Цифрові зображення отримуються в режимі реального часу і мають високу просторову роздільну здатність, що дозволяє використовувати їх для вирішення багатьох прикладних задач.

Оптико-механічна зйомка або сканування виконується оптико-механічними та мультиспектральними сканерами, інфрачервоними (скануючими радіометрами), матричними та лінійними системами зйомки в оптичному, середньому та далекому інфрачервоному діапазонах. На відміну від фотографічних, телевізійних і оптико-електронних систем, де зображення будується в кадрі одночасно, в системах скануючої зйомки спочатку сканується об'єкт, послідовно отримують елементи зображення, після чого

					<i>КРМ 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

вони приводяться у формат кадру. Панорама зображення складається з ліній і виходить в результаті лінійної проєкції, конічної розгортки, панорамної розгортки, в дуже рідкісних випадках використовується центральна проєкція і центральна проєкція по лінії.

Інфрачервоні (теплові) зйомки проводяться інфрачервоними аерокосмічними знімальними системами, тепловізорами, скануючими радіометрами в середньому та далекому інфрачервоному діапазоні спектру. Зображення створюються за рахунок власного випромінювання об'єктів і частково відбитого від них інфрачервоного випромінювання від інших джерел на основі панорамної проєкції. Перевагою даних опитувань є можливість використовувати їх як вдень, так і вночі. Хоча зображення, отримані в нічний період доби, більш правдиво характеризують теплові зображення об'єктів, оскільки значна кількість відбитого випромінювання в денний час значно зменшує теплове зображення. Результати обстеження можуть бути використані не тільки для розпізнавання об'єктів, а й для вивчення динаміки процесів і явищ (містобудування, природоохоронні завдання) завдяки додатковим можливостям декодування. Зокрема, інфрачервоні знімки мають значні переваги перед іншими знімками щодо дешифрування гідрографічних мереж (чітко виділяються берегові лінії, термічні неоднорідності водної поверхні тощо), а також при вивченні дна шельфу.

Радіотеплові зйомки проводяться в міліметровому діапазоні радіохвиль мікрохвильовими радіометрами (відносяться до пасивних зйомочних систем), які реєструють радіотеплове випромінювання землі. Перевагами такого виду зйомки є можливість отримувати зображення навіть крізь хмари, сніг, крижаний покрив, вдень і вночі. Недоліком цього виду зйомки є отримання зображень із відносно низькою просторовою роздільною здатністю: сотні й десятки метрів для аерофотозйомок і кілометрів для супутникових зйомок. Зображення виходить в результаті лінійної проєкції та конічної згортки.

					<i>КРМ 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

Результати радіотермічних зйомок використовуються для вивчення стану забруднення вод, геологічного картографування, вивчення стану морів і океанів, у навігації, стану снігового покриву та інших галузях науки і економіки. Радіотеплові зображення також можуть бути корисні для розпізнавання об'єктів з низькими температурами.

Лазерне сканування відноситься до активних методів зондування і виконується системами лазерної візуалізації, які встановлюються на борту літака, гелікоптера, безпілотного літального апарату у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах. Зображення земної поверхні отримують у вигляді хмари точок земної поверхні за рахунок відбитого від землі випромінювання. Методика характеризується високою продуктивністю і заснована на вимірюванні лазером відстані від приладу до точки на місцевості, координати якої визначаються в обраній системі координат.

Лазерне сканування використовується для побудови цифрових моделей рельєфу навіть для важкодоступних і важкодоступних ділянок, з наявною рослинністю та несприятливими погодними умовами, для створення ортофотознімків й мозаїки, картографування територій та оцінки явищ і процесів, викликаних природними і антропогенними факторами зробили аварійні ситуації. До переваг методу відносяться: незалежність від погоди та освітленості, висока продуктивність при менших фінансових витратах порівняно з іншими методами, наприклад традиційним фотограмметричним.

Радіолокаційна зйомка проводиться в сантиметровому або метровому діапазоні радіохвиль за допомогою радіолокаційних систем бокового огляду та радіолокаційних систем із синтезованою апертурою (відносяться до систем активної зйомки). Дані системи є скануючими пристроями, в яких сканування відбувається з одного боку носія перпендикулярно лінії польоту, тому для захоплення двох смуг відносно траєкторії польоту необхідно встановити дві антени. Перевагою зйомки є можливість отримувати зображення в умовах, коли об'єкти закриті хмарами, туманом, димовими завісами тощо в будь-який

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

час доби. Зображення виходить в результаті тангенціальної розгортки. Вони використовуються в задачах екологічного моніторингу, визначення деформацій земної поверхні та для побудови цифрових моделей рельєфу [10]

За типом датчика аерокосмічні методи поділяються на активні і пасивні. Активне зондування використовує стимульоване випромінювання об'єктів, ініційоване штучним спрямованим джерелом. Пасивне випромінювання використовує власне, природне відбите або вторинне випромінювання об'єктів на поверхні Землі, зумовлене сонячною активністю.

До пасивних належать: аерофотозйомка, гіперспектральна та мультиспектральна зйомка, зйомка з безпілотних літальних апаратів. Більше того, БПЛА впевнено набирають популярність серед виробників геопросторових даних завдяки відносно недорогій вартості знімального обладнання та високій швидкості отримання та обробки даних у знімальній місцевості для створення: ортофотопланів, 3-D моделей місцевості та рельєфу, великих масштабні топографічні плани.

Слід зазначити, що в сучасному законодавстві існує визначення БПЛА, але їх використання окремо не регламентується і частково описується як частина широкої групи цивільної та комерційної авіації, відповідно до правового регулювання повітряного простору. Загалом відсутні спеціальні нормативні документи щодо польотів БПЛА, сертифікації, атестації операторів, а також інтеграції у сферу управління повітряним рухом.

«Безпілотний літальний апарат» визначається як літальний апарат, призначений для польотів без пілота на борту, політ якого контролюється та контролюється спеціальною диспетчерською станцією, розташованою поза бортом.

До активних відносяться лазерне сканування (LIDAR) і радіолокаційна зйомка (Radar), яка в свою чергу поділяється на: радарну зйомку за допомогою системи бокового огляду з реальною антеною (Side Looking

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

Airborne radar – SLAR), радарну зйомку за допомогою системи апертурної антени (aperture radar - SAR), інтерферометрія (InSAR) [30].

Радіолокаційна зйомка за допомогою Real Antenna Side-Scan (RSS) використовувалася для геологічних, геоморфологічних досліджень і для картографування тих регіонів, які завжди вкриті хмарами. Ці дослідження згодом замінили радіолокаційні дослідження системою антени з синтетичною апертурою (SAR). SAR формує зображення шляхом зондування поверхні когерентними мікрохвильовими радіосигналами та приймання відбитого випромінювання послідовно по траєкторії польоту носія.

Метод побудови зображення дає змогу значно збільшити просторову роздільну здатність зображень до метрів на земній поверхні.

Метод інтерферометрії заснований на використанні пари радіолокаційних зображень і базується на різниці фаз двох і більше когерентних радіолокаційних сигналів, відбитих від земної поверхні, з метою отримання точної інформації про рельєф і малі зміщення об'єктів місцевості [30].

Інтерферометрія поділяється на: однопрохідну інтерферометрію, двопрхідну, диференціальну, що відрізняються лише технологією сканування для отримання пари радіолокаційних зображень. Дані, отримані в результаті такої зйомки, відносяться до класу середньої фрагментації і не використовуються для топографічного картографування, проте в 2000-х роках в результаті топографічного проекту Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) була створена цифрова модель рельєфу Землі отримано з точністю до 30 м [30].

Техніка диференціальної інтерферометрії демонструє дивовижну перевагу при моніторингу землетрусів, вулканів, зсувів та інших деформацій поверхні, але при моніторингу повільних деформацій поверхні, таких як опускання міста, на неї впливають часові, космічні та атмосферні декореляції. Для вирішення цієї проблеми з'явилися методи PSI, першим з яких був метод

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

постійної SAR інтерферометрії (PSInSAR), обґрунтований і запатентований Технічним університетом Мілана. Цей інноваційний метод походить від методу диференціальної інтерферометрії.

Техніка PSInSAR – це техніка часових рядів, яка додає кількість часу для кожної радіолокаційної цілі. Метод PSInSAR використовує багато зображень SAR, принаймні 20-25 зображень, що охоплюють ту саму область, з атмосферними та орбітальними помилками, по суті, виключеними. Чим більше зображень, тим надійніші результати. Одне із зображень вибирається як основне, інші стають допоміжними для уточнення інформації на основному зображенні та виправлення помилок. Потім на прийнятій обраній моделі виділяється достатня кількість точок, так званих стійких відбивачів (точкових постійних розсіювачів, це переважно штучні споруди, будівлі, металеві предмети, пілони, антени, відкриті скелі), які мають високу відбивну здатність і використовуються в ролі стійких відбивачів радіолокаційного сигналу. Аналіз фаз точок призводить до деформацій S точок. Наприкінці метод інтерполяції використовується для визначення деформації всієї досліджуваної області. В даний час методика PSInSAR широко використовується тільки для моніторингу осідання поверхні в містах, оскільки деформації поверхні отримують з точністю до міліметрів [30].

Метод SqueeSAR, який є вдосконаленням методу PSInSAR, був винайдений для виявлення деформацій земної поверхні в незабудованих районах. В аналізі беруть участь як точки S, що відповідають техногенним об'єктам, так і точки розподілених відбивачів (розподілених розсіювачів – DS), які відповідають однорідним поверхням, селевим потокам, необробленим землям, пустельним територіям тощо. Такий підхід дає додаткові дані в умовах низької відбивної здатності в однорідні ділянки. Деформація поверхні за допомогою методу SqueeSAR визначається з точністю до міліметрів. Недоліком методу є те, що супутникові сигнали не

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

повертаються над територіями зі значним рослинним покривом, отже, відсутні дані про деформацію земної поверхні.

Технології збору геопросторових даних з відкритим кодом та краудсорсинг.

Відкриті геопросторові дані, які можна використовувати для вирішення топографічних задач, які збираються або оновлюються за допомогою методу краудсорсингу, включають такі відомі проекти, як: Open Street Map, GeoNames, Geo-wiki, Ushahidi, Waze та інші. Деякі з них засновані на використанні мобільних картографічних систем і оновлюються за допомогою відносно недорогих супутникових пристроїв для визначення координат розташування об'єктів, розвитку мобільного зв'язку і появи геолокації в смартфонах. Таким чином, кожен користувач смартфона, підключеного до Інтернету, може стати добровільним збирачем даних (волонтером) для вищевказаних проектів відкритих даних [30]. Таким чином, використання відкритих геопросторових даних та їх оновлення методами краудсорсингу, фактично постійної системи моніторингу, характеризується високим рівнем актуальності та надійності. Точність відкритих даних потребує ретельної перевірки, про що має бути зазначено в метаданих про них. Високий рівень розвитку та використання відкритих даних став настільки високим, що його вже неможливо ігнорувати [30].

Огляд наземних, дистанційних методів, opensource та краудсорсингових технологій збору геопросторових даних показує, що чинна нормативна документація у топографо-геодезичній та картографічній сфері є ідеологічно, морально та технологічно застарілою. Рівень розвитку та застосування сучасних технологій збору геопросторових даних значно випереджає нормативно-правову базу щодо них в Україні.

Враховуючи сучасне різноманіття вищезазначених методів збору геопросторових даних, постає питання дослідження технологічних схем, точності, достовірності та ефективності зйомок з метою перегляду

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

нормативно-технічної документації для забезпечення топографічного картографування, продукція якої відповідала б сучасним досягненням. у розвитку геоінформаційних технологій вимоги та потреби інформаційного суспільства.

Вимоги до техніко-технологічного забезпечення виконавців топографо-геодезичних і картографічних робіт поширюються на суб'єктів господарювання, які виконують топографо-геодезичні і картографічні роботи з метою створення геодезичних, топографо-геодезичних і картографічних матеріалів, даних, топографо-геодезичних і картографічних продуктів.

Виконавці топографо-геодезичних і картографічних робіт – юридичні та фізичні особи, які мають необхідне технічне і технологічне забезпечення і в складі яких за основним місцем роботи є дипломований інженер-геодезист, відповідальні за якість результатів топографо-геодезичних і картографічних робіт.

Технічне забезпечення геодезичних робіт – засоби обчислювальної та інформаційної техніки, технічні засоби для виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт.

Технологічне забезпечення виробників робіт – сукупність методів, виробничих процесів і програмно-апаратних засобів, об'єднаних в технологічний процес для створення геодезичних, топографо-топографічних і картографічних матеріалів, збору, ведення, контролю, накопичення, зберігання, оновлення, пошуку, перетворення, обробки, відображення, видача та передача даних

Виконавець роботи повинен мати на праві власності або на інших законних підставах такі засоби обчислювальної та інформаційної техніки, технічні засоби, необхідні для виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт:

- супутникові геодезичні GNSS приймачі, високоточні та точні електронні тахеометри, теодоліти та нівеліри, гравіметри, комп'ютери та

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		29

відповідне ліцензійне програмне забезпечення для виконання робіт зі створення Державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення, геодезичних мереж спеціального призначення;

- цифрові аерокамери, аерофотоапарати, прилади для обробки аерофільмів та друку фотографій, сканери високої роздільної здатності, аналітичні та цифрові фотограмметричні інструменти, точні і технічні прецизійні тахеометри (електронні), теодоліти та нівеліри, комп'ютери та пов'язані з ними ліцензування топографічних зйомок, кадастрових зйомок, топографічних робіт для забезпечення основ різноманітних кадастрів;

- сканери високої роздільної здатності, обладнання для підготовки карт до видання, комп'ютери та спеціалізоване ліцензійне програмне забезпечення (геоінформаційні системи, система управління банком даних тощо) для виконання робіт зі створення (укладання, оновлення, підготовки до видання) карт (планів) у графічні, цифрові та електронні форми, роботи зі створення та підтримки геоінформаційних систем, баз і банків даних.

Геодезичні засоби та обладнання, комп'ютерна, обчислювальна, інформаційна техніка та програмне забезпечення, що використовуються для виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт, повинні забезпечувати необхідну точність вимірювань, автоматизацію процесів обробки даних, отримання геодезичних, топографо-картографічних матеріалів і даних на папері. та в електронному вигляді.

Керівник робіт повинен:

- виконувати роботи відповідно до затвердженої в установленому законодавством порядку нормативно-технічної документації щодо дотримання технології виконання робіт, складання технічних проектів, звітів, пояснювальних записок, повноти, точності та відповідності відображення місцевості на топографічних планах і картах з умовними знаками;

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

- дотримуватись устанавленого порядку обліку, зберігання, використання та розпорядження топографо-геодезичними та картографічними матеріалами;

- забезпечувати регулярність повірки засобів вимірювальної техніки відповідно до Закону України "Про метрологію та метрологічну діяльність" та проведення обов'язкової технологічної повірки засобів вимірювальної техніки з відображенням їх у виїзних журналах відповідно до інструкцій на види робіт;

- безкоштовно передавати у відповідності із законом до Державного картографо-геодезичного фонду Україна одну копію створених матеріалів робіт;

- надавати до Державного земельного агентства Україна інформації про стан Державної геодезичної мережі України та інших мереж, що використовувалися для створення знімальних геодезичних мереж, як вихідні дані;

- дотримуватись вимог щодо використання у створених геодезичних, топографічних і картографічних матеріалах (даних) назв географічних об'єктів відповідно до Закону України «Про географічні назви».

Створені інженерами-геодезистами топографо-геодезичні та картографічні матеріали підписуються керівником суб'єкта господарювання та дипломованим інженером-геодезистом.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІЧНЕ І ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ GNSS-ЗНІМАННЯ

2.1 Топографічне знімання із застосуванням GNSS приймачів

RTK (Real-Time Kinematic – кінематика в реальному часі) – метод зйомки, при якому робиться запит, щоб мобільний приймач практично миттєво визначав координати свого поточного розташування з сантиметровою точністю.

Використовуються два приймачі: один – база встановлюється на вибраному пункті, а інший – ровер використовується для зйомки.

База буває власна з UHF радіомодемом, або GSM модемом і іншим зовнішнім пристроєм для передачі поправок, що належить третій особі, що управляє базою або мережею базових станцій (з'єднання відбувається за допомогою NTRIP протоколу), та надає дані роверу через GSM/GPRS модем (рисунок 2.1).

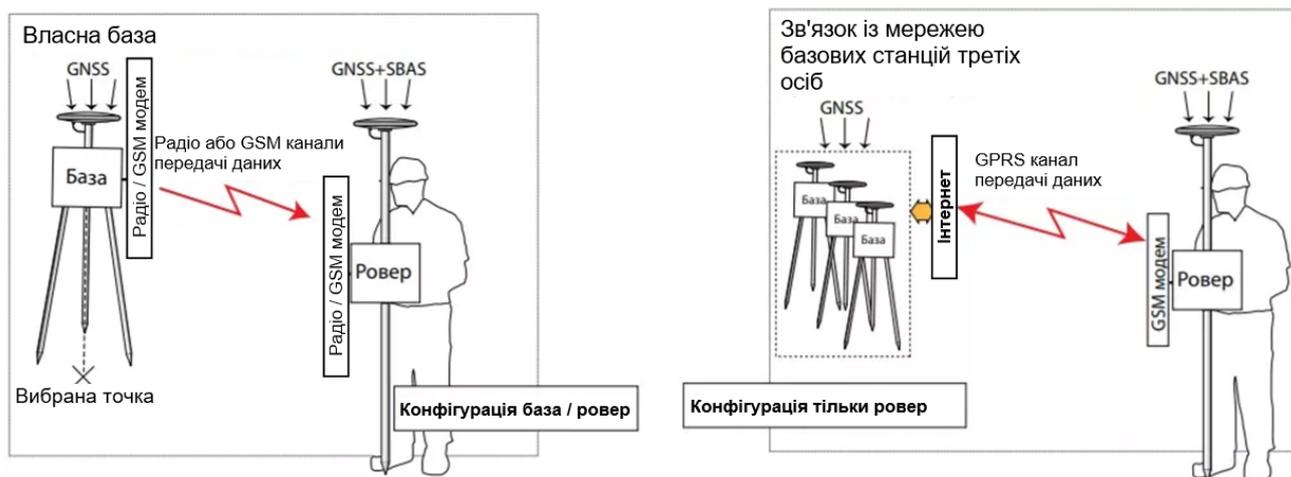


Рисунок 2.1 – Види конфігурацій база-ровер

Для передачі RTK поправок базового приймача (бази) до роверу необхідно встановити канал передачі.

Передача даних може бути здійснена декількома способами:

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

- UHF радіо;
- мобільний модем (GSM, GPRS або CDMA);
- інші зовнішні пристрої (такі як Wi-Fi та ін.).

Успішна зйомка вимагає ініціалізації системи та збереження ініціалізації протягом усієї зйомки.

Може бути кілька одночасно працюючих роверів, причому кожен отримує дані RTK поправок від тієї самої бази.

Визначення та реєстрація координат пунктів здійснюється у вибраній системі координат (УСК-2000).

Ключові моменти при GNSS зніманні:

1. Перед початком роботи необхідно переконатися, що ровер отримує положення RTK (ініціалізація повинна бути досягнута та підтримуватися) (рисунок 2.2);

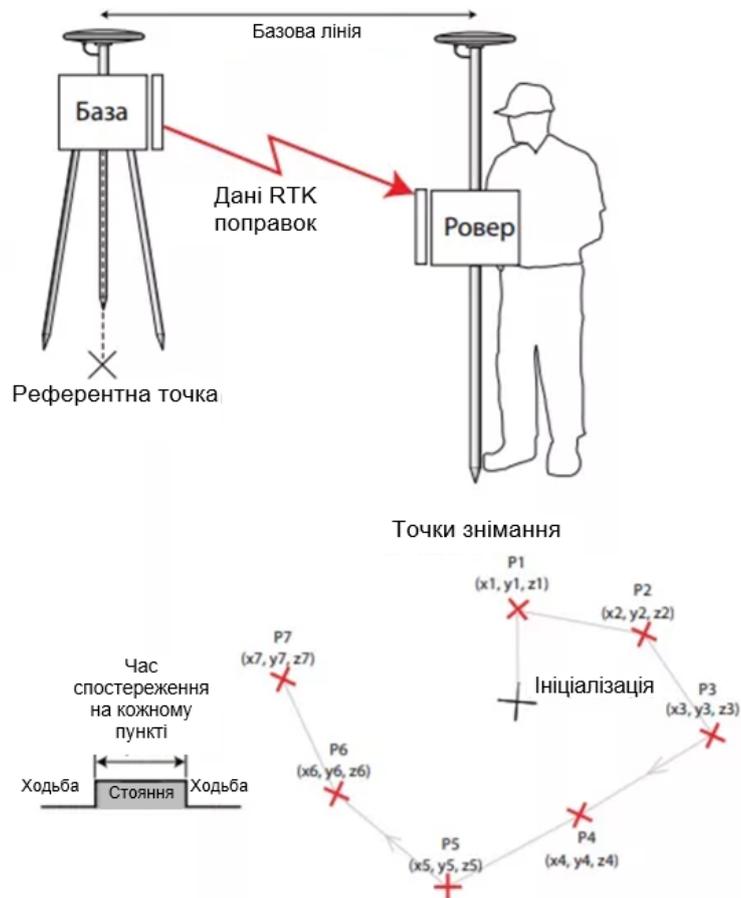


Рисунок 2.2 – Визначення та реєстрація координат точок знімання

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

2. Антенну віху необхідно утримувати вертикально на кожному пункті зйомки (якщо не використовується приймач із компенсацією нахилу);
3. Час зйомки на кожному пункті встановлюється користувачем (кількість епох);
4. Протягом відліку епох ровер усереднює послідовні положення, які обчислює.
5. При кількості епох, що дорівнює одиниці ровер реєструє лише перше положення, яке він обчислює на цьому пункті (немає усередненого становища).

При автоматизованому зніманні за часом або інтервалом виконуються в наступній послідовності (рисунок 2.3):

- антенну віху необхідно утримувати вертикально під час руху по всій траєкторії;

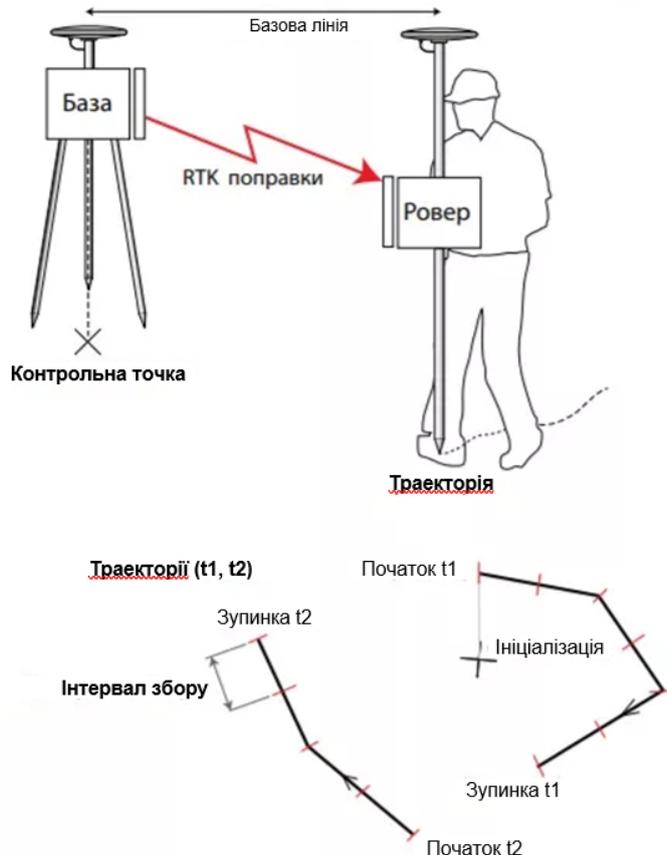


Рисунок 2.3 – Виконання автоматизованого знімання за часом або інтервалом

					KPM 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

- пункти автоматично реєструються з рівномірним інтервалом часу або відстані. Перед початком зйомки необхідно встановити інтервал реєстрації;
- оскільки зйомка здійснюється вздовж траєкторії, то всі пункти, що реєструються, будуть обов'язково “одноразово знятими” точками. Тобто перше рішення положення, доступне під час реєстрації точки, буде збережено (у даному випадку ніяке усереднення положення не можливе).

Винесення точок у натуру здійснюється в наступній послідовності:

- прямуючи на місцевості для пошуку точного розташування точок, необхідно повести маркувати їх відповідним чином, щоб потім реєструвати положення за допомогою ровера;
- вибираємо потрібну точку зі списку точок, попередньо завантаживши список у польовий контролер. Після вибору точки екран контролера буде вести до точки, що виноситься (рисунок 2.4).

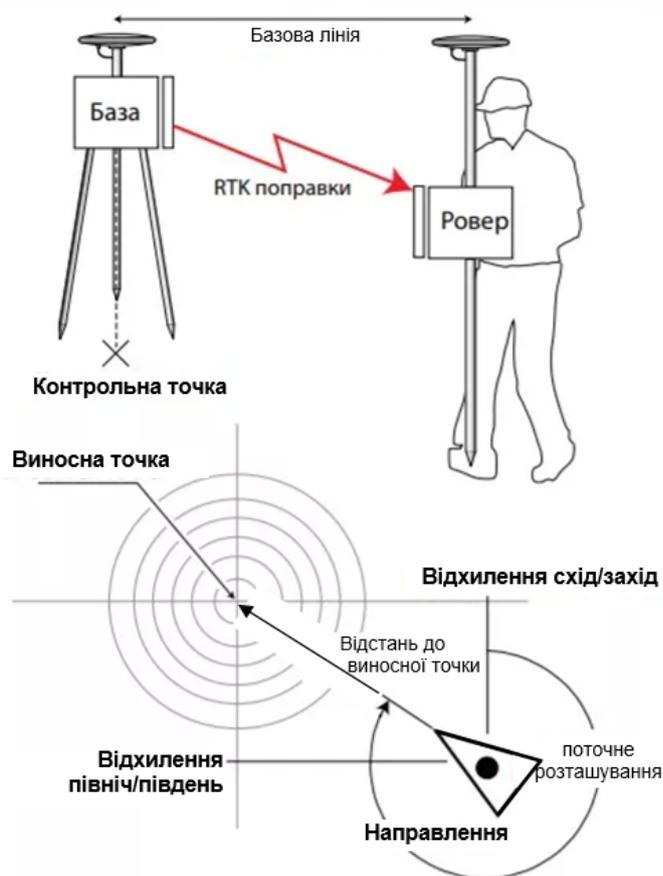


Рисунок 2.4 – Схема винесення точок у натуру

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

- утримуємо антенну віху вертикально, оскільки система веде до точки.
Система повідомить, коли антена приймача опиниться над точкою.

- коли антена приймача опиниться над точкою, закріплюємо її на землі.
При потребі, зберігаємо координати точок, що виносяться.

Під час зйомки з постобробкою польове обладнання використовується тільки для запису GNSS сирих даних, які програмне забезпечення постобробки може обрахувати для отримання положення з точністю сканування.

Використовуються дві системи: одна (база) встановлюється на вибраному пункті, тоді як інша (ровер) використовується для зйомки. Базою може бути або власна база користувача, тоді база має бути розташована належним чином, або база, керована третьою особою.

Для необхідного для постобробки часу спостережень дані від третіх осіб можуть бути отримані через Інтернет (CORS, RGP). Дані мобільного приймача можуть бути завантажені до даних бази (OPUS), забезпечуючи обчислення положення з сантиметровою точністю (рисунок 2.5).

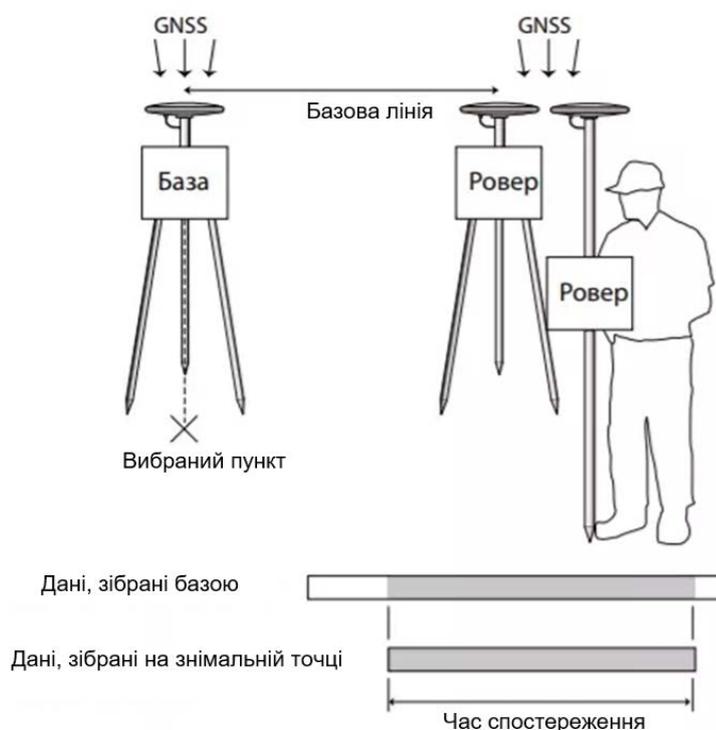


Рисунок 2.5 – GNSS знімання з постобробкою

					KPM 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

Дані мають бути зібрані одночасно, як базою так і ровером. Завжди потрібно використовувати одну частоту запису сирих даних на обох приймачах.

Успішне GNSS-знімання вимагає належної ініціалізації системи. Підтримування ініціалізації протягом всього знімання потрібно завжди. Особливо потрібно бути обережним при кінематичних зйомках, щоб не "закрити видимість" GNSS антени ровера.

Час спостережень визначається установкою (стартом) останнього пристрою та вимкненням (закінченням роботи) першого пристрою. Необхідно спочатку почати спостереження на базі та вимкнути її останньою.

Необхідний час спостережень головним чином залежить від довжини базової лінії, умов прийому та методу ініціалізації.

Пам'ятайте, ровер завжди збиратиме дані безперервно на всьому протязі зйомки, чи виконується статична, безперервна кінематична або кінематична Stop & Go зйомки. Саме тому необхідно безперервно тримати антену GNSS, так щоб вона не була закрита жодними перешкодами.

Одночасно можна здійснювати збір даних декількома роверами.

Ключові моменти при статичній зйомці наступні (рисунок 2.6):

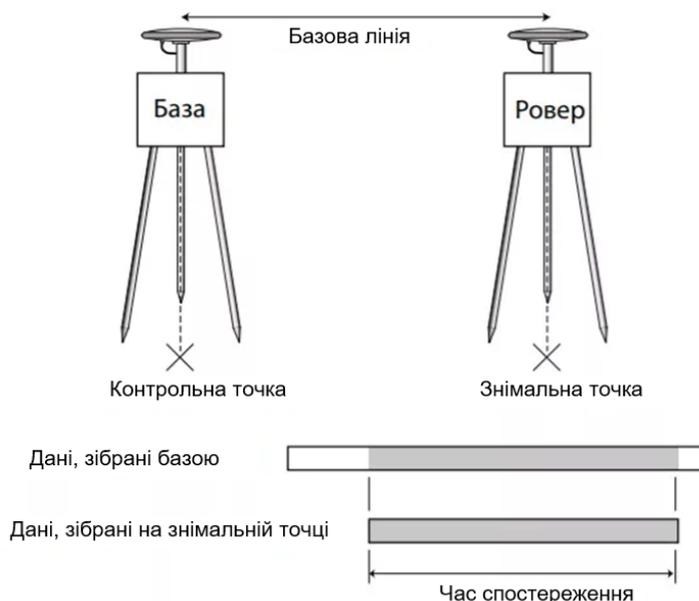


Рисунок 2.6 – Схема статичного знімання

1. Установки системи для бази і ровера однакові;
2. Ровер нерухомий протягом всього періоду знімання;
3. Час знімання дорівнює часу спостережень;
4. Проблеми ініціалізації та “закриття” (відсутність сигналу) антени перешкодами мінімізовані, оскільки ровер нерухомий.

Кінематичне знімання Stop&Go використовується для позиціонування кількох точок у межах відносно невеликої території (рисунок 2.7).

Ровер переміщаємо послідовно, стаючи на кожній із точок, що знімається. Антенна віха ровера повинна зберігати вертикальність кожного пункту зйомки протягом заданого часу зйомки (якщо не враховуються поправки на відхилення від вертикальності віхи ровера).

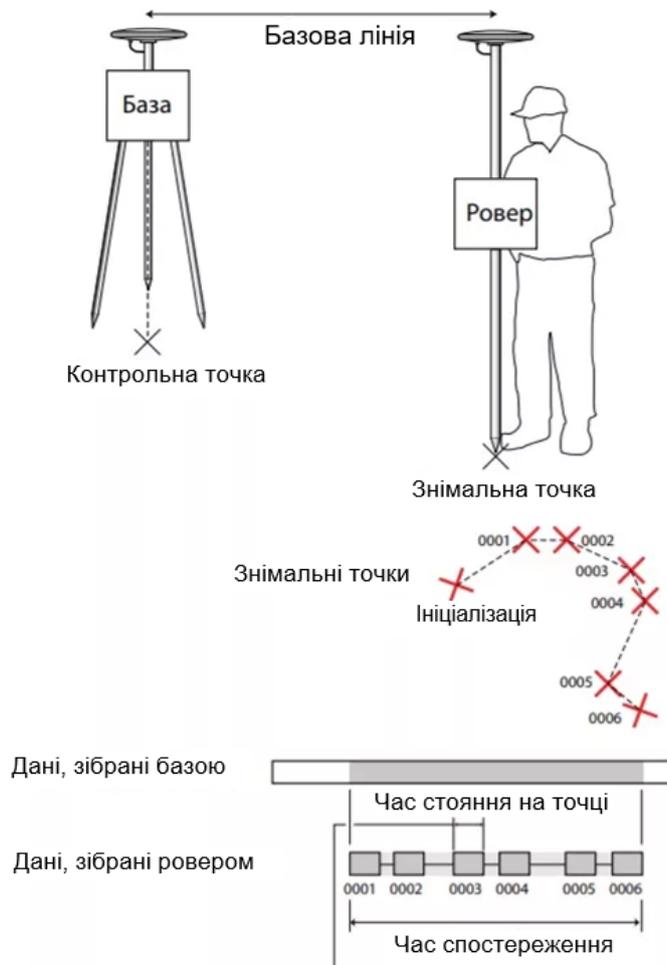


Рисунок 2.7 – Схема кінематичного знімання Stop&Go

Користувач заздалегідь встановлює час зйомки на кожній точці, що знімається. Закінчення відліку у зворотному напрямку повідомить, коли потрібно почати рухатись на наступну знімальну точку.

Зйомка точки в режимі Stop & Go (Стій та йди) за допомогою ровера просто складається із вставки мітки початку та кінця в реєстрований сирий файл даних.

Точки автоматично іменуються (цифровий суфікс автоматично збільшується), якщо кожній точці не присвоюється спеціальне ім'я.

Час зйомки фактично визначає період часу, для якого програмне забезпечення постобробки усереднює послідовні положення, що визначаються протягом даного періоду часу.

Правильний вибір розташування бази (базового приймача) дуже важливий для успішного GNSS знімання. При виконанні постобробки або зйомки в режимі реального часу одно, або двох частотними приймачами необхідно пам'ятати, що положення ровер завжди буде обчислюватися щодо положення бази. Будь-яка похибка визначення положення бази буде передана положенню, обчисленому ровером.

Основні вимоги, які необхідно брати до уваги при установці бази:

- умови GNSS прийому бази;
- положення бази відоме чи невідоме.

При використанні радіомодему бази, враховується критерій, який може бути прийнятий до уваги при виборі розташування бази: радіоантена повинна бути встановлена настільки високо, наскільки це можливо (з мінімумом перешкод для роботи, так, щоб дальність дії могла бути настільки ж гарною, як очікувалося).

При першому критерію умови GNSS прийому, потрібно переконатися, що антена бази розташована у вільному від перешкод місці, що дає найкращий можливий огляд неба. За можливості уникаємо дерев, будівель або будь-яких інших високих перешкод біля бази. Наявність чистої

					KPM 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

видимості неба дозволить базі збирати дані від максимальної кількості видимих супутників, що надійно гарантує успішне, точне та швидке виконання GNSS знімання.

Необхідно звернути увагу на сигнали від низько розташованих супутників (менше 15° над горизонтом), закритих деревами, вони можуть мати більш несприятливий вплив на роботу системи, ніж сигнали, які повністю були перекриті.

Крім хороших умов прийому, необхідних базі, потрібно також взяти до уваги, що становище бази може бути відомо з великою чи меншою точністю. Пояснення нижче допоможуть зрозуміти, що потрібно знати про точність становища бази (другий критерій вибрання бази).

Якщо необхідно отримати абсолютне положення з сантиметровою точністю, у спеціальній системі координат для всіх знятих пунктів, то положення бази має бути відоме з тією самою сантиметровою точністю. Якщо обране положення бази невідоме, то враховуючи, що для даного пункту в системі координат потрібна сантиметрова точність, то можна визначити це положення статичною зйомкою з постобробкою. Однак, необхідно знати координати відомого пункту, щоб визначити цю точку.

Якщо необхідно виконати тільки відносні вимірювання (тобто знайти взаємне положення одних точок щодо інших), то база може бути встановлена на невідомому пункті, що відповідає вимогам прийому сигналів. У даному випадку положення, яке буде введено в базу, має бути відоме лише з точністю в межах кількох метрів.

Потрібно мати на увазі, що в даному випадку точки неможливо прив'язати до відомої системи координат, якщо пізніше одна з цих точок точно не буде визначена в потрібній системі координат. Під час використання польового програмного забезпечення можна також використовувати функцію Локалізація, щоб прив'язати зйомку до місцевої системи координат. Є деякі незручності, про які необхідно знати під час

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

встановлення бази на невідомому пункті. Для кожних 15 метрів помилки між отриманими і дійсними координатами бази одна мільйонна (ppm) відносною помилки буде врахована при обчисленні вектора між базою і ровером, плюс абсолютна різниця між обчисленим і реальним положеннями бази. Координати, прийняті пункту бази, відрізняються на 30 метрів від істинного становища бази. Ця 30-метрова відмінність від істинних координат призведе до 2 ppm (2 мм на кілометр) помилки у векторі між базою та ровером. Якщо ровер розташований на відстані 5 кілометрів від бази, то це призведе до помилки у векторі, що дорівнює 10 мм. У більшості випадків, базовий приймач визначає положення краще ніж 30 метрів (зазвичай ближче до 10-20 метрів), але можлива і помилка в 50 метрів. Якщо планується використовувати приблизно підраховане положення для бази, то потрібно використовувати короткі вектори між базою і ровером, що гарантуватимуть, що помилка для зйомки, що додається, буде не істотною і не вплине на процес знімання.

Ініціалізація – процес, з допомогою якого приймач у часі (або програмне забезпечення постобробки) може вирішити неоднозначність цілого числа, властиву обробці несучої фази. Вирішення неоднозначності цілого числа – необхідна умова для приймача (або програмного забезпечення) для отримання положень із сантиметровою точністю. З цієї причини виконання ініціалізації – це вимога, яку потрібно постійно мати на увазі.

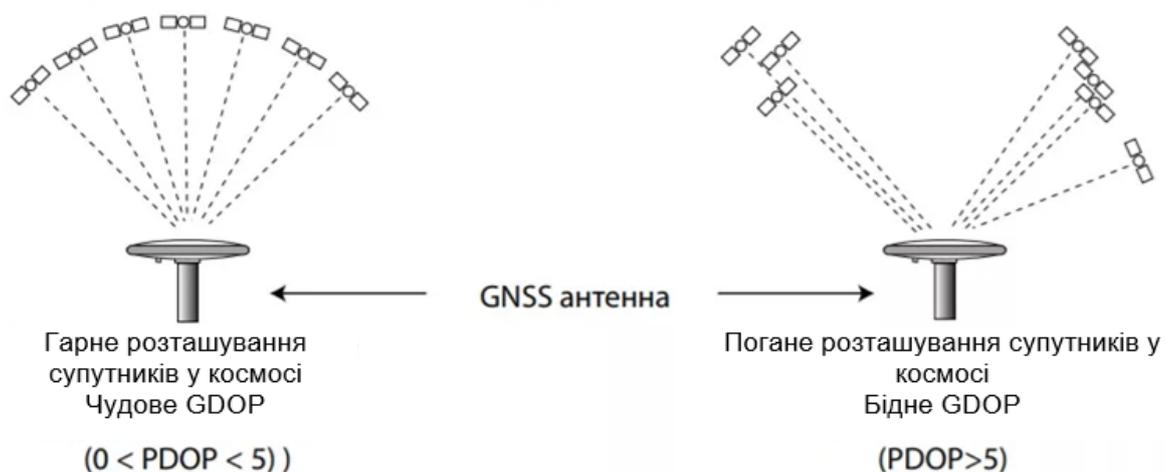
Потрібно не плутати ініціалізаційний процес з ініціалізацією приймача GNSS, відповідно до послідовності запуску якого приймач шукає видимі супутники для обчислення першого положення з 5-10-метровою точністю.

Важливо при GNSS зніманні враховувати довжину базової лінії. Кількість даних, потрібних для ініціалізації процесу обчислення положення у програмному забезпеченні (при постобробці) або ровера (в режимі реального

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

часу - RTK), пропорційною до довжини базової лінії. Чим довша базова лінія, тим більше часу потрібно для досягнення ініціалізації.

DOP (Dilution of Precision – зниження точності) – фактор, що обчислюється обладнанням, для опису розташування супутників у космосі. Чим нижче значення DOP, тим краще розташування супутників і краща ймовірність успішності зйомки. Існує кілька критеріїв DOP: GDOP, HDOP, VDOP, TDOP. Але найбільш часто використовується - PDOP (критерій зниження точності позиціонування) (рисунок 2.8).



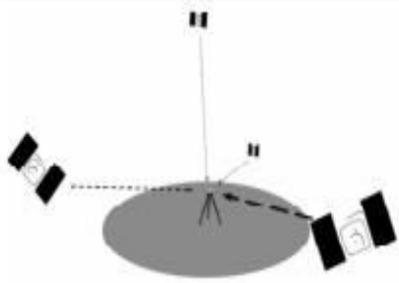
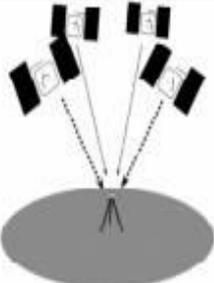
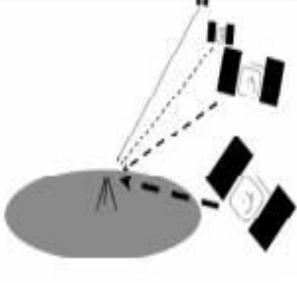
Хороша геометрія	Погана геометрія	
		

Рисунок 2.8 – Схема визначення критерію зниження точності позиціонування

Неоднозначність цілого числа. Цей термін "Ціле число" належить до повних довжин хвилі несучого сигналу, що вкладаються у відстань, що

відокремлює супутник від приймача. "Неоднозначність" відноситься до факту, що це число є невідомим на початку зйомки. Тому рішення неоднозначності цілого числа означає визначення точного числа повних довжин хвилі.

Критерії PDOP наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Критерії PDOP

Критерії	Стан
$1 \leq PDOP \leq 3$	відмінна геометрія
$3 \leq PDOP \leq 5$	хороша геометрія
$5 \leq PDOP \leq 7$	задовільна геометрія
$7 \leq PDOP \leq 12$	погана геометрія
$12 \leq PDOP$	дуже погана геометрія

При зйомках в реальному часі ініціалізація системи вважається досягнутою, коли система отримала фіксоване рішення RTK для будь-якого нового положення, яке вона обчислює. Потрібно завжди бути впевненим, що цей статус ініціалізації підтримується до кінця зйомки. Тому це дуже природно, що в режимі RTK необхідно бути впевненим, що процес ініціалізації був успішним. Якщо губиться статус RTK положення, то мається на увазі, що система втратила ініціалізацію і її необхідно відновити.

У зйомках з постобробкою є потреба в ініціалізації, за винятком того, що в реальному часі система не завжди здатна повідомити, що ця вимога виконана. Потрібно пам'ятати, що при даному методі зйомки система збирає тільки сирі дані. Тільки згодом, при камеральних роботах здійснюється постобробка сирих даних, аналізуючи повний набір результатів зібраних даних, можна побачити чи була успішною ініціалізація.

При статичних зйомках ризик невдалої ініціалізації суттєво зменшується, якщо антена GNSS залишається нерухомою і система

використовується для відносно довгих сесій запису з найкращим можливим оглядом неба. Але наведене знімання не підходить для кінематичних зйомок, протягом яких ровер переміщається з місця на місце, з реальними ризиками:

- попадання GNSS антени в тінь, що призводить до втрати захоплення супутників;
- зупинка запису сесій, перш ніж достатньо даних було зібрано для гарантування ініціалізації.

Саме з цієї причини потрібно знати проблему ініціалізації і так виконувати всі необхідні кроки, щоб переконатися, що ініціалізація не лише досягнута, але також буде збережена до кінця кінематичного знімання.

Двочастотні GNSS приймачі потребують менше даних і часу для ініціалізації. Однак постійний розвиток дозволив одночастотним приймачам значно покращити їхню роботу на визначеному пункті і зменшив відмінність, що відокремлює їх від двочастотних.

Фазовий центр – це віртуальна точка, яка становить початок просторово-часових координат антени. Вона зазвичай знаходиться всередині антени і часто на вертикальній осі антени або близько до неї. Розташування фазового центру точно визначено виробником антени після тривалого ряду випробувань. Його становище вказується безпосередньо на антені.

Базовий вимір дозволяє отримати з сантиметровою точністю вектор між фазовими центрами базової та роверної антен. Зазвичай знаходять реальне положення марки, що знімається (або іншого наземного пункту), над яким була встановлена антена, а не положення фазового центру антени (рисунок 2.9).

Щоб обчислити положення наземного пункту, а не антени, необхідно задати параметри роверу для виконання редукації антени. Для виконання редукації антени при обчисленні положення в розрахунку враховується висота антени ровера. Для визначення правильних положень точок, що знімаються, на поверхні землі в систему потрібно ввести висоти як базової так і роверної

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

антен, незалежно від того, чи виконується RTK зйомка, або зйомка з постобробкою.

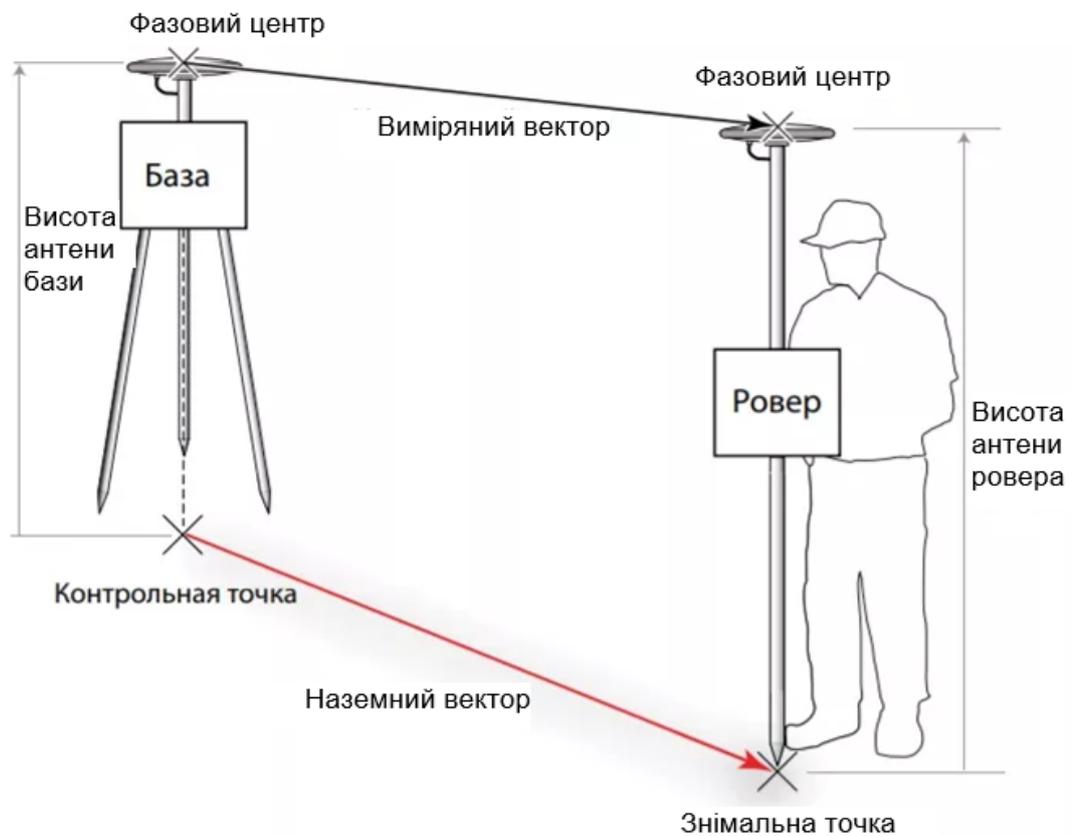


Рисунок 2.9 – Схема визначення висоти антен бази та роверу і наземного вектору

Існує два різні способи вимірювання висоти антени:

- вимірювання похилої висоти;
- вимірювання вертикальної висоти.

Похилий вимір, виконується з урахуванням (зазвичай у бік від антени до наземного пункту), оскільки виконання класичного вертикального виміру неможливо з причини наявності аксесуарів (штатива, трегера). Замість виконання неточного вертикального виміру можна вдатися до похилого виміру, який виконується набагато точніше (у тому випадку, якщо параметри

					KPM 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

антени також точно відомі) за допомогою спеціальної рулетки, що використовується для цієї мети.

Послідовність вимірювання похилої висоти антени наступна (рисунок 2.10):

- встановлюємо базову антену точно над наземним пунктом;
- вставляємо кінець рулетки в слот для вимірювання похилої висоти;
- розвертаємо рулетку у напрямку наземного пункту та поміщаємо наконечник вимірювальної стрічки у наземний пункт;
- блокуємо стрічку та знімаємо відлік, вказаний на вимірювальній стрічці (цей відлік і буде похилою висотою).
- вводимо значення похилої висоти до базової системи як похилий вимір.



Рисунок 2.10 – Схема вимірювання похилої висоти антени

Для знаходження вертикальної висоти антени використовується найпростіший метод для вимірювання. Він переважно використовується для

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

мобільних приймачів (роверів). Вертикальна висота є відстань від низу GNSS антени до поверхні землі (рисунок 2.11).



Рисунок 2.11 – Схема визначення вертикальної висоти антени

Реальна висота антени дорівнює сумі вертикальної висоти антени та усунення фазового центру. Вимірювання вертикальної висоти полягає лише у вимірі довжини вішки (штанги), що використовується для утримання GNSS антени (або моноблочного роверного приймача). У більшості вішок висота регулюється і вони мають градацію для встановлення потрібної висоти, тому вимір вертикальної висоти полягає лише у знятті відліку за градаційною шкалою геодезичної віхи.

					KPM 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

У геодезичній RTK системі канал передачі використовується передачі RTK поправок від бази до роверу. Канал може бути одним з наступних двох типів:

1. Автономний. Користувач має повний контроль над формуваннями передачі RTK поправок (обладнання використовується в конфігурації бази-ровера);

2. Мережевий. Користувач звертається до третьої сторони, мережного провайдера для отримання RTK поправок (обладнання використовується тільки в конфігурації ровер).

Використовують два основні способи передачі даних, доступних у геодезичних системах:

- радіо (автономний);
- мобільні комунікації.

CSD (Circuit Switched Data – технологія передачі даних для мобільних телефонів). Оригінальна форма передачі даних, що розвивається для TDMA (Time Division Multiple Access - множинний доступ з поділом за часом), що базується на телефонних мобільних системах, подібних до GSM.

GPRS (General Packet Radio Service - пакетний радіозв'язок загального користування). Сервіс мобільних даних, доступний користувачам модемів GSM (стільниковий телефон).

NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol - мережна передача RTCM поправок з допомогою Інтернет протоколу). Протокол, використовуваний GNSS сервісом провайдерів, служить передачі поправок від мереж постійно діючих референчних станцій (баз). Відомі використовуваних NTRIP протоколів: VRS, MAC, FKP.

Радіомодеми використовуються тільки в системах, що мають базо-роверні конфігурації (рисунок 2.12). Необмежене число приймачів можуть отримувати RTK дані від однієї й тієї ж бази, хоча зазвичай вони працюють попарно (один на базі, як передавач, та інший на ровері, як приймач).

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

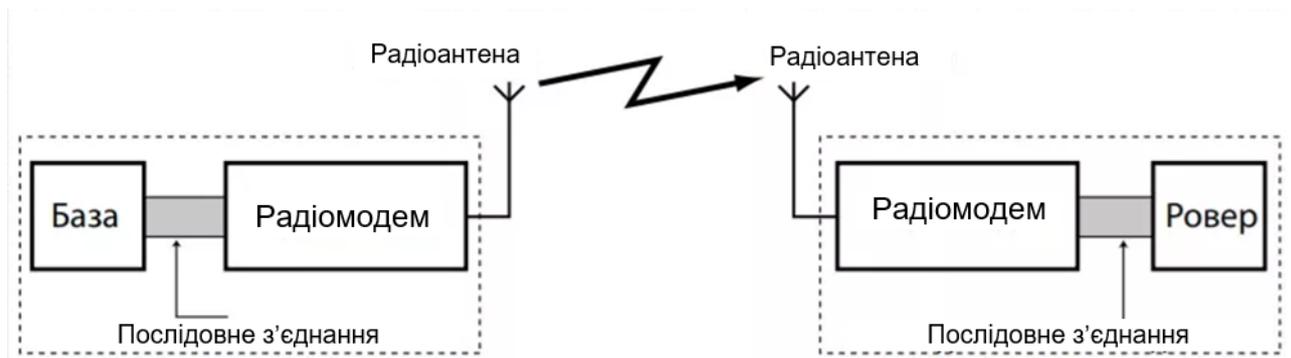


Рисунок 2.12 – Схема використання радіомодему у системах, що мають базо-роверні конфігурації

Залежно від моделі приймача, радіомодем може бути:

- внутрішній вбудований – модем з'єднується з системою через послідовний порт (зовні приймача видно тільки радіоантену).
- зовнішнім – модем під'єднується до приймача за допомогою кабелю живлення-передачі даних.

Майже в усіх країнах використання радіосистем регулюється державним законодавством. В основному, правила стосуються потужності передавача, частотного діапазону та ширини смуги використовуваного каналу. Вони різняться у різних країнах. У багатьох країнах радіомодеми, які використовуються нижче певного рівня випромінюваної потужності та в межах частотного діапазону, не вимагають сертифікації (або ліцензування) для використання.

Виробники радіомодемів пропонують два види:

- не вимагають ліцензування (малопотужні радіомодеми короткохвильового діапазону);
- вимагають ліцензування (радіомодеми середньої потужності довгохвильового діапазону). Отримання права працювати з радіомодемом залишається обов'язком користувача.

Головні особливості радіомодемів наступні:

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		49

- смуга УВЧ (UHF) частот: УВЧ діапазон, в якому радіомодем передає або отримує дані (радіомодеми, що не вимагають ліцензування, діють у смузі 850-930 МГц, інші радіомодеми в смузі 410-470 МГц).

- потужність випромінювання: потужність передавального базового радіомодему (Вт).

- швидкість передачі даних. Швидкість, з якою несуча частота модулюється RTK даними поправок (кбіт/с).

З радіомодемом не виникає потреби у будь-якому третьому постачальнику даних. База сама генерує та передає RTK дані поправок через радіомодем. Це можливо будь-коли і будь-де. Крім того, кілька роверів може працювати в режимі RTK від однієї і тієї ж бази (режим multi-point). Однак, поширення хвиль в УВЧ діапазоні іноді утруднено. Радіодіапазон може бути зменшений, якщо існують перешкоди між базою та ровером. Як правило, радіоантену потрібно встановлювати на максимально можливій висоті.

GSM модеми можуть використовуватися для каналу передачі даних в одній з двох конфігурацій (рисунок 2.13):

- пара GSM модемів можуть працювати в режимі CSD. Один використовується на базі, а другий – на ровері. Канал передачі даних діє подібно до телефонного зв'язку, при цьому ровер додзвонюється. Ця конфігурація добре підходить для геодезичних систем, що використовуються в базовій або роверній конфігурації.

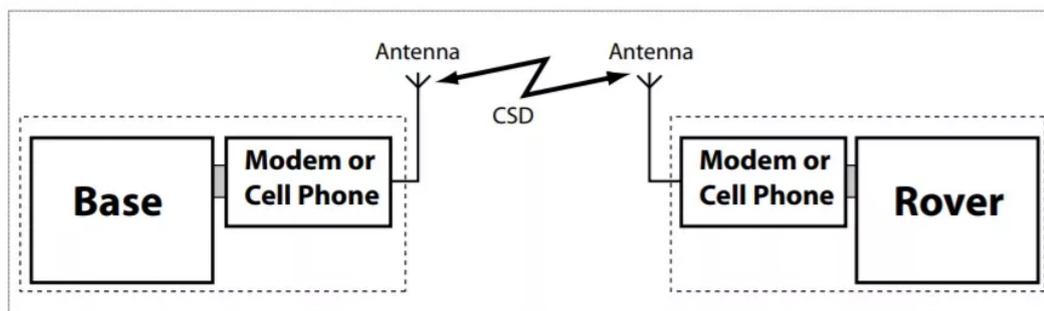


Рисунок 2.13 – Схема використання GSM модему, що працює в режимі CSD

Один модем (або мобільний телефон) працює в режимі GPRS. Модем використовується на ровері, щоб встановити зв'язок через Інтернет, пряму IP-адресу або режим NTRIP. Потім ровер починає отримувати дані RTK поправок від обраної бази. Цей тип каналу передачі добре підходить для геодезичних систем, що використовуються тільки в роверній конфігурації (рисунок 2.14).

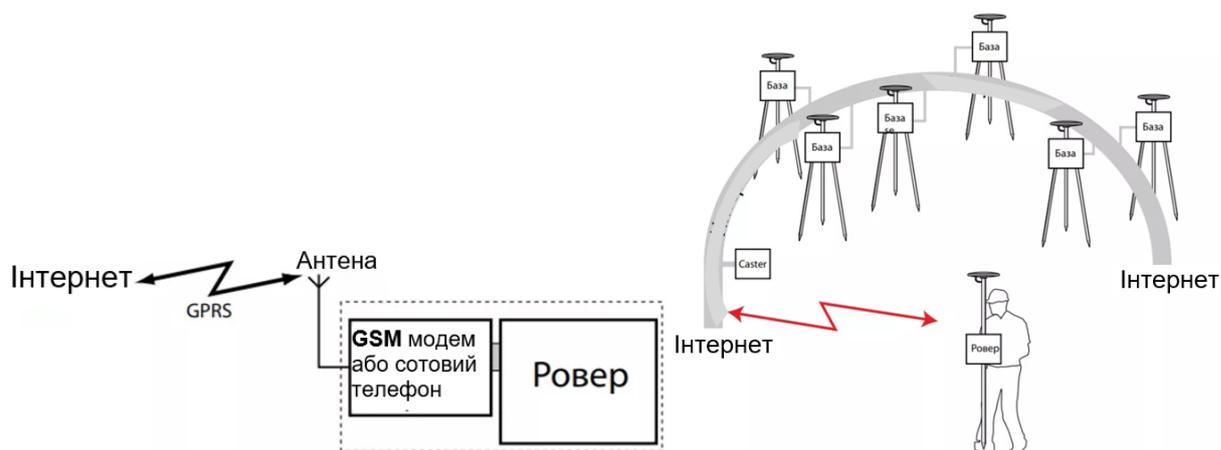


Рисунок 2.14 – Схема використання GSM модему, що працює в режимі GPRS

При активації каналу передачі даних у режимі NTRIP необхідно ввести наступні п'ять ідентифікаційних параметрів для Caster (сервера):

1. IP-адреса;
2. Ім'я точки доступу;
3. Номер порту;
4. Логін;
5. Пароль.

Сервер звертається до вихідної таблиці, з якої вибирають базу (із якою буде працювати ровер).

Для успішного виконання польових робіт важливе значення має впевненість, що канал передачі функціонує безперебійно. Показник

контролю каналу передачі – це вік поправок. Цей параметр відображається на екрані контролера.

Коли канал передачі працює нормально, вік поправок постійно дорівнює швидкості передачі RTK поправок з урахуванням. Якщо передача даних поправок не проводиться, або ровер не в змозі їх декодувати та використовувати, вік поправок буде збільшуватися.

Якщо збільшення віку поправок тимчасове, необхідно контролювати лише канал передачі (поки ровер продовжує обчислювати координати при фіксованому рішенні). Але якщо вік поправок продовжує збільшуватися, це може призвести до втрати статусу фіксованого рішення на ровері для всіх координат, що обчислюються. У даному випадку необхідно з'ясувати причину некоректної роботи каналу передачі даних та вжити необхідних заходів для усунення несправності.

Рекомендується при виконанні польових робіт постійно стежити за віком поправок.

2.2 Точність вимірювання геодезичними GNSS приймачами

При виконанні GNSS знімання точність насамперед залежить від здатності системи визначати найкращу варіацію в частині несучої довжини хвилі, що прийшла в пункт зйомки, у припущенні, що число повних циклів несучої хвилі було визначено успішно. Відомо, що довжина несучої хвилі, що використовується в обробці сигналу L1, дорівнює 19 см, а це дозволяє системі при покроковій обробці досягти сантиметрової точності (рисунок 2.15).

Практично точність залежить від двох параметрів:

- якості вимірів несучої фази, якості прийому (рівень перешкод) та зовнішніх умов (числа видимих супутників, присутності чи відсутності багатошляховості).

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

(відкрите небо, мінімальне число видимих супутників і гарний GDOP). Це значення відрізняється для вертикальних і горизонтальних компонентів положення.

Y_{ppm} – змінна частина, виражена у мільйонних частках (ppm) довжини базової лінії. (Якщо $Y_{ppm} = 1$ та довжина базової лінії зйомки становить близько 10 км, то Y_{ppm} додатково та номінально додає 10 міліметрів невизначеності у всі положення). Значення Y_{ppm} також відображає якість приймача та алгоритмів. Значення Y_{ppm} може відрізнятися для вертикальних і горизонтальних компонентів положення.

Оцінка точності для фіксованих RTK положень даються в таблиці для умов номінального прийому (відкрите небо, гарний GDOP, більше 5 видимих супутників). Але потрібно пам'ятати, що ці значення є різноманітними для кожної моделі. Для отримання більш конкретної інформації, потрібно розглядати загальні характеристики моделі, що використовується. Оцінка точності погіршуються, коли системі вдається отримати фіксоване значення.

Помилки в координатах, визначених за допомогою GNSS систем, не є постійними (рішення змінюється статистично). Якщо нанести горизонтальні координати контрольної точки (X_0, Y_0), обчислені GNSS системою протягом значного періоду часу (статичне знімання), то буде отримано креслення розкиду (рисунок 2.16).

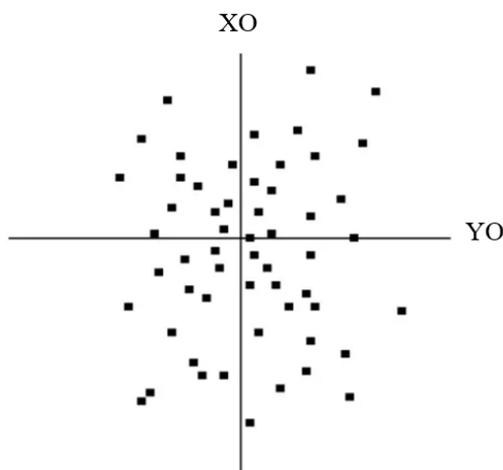


Рисунок 2.16 – Схема зміни помилок в координатах

Початок координат в осях системи (X0, Y0) – справжнє положення контрольної точки. Кожна точка є рішенням положення, отримане GNSS системою для даного пункту. Аналізуючи розкид рішень, можна зробити висновок, що точність визначення координат різна.

Головними критеріями точності вимірювань, використовувани виробником GNSS, наступні:

1. Rms (root mean square - середньоквадратичне значення). Точність дорівнює обчисленню квадратного кореня із суми квадратів відхилень, поділеної на кількість доданків (статистичний метод).

2. Виробники можуть використовувати міру “2drms”, яка виведена із середньоквадратичної формули для горизонтальної площини, використовуючи такий вигляд:

$$\text{Точність (2drms)} = 2 \times \text{Точність (rms)} \quad (2.2)$$

3. CEP (Circular Error Probable - ймовірна кругова помилка): точність дорівнює радіусу кола з центром у положенні, в якому міститься 50% точок на графіку розкиду в горизонтальній площині. Це означає, що обчислене положення буде в межах анонсованої точності 50% часу (рисунок 2.16).

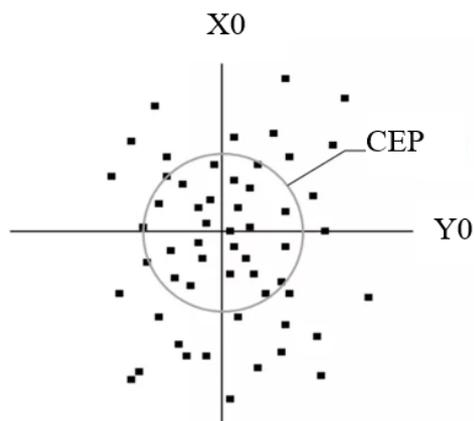


Рисунок 2.16 – Схема ймовірної кругової помилки в координатах

Визначення вертикальної координати за допомогою систем GNSS вимагає додаткових пояснень. За цією координатою фактично лежить специфіка GNSS систем, порівнянна із традиційними системами для зйомки.

У більшому випадку, всі положення GNSS системами відповідають географічним координатам (широті, довготі і висоті), що відносяться до референц-еліпсоїда, який є простою і точною моделлю для опису форми і поверхні Землі. Референц-еліпсоїд посилається на WGS84, або на ITRFxx, де xx є рік реалізації ITRF (ITRF00 був реалізований у 2000 році). Центр даного референц-еліпсоїда збігається з центром маси Землі, який також є початком координат прямокутної геоцентричної системи координат ECEF (Earth-Centered Earth-Fixed) – системою декартових координат X, Y, Z. Планові координати є пов'язаними, то референц-еліпсоїд дає повну достовірність. Перетворення географічних координат на будь-яку проекційну систему не створює жодних особливих перешкод.

Усе ускладнюється, коли знаходимо вертикальні координати. Тому що геодезістам потрібно визначити з великою точністю, який вид вертикальних координат мають вимірювати. Вертикальна координата точки, одержувана GNSS системою є висота пункту, що знімається над референц-еліпсоїдом, звана еліпсоїдальна висота (рисунок 2.17).



Рисунок 2.17 – Схема визначення вертикальних координат пункту

					KPM 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56

Тривалий час для виміру перевищення пунктів геодезисти використовували поняття “середній рівень моря”. Середній рівень моря є загальноприйнятим "нульовим" перевищенням. Але це поняття має деякі обмеження.

Сьогодні використовується модель вертикальної референц-системи, яка називається геоїдом. Ця модель визначається як поверхня, де гравітація постійна. Дана поверхня є нерегулярною, яка залежить від щільності та розподілу матеріалів на поверхні Землі, означаючи, що геоїд не точно слідує природним особливостям земної поверхні.

На практиці модель геоїду, що використовується в GNSS системі, це програма, що містить щільний масив точок, рівномірно розподілених від краю до краю поверхні геоїду. Для кожної точки забезпечуються планові географічні координати та висота (геоїдальна висота) між референц-еліпсоїдом та геоїдом. Протяжність бази даних точок геоїду може бути всесвітньою або обмеженою окремою областю.

База даних точок геоїду, яка забезпечує точне моделювання нерівності поверхні, використовується GNSS системою для інтерполювання висоти між цією поверхнею та поверхнею референц-еліпсоїда для точок, що знімаються (рисунок 2.18).

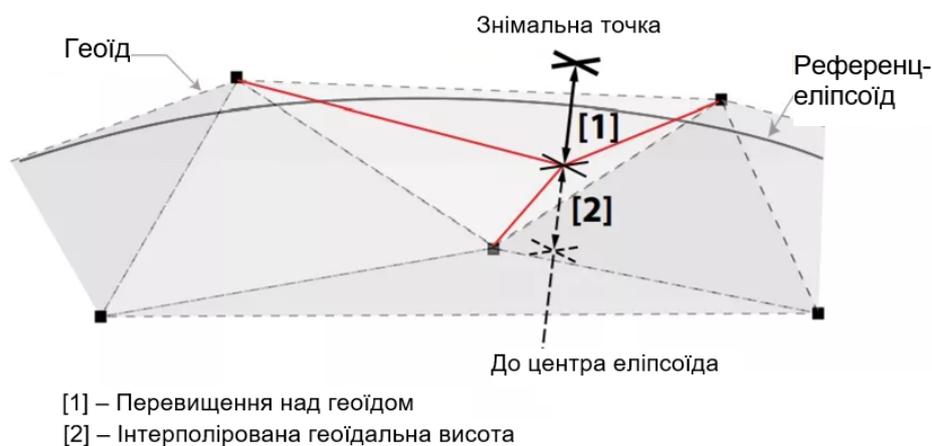


Рисунок 2.18 - Схема отримання перевищення від еліпсоїдальної висоти

З рисунку 2.18 можна отримати перевищення від еліпсоїдальної висоти за формулою:

Перевищення = Еліпсоїдальна висота – інтерполірована геоїдальна висота.

2.3 Калібрування GNSS приймачів

Термін локалізація (встановлення місцезнаходження), також відомий як "калібрування" або "визначення локальної системи координат", що з великою точністю відповідає місцевій системі координат, в якій виконується знімання. Процес локалізації виконує поворот та усунення площини для певної проєкційної системи, обраної для роботи. Після виконання локалізації, обладнання обчислює координати кожного пункту, у тому числі нові точки, що знімаються у відповідній системі координат. За допомогою локалізації обладнання визначає нову локальну систему координат, порівнюючи відомі локальні координати однієї або декількох референц-точок з відповідними координатами, введеними або вимірними для цих точок.

Калібрування потрібно виконувати у наступних випадках:

- робота вимагає використання даної стандартної проєкції, але зрозуміло, що обладнання не надає точних очікуваних координат при розміщенні над контрольними точками;
- база працює на контрольній точці, положення якої було визначено в автономному GPS режимі;
- робота вимагає використання локальної проєкції, але жодна з параметрів даної проєкції не відома.

Існує декілька методів калібрування. Вибір методу залежить від вирішуваної проблеми та кількості доступних контрольних точок. Зазвичай використовуються наступні методи калібрування:

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

- плоска подібність. У даному методі користувач повинен мати три або більше контрольних точок, серед яких щонайменше дві повинні знаходитися в горизонтальній площині. Для визначення локальної системи координат виконується перетворення шляхом найменших квадратів. Перетворення включає поворот і паралельне перенесення певної стандартної проекційної системи, в тому числі і зміна масштабного коефіцієнта. Для досягнення точної локалізації на горизонтальній площині рекомендується використання не менше трьох контрольних точок. Для гарантування вертикальної локалізації це число необхідно підняти до чотирьох або більше.

- жорстке тіло. Так само як і метод плоскої подібності, за винятком того, що масштабний коефіцієнт утримується фіксованим у процесі локалізації.

- перетворення за Гельмертом. За допомогою даного методу користувач забезпечує сім параметрів, які легко змінюють проекційну систему, що використовується в роботі. Ці параметри (dX , dY , dZ , поворот X , поворот Y , поворот Z та масштабний коефіцієнт) можуть бути результатом багатоточкової локалізації, виконаної раніше.

- одноточковий дирекційний кут. Даний метод використовується для визначення локальної системи координат, коли доступна лише одна контрольна точка. У цьому випадку користувач повинен точно визначити орієнтацію на Північ (географічний або істинний) локальної системи координат. Типове застосування даного методу – використання пункту, в якому база встановлюється на початку координат $(0, 0, 0)$ або на єдиному пункті (для прикладу – $100, 1000, 0$) локальної системи координат. У даному випадку географічні координати становища бази можуть забезпечити лише субметрову точність, коли геодезист зацікавлений у зборі лише локальних координат до роботи. Тому геодезист повинен перекоонатися, що географічні координати бази (визначені автономним GNSS методом) можна отримати у процесі локалізації. У процесі калібрування може бути включено модель

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

геоїду. У даному випадку всі перевищення, підготовлені для контрольних точок, повинні бути ортометричними замість еліпсоїдальних.

Калібрування засноване на використанні контрольних точок, зазвичай досягається наступними кроками:

1. Потрібно переконатися, що вибрано правильну проекційну систему для роботи. Існує два випадки для розгляду:

- деякі контрольні точки, які фіксуються горизонтальними або вертикальними в процесі калібрування, можуть мати координати, виражені у відомій проекційній системі. Рекомендується вибрати цю проекцію як початкову систему проекції роботи.

- якщо локальні координати контрольних точок не посилаються на будь-яку відому проекційну систему, рекомендується вибрати проекційну систему, яка є стандартною в районі зйомки.

2. Вводять локальні координати першої точки.

3. Вводять або знімають за допомогою приймача координати широту, довготу та еліпсоїдальну висоту першої точки.

4. Встановлюють горизонтальний або вертикальний контроль для першої точки. Під цим мається на увазі вимога, що локальна система координат проходить, відповідно, через горизонтальне або вертикальне положення точки.

5. Повторюють попередні три кроки, доки всі контрольні точки не будуть визначені.

Після завершення процесу калібрування, потрібно переконатися, що локальна система координат є новою проекційною системою, що використовується у роботі.

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

2.4 Проектування знімальної геодезичної мережі GNSS методом статичної зйомки з постобробкою

Планування знімальної геодезичної мережі методом статичної зйомки складається з двох частин:

1. Проектування мережі;
2. Розроблення схеми спостережень.

Незалежно від числа (2 або більше) контрольних точок, які будуть закладені для статичної зйомки, необхідно запроектувати мережу залежно від кількості та розташування пунктів, що спостерігаються, необхідних для ефективного позиціонування нових точок.

Розглянемо комплексну контрольну зйомку, де мають бути закладені 10 нових пунктів, заснованих на двох планових та трьох існуючих висотних контрольних пунктах (рисунок 2.19).

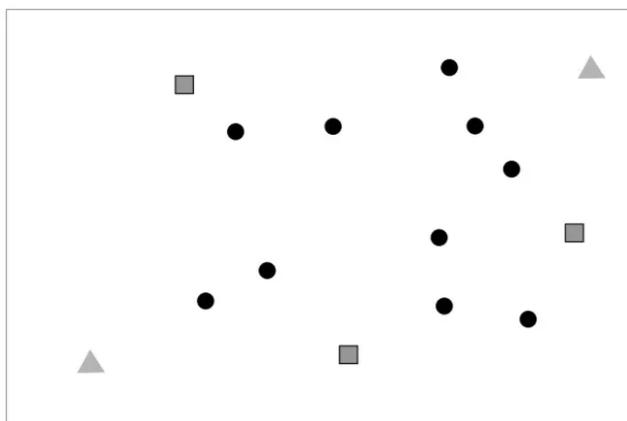


Рисунок 2.19 – Приклад контрольної зйомки із 15 точками

Якщо виконувати дану зйомку звичайним тахеометром, то необхідно запроектувати таку схему тахеометричного ходу, яка є видимою мережею замкнутих ходів, що проходять через точки, що знімаються (рисунок 2.20).

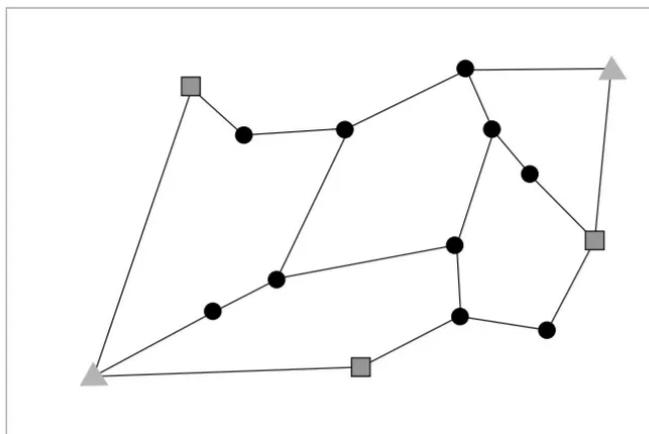


Рисунок 2.20 – Проект мережі для контрольної зйомки із 15 точками

На рисунку 2.20 проект знімальної мережі був створений звичайним прокладанням тахеометричного ходу, той же проект рисунок 2.19 може використовуватися при зйомці GNSS обладнанням.

Під час проектування знімальної геодезичної мережі потрібно дотримуватись наступних правил:

- проектні замкнуті полігони повинні проходити через точки мережі і бути схожі на квадрат чи коло. Потрібно уникати довгих та вузьких замкнутих контурів. Полігони у формі кола або квадрата є жорсткішими геометрично.

- число точок у кожному полігоні має бути менше 10.

- у полігон залучають взаємо видні точки, які можуть використовуватися як пара вихідних точок для орієнтування звичайного ходу. Так як у більшості випадків взаємо помітні точки відносно близькі одна до одної, важливо здійснити пряме спостереження між ними.

Після створення проекту знімальної геодезичної мережі необхідно визначити, як і коли буде виконано збір даних.

GNSS зйомка має перевагу над тахеометричною через відсутність вимог прямої видимості між точками зйомки. Це дозволяє зробити прямі спостереження між точками.

Для виконання GNSS зйомки використовується система з двох приймачів. Для створення зв'язку між існуючим контрольним пунктом 1 і новою точкою 2 розміщують один приймач на 1, а інший – на 2 і одночасно збирають дані. Після завершення спостереження переміщують приймач з точки 2 на точку 3. Виконуємо наступне спостереження, одночасно збираючи дані на точках 1 і 3. Після завершення спостереження перемістять приймач з точки 1 на точку 2. Виконайте завершальне спостереження на точках 3 і 2. Коли ці дані будуть завантажені та оброблені, отримаємо три вектори приросту координат, що формують проект мережі.

2.5 Порівняльна характеристика GNSS приймачів

Виробники GNSS обладнання ведуть боротьбу за ринок і постійно проводять удосконалення приймачів і геодезичних контролерів, щоб пришвидшити та полегшити роботу геодезиста.

Загальними спільні характеристиками сучасних GNSS приймачів є:

- інтегровані моделі, які є універсальними (база або ровер);
- прийом супутникових сигналів здійснюється від усіх доступних на сьогодні та майбутніх запланованих супутникових систем (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, IRNSS, QZSS, SBAS);
- автоматично приймають 200 – 500 (у деяких моделях понад 1000) супутникових каналів;
- проста форма інтерфейсу, яка складається із інформаційної панелі (світлодіодних індикаторів) і 1 кнопки керування (вмикання / вимикання / перезавантаження приймача);
- діапазон робочих температур від – 40 °С до + 65 °С;
- захист від зовнішніх факторів приймається IP67;
- вага роверів з акумулятором становить близько 1 кг;

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

- приймачі мають вбудовану пам'ять для запису сирих даних об'ємом від 6 до 32 Гб.

Приймач SOKKIA GRX3 має вбудований вимірювальний блок (НІМУ), який компенсує ухил приймача до 15° та виключає похибку оператора при триманні геодезичної віхи не вертикально. Технологія Quartz Locked Look™ забезпечує відстеження GNSS при високій вібрації. Він має три вбудовані модеми – GSM, Bluetooth, УКХ (радіо) [26].

Мультичастотний і мультисистемний GNSS приймач геодезичного класу TOPCON HiPer VR (SINGLE INTL). Фахівці компанії TOPCON запатентували і використовують у виробництві технологію вирішення впливу високочастотних вібрацій: Quartz Lock Loop™. Вона забезпечує найкращу точність у складних вібраційно-робочих умовах. Антена приймача вироблена за технологією Fence Antenna™ із підвищеною чутливістю, яка здатна зменшувати вплив багатопроменевості. Дана технологія відстеження сигналів супутників виконує за несприятливих умов, а також зменшенню впливу відбиття сигналів, які створюють перешкоди [25].

Мультичастотний приймач Leica GS18 T - GPS/GNSS стійкий до впливу електромагнітного поля, має 4G/радіо-модем із компенсацією кута нахилу геодезичної віхи. Надійність даних складає майже 99,99%. Використовується сучасне і універсальне програмне забезпечення Leica Captivate, що забезпечує ефективне управління даними з мінімальною кількістю дій із підтримкою оновлення [24].

Мультичастотний GNSS приймач N3 IMU працює з сантиметровою точністю із підтримкою наявних мереж поправок через інтернет. Інтегрований приймач з K8-платформою здатний відстежувати більше ніж 50 супутників. Має потужну обчислювальну здатність та низьке енергоспоживання. [27].

Відмінні характеристики розглянутих GNSS-приймачів наведено в таблиці 2.1.

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

Відмінні характеристика GNSS-приймачів

Характеристика GNSS-приймачів	Leica GS18T	TOPCON HiPer VR (425-470 UHF INTL CELL)	SOKKIA GRX3 L1 GPS/GLONASS GSM/UHF/Long-Range Bluetooth	GNSS приймач N3 IMU
Кількість каналів	555	226	226	1198
Точність визначення координат в RTK	H: 8 мм + 0,5 ppm V: 15 мм + 0,5 ppm	H: 5 мм + 0,5 ppm V: 10 мм + 0,8 ppm	H: 5 мм + 0,5 ppm V: 10 мм + 0,8 ppm	H: 0,01 м + 1ppm
Особливості приймачів	TILT™ (нахил) до 30°, потім похибка 8 мм + 0,4 мм на 1° нахилу	TILT™ (нахил) ± 15°	TILT™ (нахил) ± 15°	-
Ціна (листопад 2022 р.) грн.	договірна	525980,00	388019,00	386 920,00

Точність визначення координат точок в RTK режимі залежить від моделі і складає для всіх GNSS-приймачів різну від 3 мм до 10 мм по горизонталі і від 10 мм до 20 мм по вертикалі. Цінова політика залежить від якості комплектуючих, програмного забезпечення та різних можливостей приладу, які поліпшують його роботу.

					KPM 601-Б3 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		65

РОЗДІЛ 3

ПРОВЕДЕННЯ GNSS ЗНІМАННЯ ТЕРИТОРІЇ

3.1 Загальна характеристика території знімання

Комплекс топографо-геодезичних робіт із топографічного знімання масштабу 1:500 поводить на території Мачухівської територіальної громади Полтавського району Полтавської області.

Мачухівська територіальна громада розташована у північно-західній частині Полтавської області. Згідно з адміністративно-територіальним устроєм, адміністративний центр громади знаходиться в селі Мачухи Полтавського району Полтавської області, яке розташоване на відстані 6 км від м. Полтави по автомагістралі М22 "Полтава-Олександрія". Мінімальна відстань від населених пунктів до адміністративного центру складає 3,3 км, максимальна – 17 км. Територія громади межує на півночі з селом Горбанівка та Щербанівською ОТГ Полтавського району, на сході – з Щербанівською ОТГ Полтавського району, на півдні – із селами Кунцево та Судівка Новосанжарської ТГ Полтавського району, на заході – із селами Тури та Ганжі Решетилівської ТГ Полтавського району (рисунок 3.1) [37].

Територіальна громада об'єднала 5 колишніх рад, загалом налічується 27 населених пунктів: Мачухи, Снопове, Куклинці, Байрак, Васьки, Миколаївка, Мазурівка, Кованчик Мачухівської сільської ради, Полузир'я, Дмитренки, Бондури Полузирської сільської ради, Плоске, Левенцівка, Твердохліби, Чередники, Браїлки Плосківської сільської ради, Калашники, Сердюки, Михайлики, Клименки, Писаренки, Підлепичі, Гвоздиківка, Малі Козуби, Твердохліби Калашниківської сільської ради, Судіївка та Шевченки Судіївської сільської ради (рисунок 3.2). Площа громади – 24700 га. Населення – 8202 мешканців. Найбільше за чисельністю село Мачухи – 3337 осіб (40,68%), яке є адміністративним центром [37].

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66



Рисунок 3.1 – Схема розташування Мачухівської ТГ Полтавської області

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

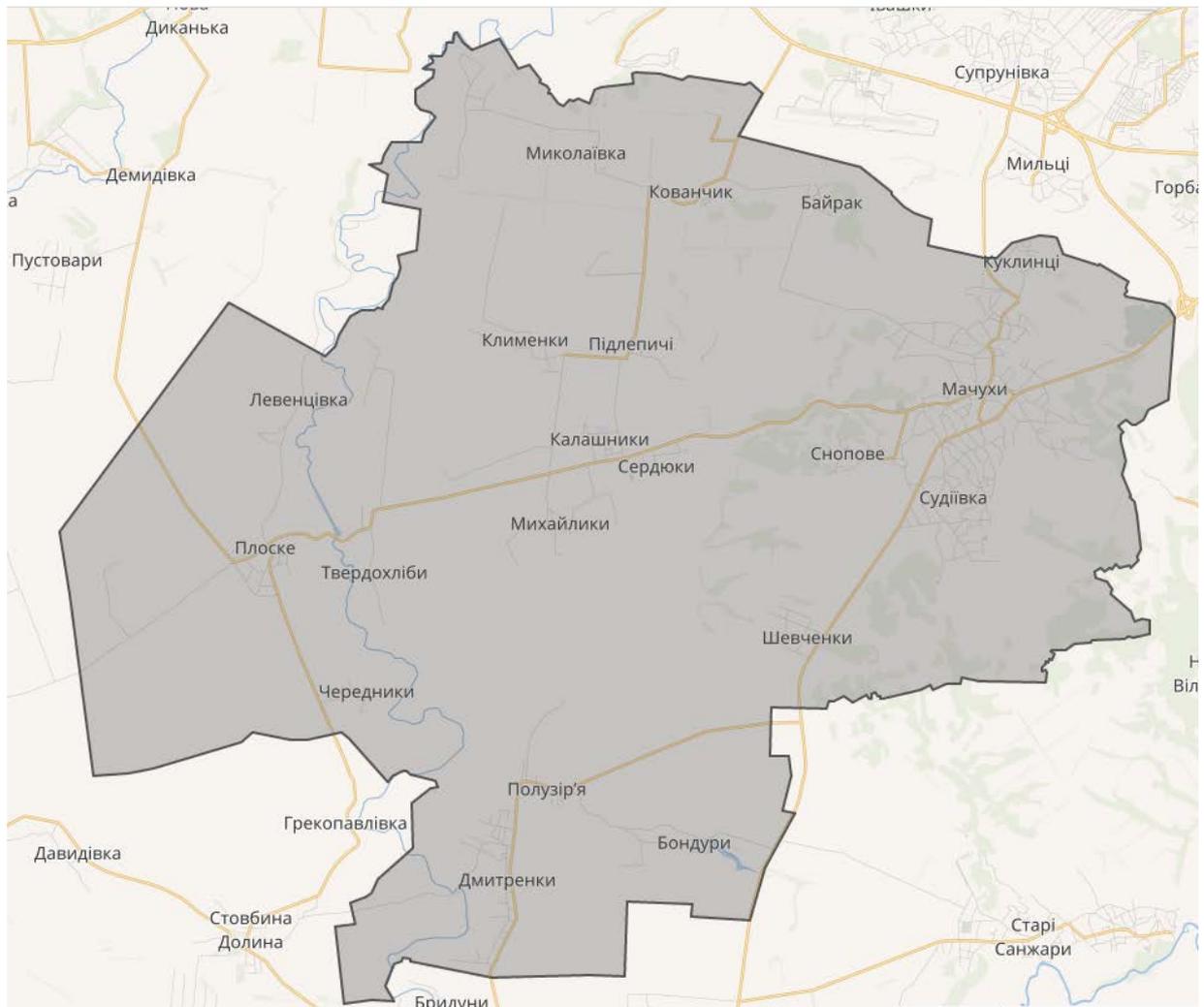


Рисунок 3.2 - Схема Мачухівської ТГ Полтавської області

Загалом громада характеризується суттєвим позитивним сальдо міграції, проте насамперед це стосується населених пунктів, які розташовані ближче до Полтави. Кількість населення у більшості віддалених і малих населених пунктах зменшується. Паспорт Мачухівської територіальної громади наведений у таблиці 3.1 [37].

На території громади наявні корисні копалини: газ, нафта, торф, глина, пісок. Видобутком займається ПрАТ «Нафтогазвидобування» та «ДТЕК Нафтогаз» (добування нафти, газу та конденсату). Є значний потенціал у подальшому видобуванні нафти і газу. Запаси Мачухівського родовища – 5,1 млрд. м³ природного газу. На території знаходяться водні об'єкти – річка Полузирка, ставки.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

Паспорт Мачухівської територіальної громади

№	Найменування показника	Значення показника
1.	Чисельність населення станом на 1 січня 2019 року, осіб, у тому числі дітей:	7959
	дошкільного віку	173
	шкільного віку	610
	учнів, що здобувають освіту в закладах загальної середньої освіти, розташованих на території спроможної територіальної громади	610
2.	Кількість населених пунктів, що входять до складу спроможної територіальної громади	27
3.	Розрахунковий обсяг доходів спроможної територіальної громади, гривень, у тому числі:	41 910 911
	сформованих відповідно до статті 64 Бюджетного кодексу України	38 425 411
	бюджету розвитку - базова дотація	3 485 500
	реверсна дотація	-
4.	Розрахунковий індекс податкоспроможності бюджету спроможної територіальної громади	0,7
5.	Розрахункова частка місцевих податків та зборів у доходах бюджету спроможної територіальної громади, відсотків	31,9
6.	Площа території спроможної територіальної громади, кв. кілометрів	247,083
7.	Кількість закладів, що утримуються за рахунок бюджету органів місцевого самоврядування, у тому числі:	29
	закладів загальної середньої освіти I-III ступеня	4
	закладів загальної середньої освіти I-II ступеня	1
	закладів загальної середньої освіти I ступеня	-
	закладів дошкільної освіти	5
	закладів позашкільної освіти	-
	закладів культури	12
	закладів фізичної культури	-
	фельдшерсько-акушерських пунктів	3
	амбулаторій, поліклінік	4
	лікарень	-
	станцій швидкої допомоги	-
8.	Наявність приміщень для розміщення державних органів, установ, що здійснюють повноваження щодо:	5
	правоохоронної діяльності	1
	реєстрації актів цивільного стану та майнових прав	1
	пенсійного забезпечення	1
	соціального захисту	-
	пожежної безпеки	1
	казначейського обслуговування	1
9.	Наявність приміщень для розміщення органів місцевого самоврядування	1
10.	Наявність центру надання адміністративних послуг	-

Склад населених пунктів, що входять до Мачухівської ТГ наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Склад населених пунктів, що входять до Мачухівської ТГ

№	Найменування населених пунктів, що входять до їх складу	Чисельність населення станом на 01 січня 2019 року	Відстань до адміністративного центру спроможної територіальної громади, кілометрів
1.	Мачухівська сільська рада	3980	-
	с Мачухи	3403	-
	с Байрак	85	7,5
	с Васьки	46	15,5
	с Кованчик	220	9,7
	с Куклинці	64	2,9
	с Мазурівка	24	11,1
	с Миколаївка	56	12,8
	с Снопове	82	4,4
2.	Калашниківська сільська рада	1177	-
	с Калашники	472	9,3
	с Гвоздиківка	4	13,0
	с Клименки	75	13,6
	с Малі Козуби	50	10,2
	с Михайлики	127	10,6
	с Писаренки	74	11,0
	с Підлепичі	65	9,0
	с Сердюки	278	8,2
	с Твердохліби	32	12,4
3.	Судіївська сільська рада	1489	-
	с Судіївка	1256	3,8
	с Шевченки	233	7,4
4.	Плосківська сільська рада	727	-
	с Плоске	453	16,2
	с Браїлки	12	16,2
	с Левенцівка	70	19,2
	с Твердохліби	129	12,4
	с Чередники	63	20,1
5.	Полузірська сільська рада	586	-
	с Полузір'я	255	14,0
	с Бондури	37	13,2
	с Дмитренки	294	16,0

Територіальна громада має розвинутий аграрний комплекс, що спеціалізується на вирощуванні зернових і технічних культур, у тому числі цукрових буряків, кормових культур, картоплі, овочів, плодів, ягід, квітів,

грибів. Сільськогосподарські підприємства нарощують поголів'я тварин, зокрема молочного стада, займаються птахівництвом.

Сприятливі природно-кліматичні умови та чорноземи створюють хороші умови для розвитку садівництва. Сорт груші "Мачухівська глива" відомий не лише в Україні, а й за її межами.

На території громади розташовані промислові виробничі підприємства, зокрема з виробництва шкарпеток, торгівельні підприємства та підприємства сфери послуг.

Частина підприємств зареєстровано за межами громади, які не сплачують податків до місцевого бюджету.

За діючою маршрутною мережею автомобільного пасажирського транспорту здійснюється перевезення за 10 автобусними маршрутами на приміській маршрутній мережі, 5-ти автобусними маршрутами на внутрішньо-обласній маршрутній мережі. Усі населені пункти забезпечені транспортним сполученням. Разом з тим, завдяки вигідному територіальному розташуванню на автошляху М22 "Полтава-Олександрія" через с. Мачухи проходять маршрути автотранспортних засобів, що здійснюють міжрегіональне перевезення пасажирів (на Полтаву, Харків, Кременчук, Черкаси, Олександрію тощо). Завдяки цьому задовольняються потреби жителів громади у міжобласних пасажирських перевезеннях.

Є значний потенціал для розвитку туризму – це скіфський могильник, стара дерев'яна церква із підземними ходами, інтерактивний музей олії, автобусна зупинка, яка має мозаїчне оформлення і є візитівкою Мачух. Існує достатня кількість експонатів для створення краєзнавчого музею у Мачухівській ТГ.

Сфера комунальних послуг розвивається. У територіальній громаді діє система збору твердих побутових відходів і запроваджена система їх сортування.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71

На території громади розташовано багато бюджетних установ. Більшість будівель бюджетних установ потребують значних ремонтів та термомодернізації.

Серед мешканців громади популярний спорт, особливе місце має мотобол. Місцеві мешканці користуються широкою пропозицією закладів культури, які охоплюють осіб різних вікових категорій та статі.

Апарат управління громади укомплектований кваліфікованими кадрами та має позитивний досвід співпраці з іншими ТГ у спільному наданні послуг. Громада є фінансово спроможною та не отримує дотацій з державного бюджету. Загалом трансфери з державного бюджету складають лише 28,06%. Джерела власних доходів громади достатньо диверсифіковані.

Ділянка зйомки розташована за межами населених пунктів території Мачухівської територіальної громади, біля села Судіївка.

Судіївка – село із населенням у 1240 осіб. Воно межує із селом Мачухи і знаходиться на відстані 1 км від сіл Вищі Вільшани й Снопове. По селу протікає невеликий струмок.

По краю села проходить автомобільна дорога М22.

Інфраструктура складається із:

- Судіївської ЗОШ І-ІІ ступенів;
- будинка культури;
- відділення зв'язку;
- Фельдшерсько-акушерський пункту.

Економіка села представлена двома підприємствами, це ПАТ «Лан» і сільськогосподарське споживче товариство «Краяни» [37].

Земельна ділянка, на якій проводилося топографічне знімання розташована з південно-східної сторони від села Судіївка Мачухівської територіальної громади на відстані від межі населеного пункту до 1 км (рисунок 3.3).

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72



Рисунок 3.3 – Схема розташування ділянки для виконання топографічного знімання

Відповідно до фізико-географічної карти України, ділянка вишукувань належить до Лісостепової зони, Лівобережнодніпровського краю, Східнополтавської височинної області.

За геоморфологічним районуванням досліджувана територія відноситься до Східноєвропейської полігенної рівнини в межах Придніпровської області пластово-аккумулятивних рівнин (Полтавської пластово-аккумулятивної рівнини на палеогенових та неогенових відкладах).

Клімат досліджуваного регіону помірно-континентальний, з теплим літом й м'якою зимою. Можуть спостерігатися різкі коливання температури, сильні вітри та снігові замети. У середньому за рік випадає від 550 до 600 мм опадів.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

Середньорічна температура повітря становить +10.2 °С. Згідно показників середньої місячної температури повітря найхолодніший місяць – лютий (-3.4 °С). Абсолютна мінімальна температура -38 °С. Максимальна температура місяця (серпень) +37.8 °С.

3.2 Геодезично-картографічне забезпечення території

З метою встановлення та обґрунтування складу і обсягів нових інженерно-геодезичних робіт, визначення методів та технологій їх виконання, проектування і розрахунків точності планово-висотних мереж, а також складання програми робіт на ділянку вишукувань, було зібрано інформацію щодо наявних топографічних зйомок території, планово-висотних державних та відомчих геодезичних мереж, а також визначено доцільність їх використання при проектуванні нових робіт. Дослідження та збір матеріалів проводились за напрямками, визначеними технічним завданням.

На території Мачухівської територіальної громади розміщуються 2 пункти планової державної геодезичної мережі (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3

Кількість пунктів ДГМ на території Мачухівської територіальної громади

Адміністративно-територіальна одиниця	Кількість геодезичних пунктів I класу	Кількість геодезичних пунктів II класу	Кількість геодезичних пунктів III класу	Кількість геодезичних пунктів IV класу	Кількість геодезичних пунктів УПН ГННС	Кількість пунктів нівелювання I класу	Кількість пунктів нівелювання II класу
Мачухівська ТГ	0	1	1	0	0	0	0

Розміщення пунктів державної геодезичної мережі на території Мачухівської територіальної громади представлено на рисунках 3.4 і 3.5.

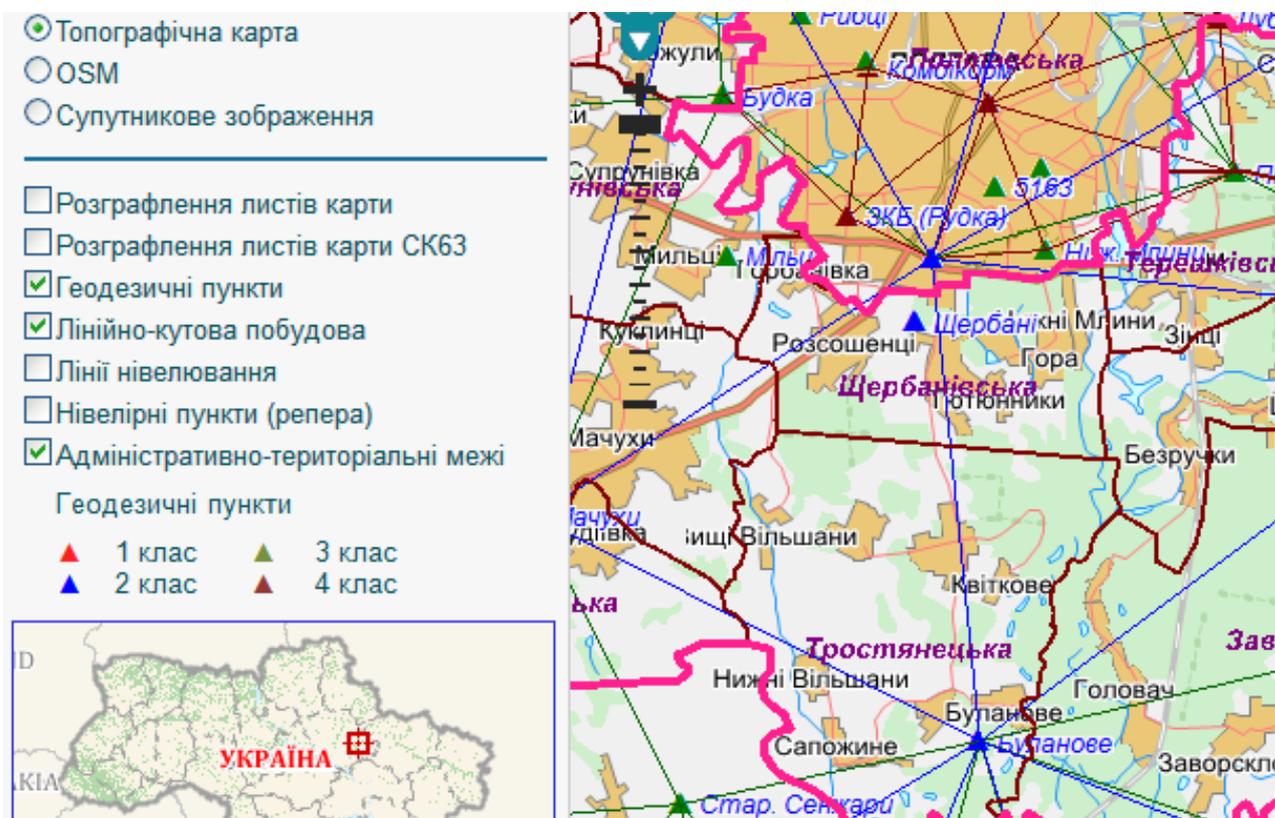


Рисунок 3.4 – Схема розміщення пунктів ДГМ на території Мачухівської територіальної громади

Інженерно-геодезичні вишукування проведено відносно пунктів державної геодезичної мережі «Мачухи М362322400», «Старі Санжари (М362223000)».

Схема розміщення пунктів «Мачухи М362322400», «Старі Санжари (М362223000)» наведені на рисунку 3.5.

Інформацію про розташування пунктів державної геодезичної мережі беремо із геопорталу Державної геодезичної мережі України, яка є частиною національної інфраструктури геопросторових даних.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		75

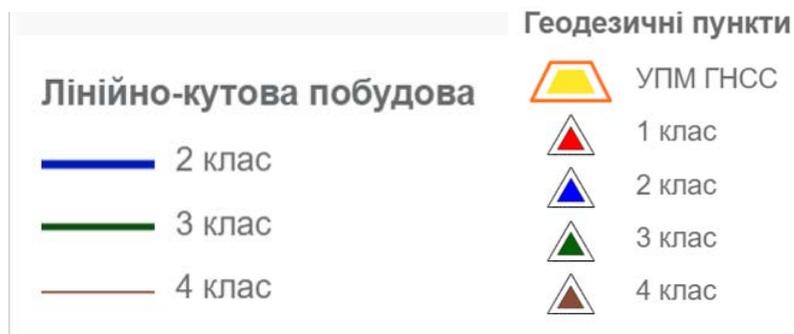
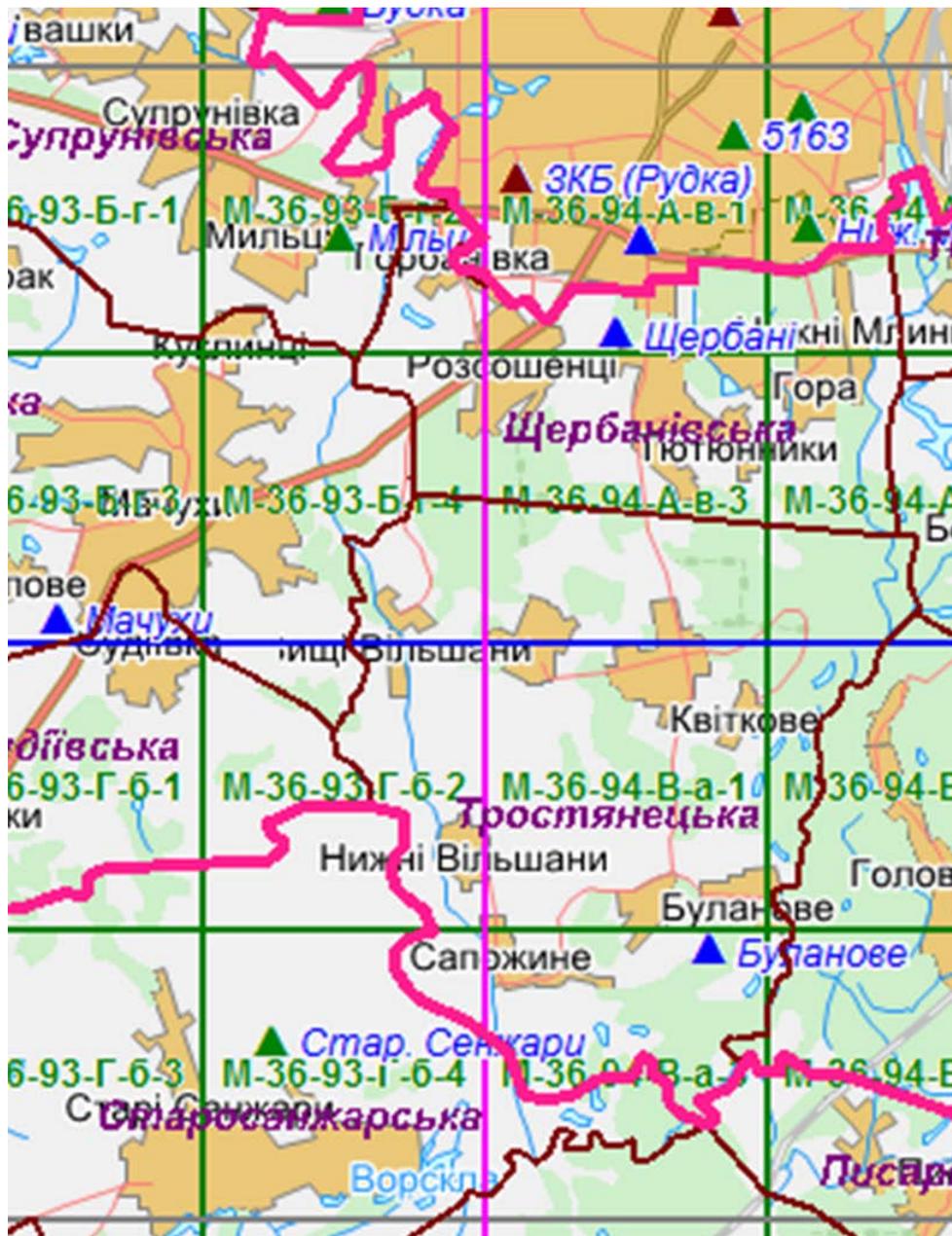


Рисунок 3.5 – Схема розміщення пунктів «Мачухи» і «Старі Санжари» на території Мачухівської територіальної громади

Характеристики пунктів державної геодезичної мережі «Мачухи» і «Старі Санжари» наведена в таблицях 3.4 та 3.5.

Таблиця 3.4

Загальна характеристика пункту ДГМ

«Мачухи (М362322400)»

Індекс	М362322400
Назва пункту	Мачухи
Тип центру	2 оп
Глибина залягання центру, м	-0.58
Номер марки	1373
Тип знаку	-
Висота знаку, м	16.50
Належність до мережі	планова
Клас планової мережі	2
Клас нівелірної мережі	IV
Метод визначення координат	лінійно-кутова побудова
Метод визначення висоти	геометричне нівелювання
x, м	5 561 318.00
y, м	6 518 839.00
B, град.	49.51
L, град.	34.47
m _x , м	0.017
m _y , м	0.016
H (висота над рівнем моря), м	149
Рисунок центру	

Характеристика пункту державної геодезичної мережі «Старі Санжари
(М362223000)»

Характеристики пункту	
Індекс пункту	(М362223000)
Назва пункту	Старі Санжари
Тип центру	1
Глибина залягання центру, м	-0.47
Номер марки	
Тип знаку	піраміда
Висота знаку, м	6.2
Належність до мережі	планова
Клас планової мережі	3
Клас нівелірної мережі	IV
Метод визначення координат	лінійно-кутова побудова
Метод визначення висоти	геометричне нівелювання
x, м	5 454 603.00
y, м	7 320 768.00
B, град.	49.47
L, град.	34.49
m _x , м	0.041
m _y , м	0.038
Рисунок центру	

Геодезичною основою для виконання топографічних зйомок у масштабі 1:500 було прийнято планову державну геодезичну мережу другого і третього класів. Поряд з місцем знімання розташовуються три пункти. При ГНСС зйомці прив'язку було прийнято до двох пунктів:

- «Мачухи (М362322400)»;
- «Старі Санжари (М362223000)».

У даний час зі створенням мереж базових станцій RTK з'явилася можливість працювати з RTK-ровером в мережі базових станцій замість того, щоб створювати власну базову станцію. Користувач сплачує за отримання поправок і користування сервісом, які приймає його приймач-ровер (це економить кошти на додаткову базову станцію).

RTK-поправки формуються такими способами:

- Master-Auxiliary corrections (MAX);
- індивідуальні MAX (i-MAX);
- віртуальна базова станція (VRS);
- Flächen-Korrektur-Parameter (FKP) - метод площинних поправок;
- мережа RTK базових станцій.

Мережа базових станцій представляє собою групу постійно діючих GNSS приймачів (рекомендується мати мінімум п'ять базових станцій), які об'єднують накопичені супутникові дані та формують RTK поправки для роверів. Відстань між станціями не повинна перевищувати 60 – 70 км. Дана мережа називається мережами RTK.

У Полтавському районі розташовано 7 постійнодіючих ГНСС-станцій, які представлено на рисунку 3.6.

На сьогодні працюють п'ять окремих сервісів для передачі поправок у реальному часі (System-net, Zakpos, TNT-TPI, СКНЗУ, Geoterrace). Кожна мережа використовує спеціальне програмне забезпечення від різних фірм: Leica, Topcon, Trimble. Мережа System-net і Zakpos повністю автоматизовані.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		79

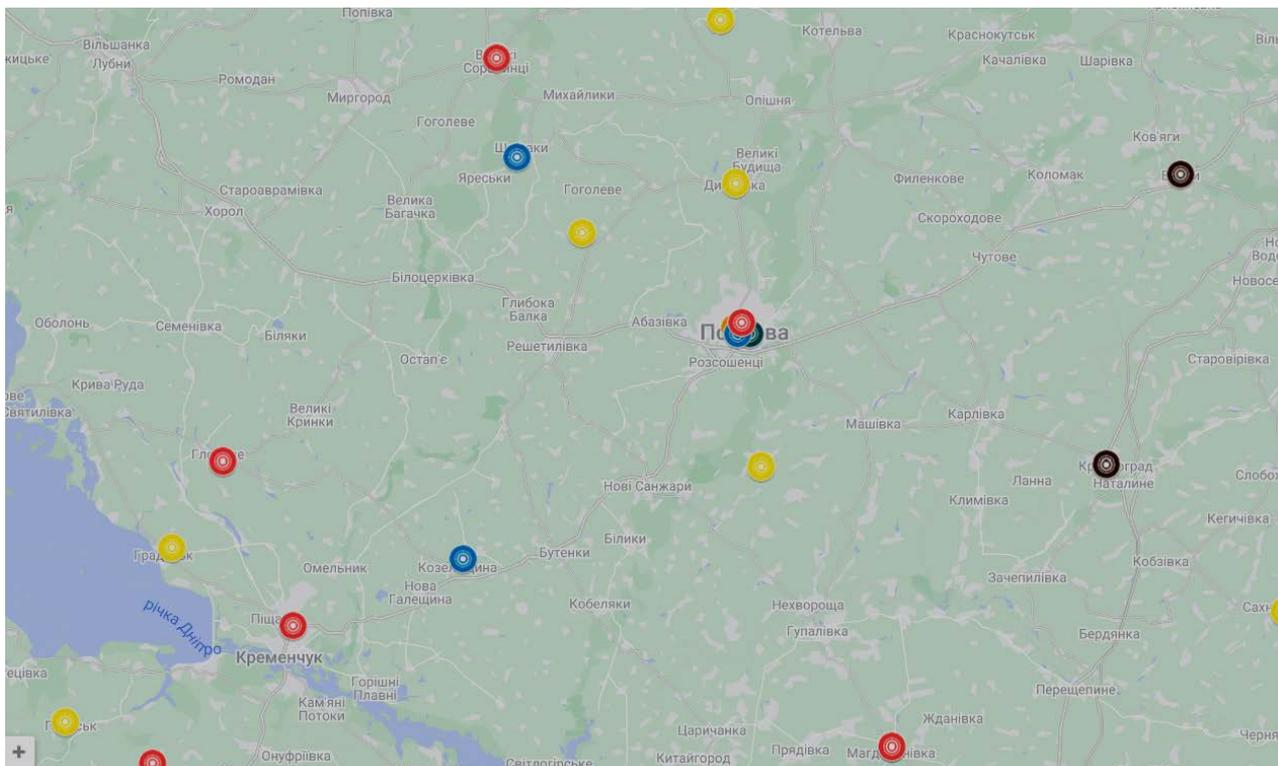


Рис. 3.6 Розташування ГНСС-станцій у Полтавському районі

Для отримання поправок при зніманні в режимі спостережень RTK було вибрано мережу System.NET.

Стан базових станцій мережі System.NET в радіусі 20 км. від району будівництва представлений на рисунку 3.7. У дану зону попадає станція POLV 12336M001, яка розташована у місті Полтава.

Найкоротша відстань до 15 км для отримання поправок координат до місця топографічного знімання від базової станції POLV 12336M001. Загальна інформація станції наведена в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Загальна інформація станції «Полтава»

Станція:	«Полтава»
Ідентифікатор:	POLV
Номер DOMES:	12336M001
Дата встановлення:	26 квітня 2001 р., день року – 116, GPS-тиждень – 1111
Місце знаходження:	Науково-дослідний інститут геодезії і картографії в Полтавській гравіметричній обсерваторії (ПГО) Інституту геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України, м. Полтава

Характеристика станції POLV 12336M001 мережі System.NET:

1. Ім'я станції POLV 12336M001

2. Положення:

- широта $49,6026139^{\circ}$ (N);

- довгота $34,5429305^{\circ}$ (E);

- висота 178,36744 м.

3. Апаратні засоби:

- тип приймача LEICA GR50;

- тип антени AR10.

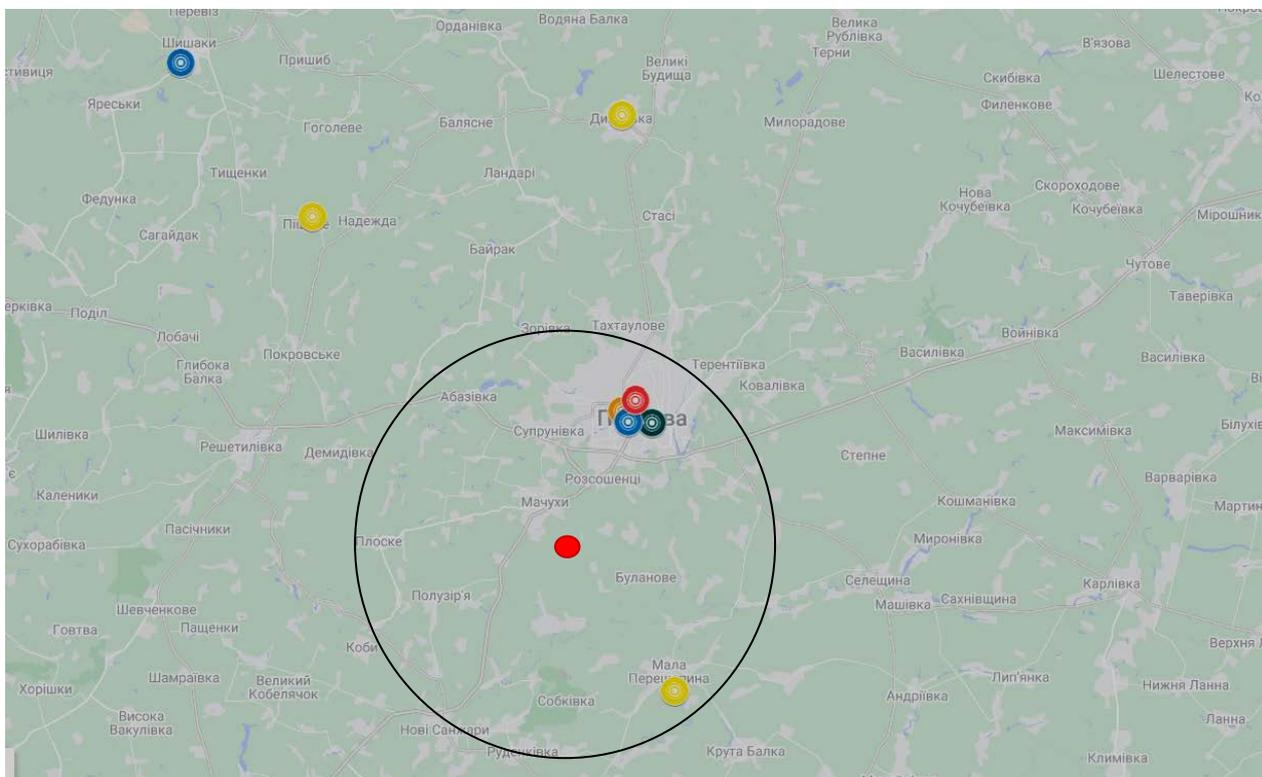


Рисунок 3.7 – Схема розташування станції «Полтава» (POLV) мережі System.NET

Координати базової станції «Полтава» (POLV) мережі System.NET у системах координат СК-63 і УСК-2000 наведені у таблиці 3.7 і 3.8.

					KPM 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		81

Таблиця 3.7

Координати базових станцій мережі в УСК-2000

Ім'я	номер	Розміщення	Код	X	Y	Н балт.
POLV	163	Полтава	POLV	5497899,788	6611643,961	159,7632

Таблиця 3.8

Місцева система координат – УСК-2000

Полтавській області – МСК-53	Код	x	y	Н Балт.77
Полтава	POLV	5496996.6480	351407.5212	159.7632

Розграфлення листів карти в УСК-2000 для масштабу 1 : 10000 представлено на рисунку 3.5. Номенклатура листів топографічних карт масштабу 1:10000 для інженерно-геодезичних вишукувань наступна:

- М-36-93-Г-б-1;
- М-36-93-Г-б-2;

Викопіювання з публічної кадастрової карти України території представлено на рисунках 3.8. – 3.15.



Рисунок 3.8 – Викопіювання з кадастрової карти території знімання

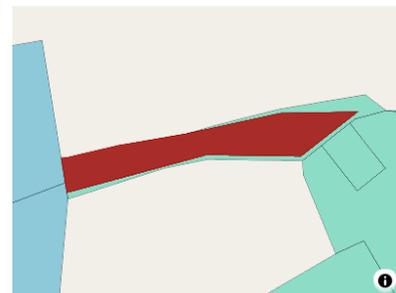
					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		82

Інформація про земельну ділянку

Інформація є довідковою, забороняється використання даних зі сторінки для офіційних дій щодо земельної ділянки. Для отримання офіційної інформації зверніться до ДЗК.

5324085000:00:015:0075

Кадастровий номер	5324085000:00:015:0075
площа	0.4377 га
власність	Приватна власність
використання	для ведення особистого селянського господарства
призначення	01.03 Для ведення особистого селянського господарства
категорія	Землі сільськогосподарського призначення
адреса	немає даних



Історія

Відображаються зміни у інформації про земельну ділянку.

1. Інформацію додано до бази даних

Значення Після 2020-01-20

Призначення	01.03 Для ведення особистого селянського господарства
Власність	Приватна власність
Використання	для ведення особистого селянського господарства
Категорія	Землі сільськогосподарського призначення
Площа	0.4377 га

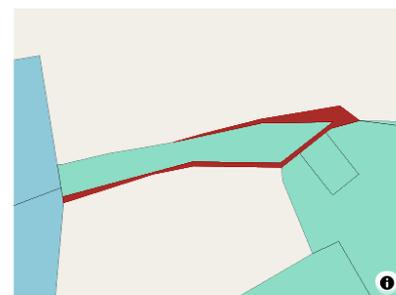
Рисунок 3.9 – Викопіювання з кадастрової карти першої ділянки

Інформація про земельну ділянку

Інформація є довідковою, забороняється використання даних зі сторінки для офіційних дій щодо земельної ділянки. Для отримання офіційної інформації зверніться до ДЗК.

5324085000:00:015:0074

Кадастровий номер	5324085000:00:015:0074
площа	0.1295 га
власність	Комунальна власність
використання	16.00 Землі запасу (земельні ділянки кожної категорії земель, які не надані у власність або користування громадянам чи юридичним особам)
призначення	16.00 Землі запасу (земельні ділянки кожної категорії земель, які не надані у власність або користування громадянам чи юридичним особам)
категорія	Землі сільськогосподарського призначення
адреса	немає даних



Історія

Відображаються зміни у інформації про земельну ділянку.

1. Інформацію додано до бази даних

Значення Після 2020-01-20

Призначення	16.00 Землі запасу (земельні ділянки кожної категорії земель, які не надані у власність або користування громадянам чи юридичним особам)
Власність	Комунальна власність
Використання	16.00 Землі запасу (земельні ділянки кожної категорії земель, які не надані у власність або користування громадянам чи юридичним особам)
Категорія	Землі сільськогосподарського призначення
Площа	0.1295 га

Рисунок 3.10 – Викопіювання з кадастрової карти другої ділянки

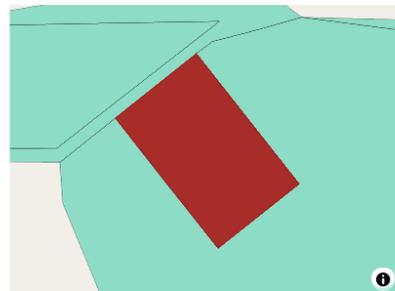
					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		83

Інформація про земельну ділянку

Інформація є довідковою, забороняється використання даних зі сторінки для офіційних дій щодо земельної ділянки. Для отримання офіційної інформації зверніться до ДЗК.

5324085000:00:015:0055

Кадастровий номер	5324085000:00:015:0055
площа	0,1 га
власність	Приватна власність
використання	для індивідуального дачного будівництва
призначення	07.03 Для індивідуального дачного будівництва
категорія	Землі рекреаційного призначення
адреса	Полтавська область, Полтавський район, Мачухівська сільська рада



Історія

Відображаються зміни у інформації про земельну ділянку.

1. Інформацію додано до бази даних

Значення Після 2020-01-20

Призначення	07.03 Для індивідуального дачного будівництва
Власність	Приватна власність
Використання	для індивідуального дачного будівництва
Категорія	Землі рекреаційного призначення
Площа	0,1 га

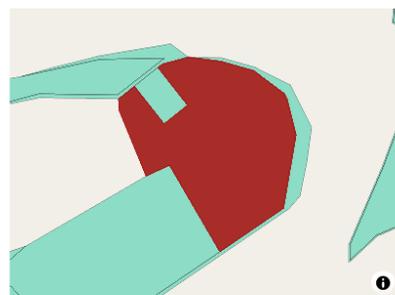
Рисунок 3.11 – Викопіювання з кадастрової карти третьої ділянки

Інформація про земельну ділянку

Інформація є довідковою, забороняється використання даних зі сторінки для офіційних дій щодо земельної ділянки. Для отримання офіційної інформації зверніться до ДЗК.

5324085000:00:015:0081

Кадастровий номер	5324085000:00:015:0081
площа	1,4455 га
власність	Приватна власність
використання	для ведення особистого селянського господарства
призначення	01.03 Для ведення особистого селянського господарства
категорія	Землі сільськогосподарського призначення
адреса	немає даних



Історія

Відображаються зміни у інформації про земельну ділянку.

1. Інформацію додано до бази даних

Значення Після 2020-01-20

Призначення	01.03 Для ведення особистого селянського господарства
Власність	Приватна власність
Використання	для ведення особистого селянського господарства
Категорія	Землі сільськогосподарського призначення
Площа	1,4455 га

Рисунок 3.12 – Викопіювання з кадастрової карти четвертої ділянки

Інформація про земельну ділянку

Інформація є довідковою, забороняється використання даних зі сторінки для офіційних дій щодо земельної ділянки. Для отримання офіційної інформації зверніться до ДЗК.

5324085000:00:015:0080

Кадастровий номер	5324085000:00:015:0080
площа	0.196 га
власність	Комунальна власність
використання	01.04 Для ведення підсобного сільського господарства
призначення	01.04 Для ведення підсобного сільського господарства
категорія	Землі сільськогосподарського призначення
адреса	немає даних



Історія

Відображаються зміни у інформації про земельну ділянку.

1. Інформацію додано до бази даних

Значення	Після 2020-01-20
Призначення	01.04 Для ведення підсобного сільського господарства
Власність	Комунальна власність
Використання	01.04 Для ведення підсобного сільського господарства
Категорія	Землі сільськогосподарського призначення
Площа	0.196 га

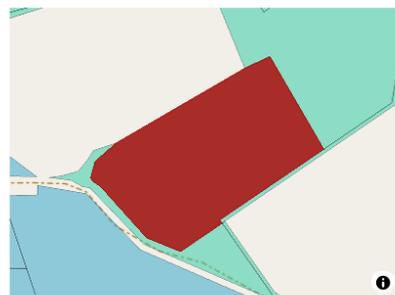
Рисунок 3.13 – Викопювання з кадастрової карти п'ятої ділянки

Інформація про земельну ділянку

Інформація є довідковою, забороняється використання даних зі сторінки для офіційних дій щодо земельної ділянки. Для отримання офіційної інформації зверніться до ДЗК.

5324085000:00:015:0082

Кадастровий номер	5324085000:00:015:0082
площа	1.4455 га
власність	Приватна власність
використання	для ведення особистого селянського господарства
призначення	01.03 Для ведення особистого селянського господарства
категорія	Землі сільськогосподарського призначення
адреса	немає даних



Історія

Відображаються зміни у інформації про земельну ділянку.

1. Інформацію додано до бази даних

Значення	Після 2020-01-20
Призначення	01.03 Для ведення особистого селянського господарства
Власність	Приватна власність
Використання	для ведення особистого селянського господарства
Категорія	Землі сільськогосподарського призначення
Площа	1.4455 га

Рисунок 3.14 – Викопювання з кадастрової карти шостої ділянки

Інформація про земельну ділянку

Інформація є довідковою, забороняється використання даних зі сторінки для офіційних дій щодо земельної ділянки. Для отримання офіційної інформації зверніться до ДЗК.

5324085000:00:015:0083

Кадастровий номер	5324085000:00:015:0083
площа	0.2662 га
власність	Приватна власність
використання	для ведення особистого селянського господарства
призначення	01.03 Для ведення особистого селянського господарства
категорія	Землі сільськогосподарського призначення
адреса	немає даних



Історія

Відображаються зміни у інформації про земельну ділянку.

1. Інформацію додано до бази даних

Значення	Після 2020-01-20
Призначення	01.03 Для ведення особистого селянського господарства
Власність	Приватна власність
Використання	для ведення особистого селянського господарства
Категорія	Землі сільськогосподарського призначення
Площа	0.2662 га

Рисунок 3.15 – Випокіювання з кадастрової карти сьомої ділянки

На території топографічного знімання розташовано сім земельних ділянок приватної та комунальної власності.

3.3 Методика та технологія виконання GNSS знімання

Підставою для проведення робіт є технічне завдання на виконання комплексу топографо-геодезичних робіт із топографічного знімання масштабу 1:500 на території Мачухівської територіальної громади Полтавського району Полтавської області.

Головними задачами та цілями виконання комплексу топографо-геодезичних робіт з топографічного знімання на заданій ділянці є:

- виконання топографо-геодезичної зйомки в масштабі 1:500;
- створення топографічного плану в масштабі 1:500 (1 примірник) із подальшим його завіренням Виконавцем;

					KPM 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		86

- відтворення топографічного плану в електронному вигляді в масштабі 1:500.

Система планових координат – УСК-2000. Система висот – Балтійська 1977 року.

Вишукування виконувалися у три етапи:

1 етап. Підготовчі роботи – отримання завдання, збір та аналіз планово-картографічних матеріалів, рекогносцирувальне обстеження території;

2 етап. Польові роботи – виконання комплексу польових вимірювань та попередня обробка даних з метою забезпечення якості, повноти та точності результатів; польові матеріали не входять до звіту та не передаються замовнику;

3 – етап. Камеральні роботи – остаточне опрацювання отриманих даних; оформлення інженерно-геодезичних вишукувальних матеріалів згідно з чинними нормативними документами; складання технічного звіту.

Польові роботи проведені у вересні 2023 року.

Під час проведення робіт використовувались і нормативно-правові та нормативно-технічні документи.

Перед початком робіт було проводимо топографо-геодезичні вишукування. Ціль яких є збір просторових даних щодо земельної ділянки. Також виконуємо рекогностування території з метою визначення ділянки, на якій будуть проводитися подальші топографо-геодезичні роботи.

Щоб отримати достатньо інформації для подальшого складання робочого проекту, під час проведення топографо-геодезичних робіт виконують ряд допоміжних технологічних процесів.

Планово-висотна мережа для топографо-геодезичних робіт складається з планової і висотної геодезичної основи та знімальної мережі.

Геодезичною основою слугували пункти державної геодезичної мережі, а також геодезичні мережі згущення.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		87

Під час проведення топографо-геодезичних робіт на місцевості була виконана прив'язка до державної геодезичної мережі пунктів «Мачухи» і «Старі Санжари» методом GNSS-вимірювань,

Перевірка диференційного поля координатних поправок, які задаються ГНСС мережею наведені в таблиці 3.9.

Таблиці 3.9

Перевірка диференційного поля координатних поправок

№ п/п	Назва	Координати пунктів ДГМ, м (із Банку геодезичних даних)		Координати пунктів ДГМ, м (виміряні)	
		X	Y	X	Y
1	«Мачухи»	5485868,567	341320,358	5485868,546	341320,379
2	«Старі Санжари»	5480603,162	344768,742	5480603,131	344768,773

Розбіжність у значеннях координат контрольних пунктів не перевищує 0,10 м, що задовольняє нормативні дані.

Під час виконання топографо-геодезичних вишукувань було використано спеціальну геодезичну техніку приймач RTK GNSS Emlid Reach RS2, свідоцтво про перевірку від 15.06.2023 року № 2812 (рисунок 3.16)



Рисунок 3.16 – Загальний вигляд GNSS RTK приймача Emlid Reach RS2

					KPM 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		88

Технічні характеристики GNSS RTK приймач Emlid Reach RS2 наведено у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10

Технічні характеристики GNSS RTK приймач Emlid Reach RS2

Назва характеристик	Значення
Кількість каналів	184
Відслідковують супутники	GPS / QZSS L1C / A, L2C, ГЛОНАСС L1OF, L2OF, BeiDou B1I, B2I, Galileo E1-B / C, E5b
Точність в статиці (план / висота)	4 mm + 0.5 ppm / 8 mm + 1 ppm
Точність РРК (план / висота)	5 mm + 0.5 ppm / 10 mm + 1 ppm
Точність в кінематиці (план / висота)	7mm + 1ppm / 14mm + 2ppm
IMU	9DOF
Доступні частоти	20 Hz GPS / 5 Hz GNSS
Обмін даними	WiFi - WEB інтерфейс, Радіомодем LoRa 868/915 MHz, 3,5G - 850/1900, 900/1800 MHz Nano-SIM, Bluetooth 4.0 / 2.1 EDR, RS232, USB-C
Формати поправок	NTRIP, VRS, RTCM3 NMEA, LLH / XYZ
Вбудована пам'ять	16 Гб
Віброударна стійкість	Падіння з висоти 2м, стійкий до механічних впливів; ISO9022-36-05
ПО для управління	Reach View
Формат сирих даних	Rinex
Акумулятор	вбудований
Час роботи акумулятора	16 ч. Як 3,5G Ровер / 22 год. В режимі статика
Захист	IP67
Діапазон робочих температур	-20 °C -- 65 °C
Габарити	126 x 126 x 142 мм
Вага	950 г

В якості координатної та висотної основи при виконанні топографо-геодезичних вишукувань використано послуги мережі референтних GNSS-станцій SystemSolutions, сертифікованої в установленому порядку.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		89

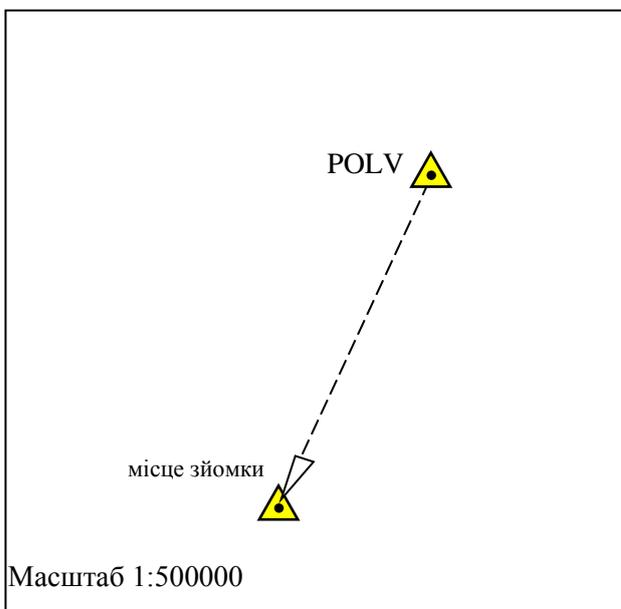
Спостереження виконувались у режимі реального часу із використанням коригуючої інформації (RTK-поправок). Довжина векторів не перевищувала 15 км, кут відсічення супутників складав 12 градусів, інтервал вимірювань – 1 секунда.

Перед виконанням робіт безпосередньо на об'єкті виконано контрольне вимірювання на пунктах Державної геодезичної мережі з відомими координатами в обраній системі координат.

Обчислення кінцевих координат і висот пунктів спеціальної геодезичної мережі та точок зйомочної мережі, визначених системою GNSS, проводилось в системі координат УСК2000 – системі плоских прямокутних координат у картографічній проекції Гаусса-Крюгера та Балтійській системі висот 1977 року.

Значення середньоквадратичної похибки планового положення координат обчислених станцій мережі не перевищує 0,023 м, середня квадратична похибка взаємного положення пунктів за висотою не перевищує 0,042 м.

Координати базової станції POLV наведено на рисунку 3.17.



Вихідний пункт: POLV
 Координата X=5497899,788
 Координата Y=6611643,961
 Координата Z=159,7632
 Система координат: УСК2000
 Система висот: Балтійська 77
 Клас мережі: GNSS RTK
 Назва мережі: System Solutions

Прилад: GNSS RTK приймач Emlid Reach RS2
 базовий приймач GNSS LEICA GR50
 (свідоцтво про перевірку законодавчо
 регульованого засобу вимірювальної
 техніки №5328 від 12.11.2021 року)
 Тип антени: AR10
 Кількість векторів: 241
 Середня довжина вектору: 14369 м

Рис 3.17 – Схема GNSS спостереження при визначенні координат характерних точок

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		90

Координати станції POLV $X = 5497899,788$ м, $Y = 6611643,961$ м.

Порядок створення інженерно-топографічних планів щодо їх змісту і точності визначався Технічним завданням, “Інструкцією з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500”, ДБН А.2.1-1-2014 “Інженерні вишукування для будівництва” із застосуванням діючих “Умовних знаків для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500”, з урахуванням доповнень і пояснень Укргеодезкартографії та Мінрегіонбуду України щодо особливостей їх застосування.

Технологія створення і технічні вимоги до топографічного плану у масштабі 1:500 є обов'язковими для всіх суб'єктів, незалежно від їх відомчого підпорядкування.

Вихідну топографо-геодезичну інформацію було отримано шляхом проведенням GNSS-вимірів в режимі реального часу (RTK).

На ділянці зйомки існуючі інженерні комунікації відсутні.

Результати інженерно-топографічних знімань були подані у вигляді роздрукованого, цифрового та електронного інженерно-топографічного плану.

Цифровим інженерно-топографічним планом називають цифрову модель місцевості, сформовану із урахуванням законів картографічної генералізації у прийнятих для планів проекціях, розграфленнях, системі координат та висот, записану на машинних носіях.

Цифровий план, відтворений за допомогою програмних та технічних засобів у прийнятій системі умовних знаків, називають електронним топографічним планом.

Оформлення матеріалів зйомки у цифровій, електронній та графічній формі було виконано та конвертовано в формат (.dwg) за допомогою програмного комплексу ПЗ Digital Professional, розробленого Товариством з обмеженою відповідальністю "Аналітика" м. Вінниця.

					<i>KPM 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		91

Після візуалізації цифрової інформації в умовних знаках згідно створеного каталогу умовних знаків та інформаційної структури, було виконано редагування та коректування інформації.

Коректування та редагування відтвореної цифрової інформації виконувалось згідно наступних принципів:

- правильність класифікації об'єктів місцевості, відтворених на плані;
- повнота й точність перенесення зібраних топографічних даних;
- відповідність топологічних зв'язків між об'єктами плану та погодженими елементами змісту;
- правильність внесення цифрових значень кількісних і якісних характеристик об'єктів у розробленій системі класифікації й кодування інформації;
- правильність розміщення підписів горизонталей і розставлення берхштрихів, а також дотримання граничних відстаней між горизонталями при тісному їх зближенні;
- пошарова організація плану;
- відповідність позначок висот горизонталям і навпаки;
- граматика підписів;
- точність зібраної інформації для конвертації в обмінний формат;
- правильність зображення контурів, відповідне заповнення їх умовними знаками і площинними фоновими елементами;
- щільність елементів ситуації і підписів.

Заключним процесом створення цифрового топографічного плану стало його відтворення за допомогою ЕОМ та подальшого виводу на паперові носії.

Відтворення графічних матеріалів було виконано за допомогою програми Digital Professional.

Топографічний план земельної ділянки наведено на рисунку 3.18.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		92

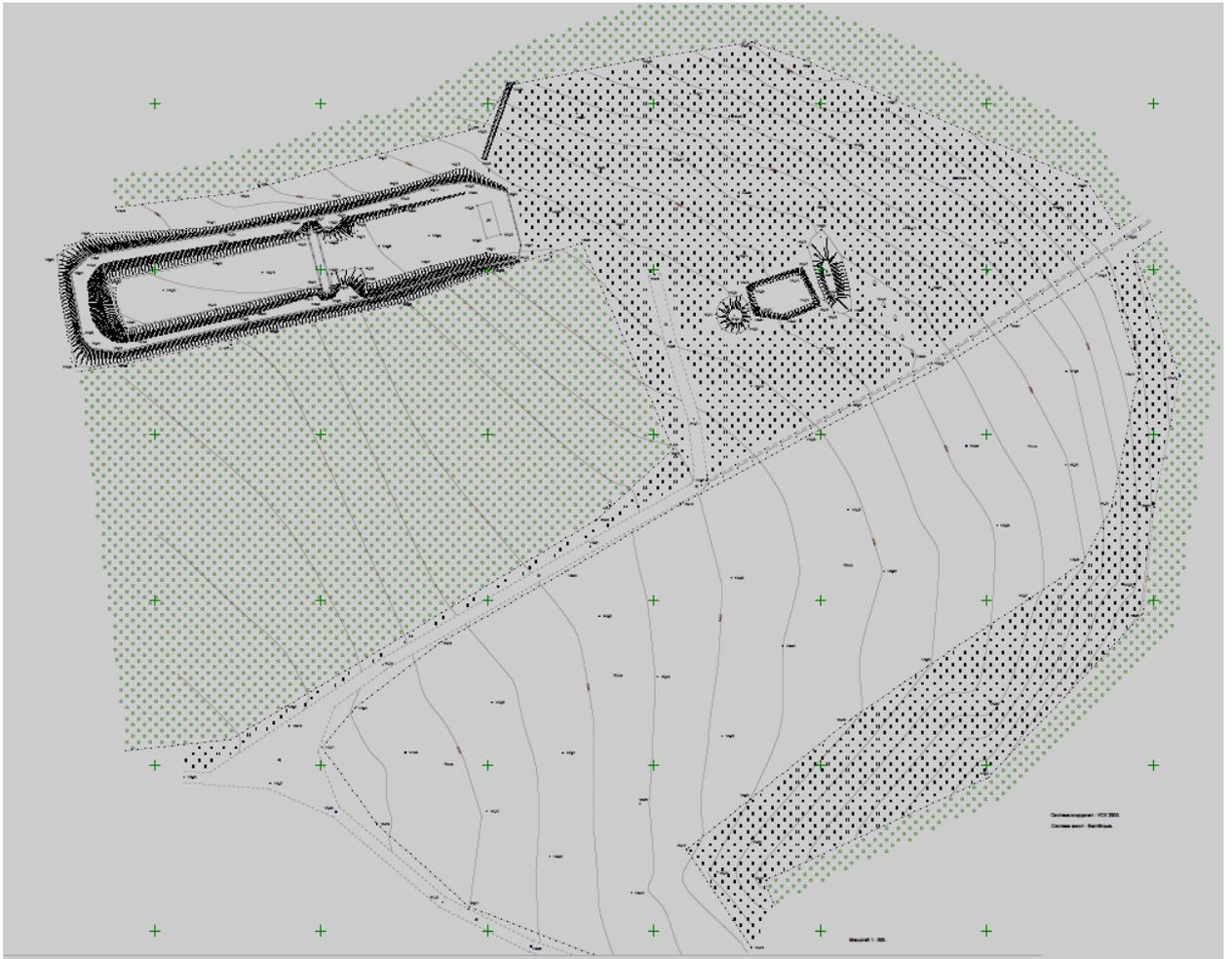


Рисунок 3.18 – Топографічний план земельної ділянки

Відповідно із “Інструкцією про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних та картографічних робіт”, контроль та приймання робіт покладена на керівника підприємства, організації та суб'єкта підприємницької діяльності, які організовують дану роботу.

За основними технічними показниками та результатами приймального контролю отримані топографо-геодезичні матеріали повністю відповідають програмі робіт та нормативній інструкції.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		93

ВИСНОВОК

Виконавши кваліфікаційна робота магістра на тему «Методика топографічного знімання методом Глобальних Навігаційних Супутникових Систем» було зроблено висновки.

Розвиток топографо-геодезичної та картографічної діяльності залежить від інформаційних технологій, особливо глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS), локації об'єктів, аерокосмічних систем високої роздільної здатності для отримання інформації про Землю, створення високопродуктивні засоби отримання просторової інформації про Землю в режимі реального часу на основі оптико-електронних систем сканування місцевості, супутникових радарів, неметричних камер, піктографічних зйомок для створення реалістичних моделей місцевості, наземної та повітряної лазерної локації, цифрової аерофотозйомки, фотографія, включаючи безпілотні літальні апарати, методи обробки цифрових зображень та геоінформаційні системи й телекомунікаційні технології як основні засоби забезпечення доступу громадськості до геопросторових даних та інформації.

GNSS – це інфраструктура, яка включає в себе плеяду орбітальних супутникових станцій із глобальним покриттям, що працюють у поєднанні з мережею наземних станцій і супутниковими системами диференціальної корекції, що дає змогу визначати географічне положення, відстань, напрямок, швидкість руху та місцевий час приймача користувача в будь-якій точці землі, на поверхні або в повітрі шляхом обробки сигналів, отриманих від супутників у космосі. Українська постійнодіюча GNSS-мережа складається зі станцій, що входять до державних, міжнародних та комерційних мереж:

- GNSS-станції Головної астрономічної обсерваторії НАН України;
- GNSS-станції мережі System.NET, спостереження яких надсилаються до IGS та EPN Операційним центром ГАО НАН України;

					<i>КРМ 601-БЗ 10589012</i>	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		94

- GNSS-станції Системи координатно-часового і навігаційного забезпечення України, спостереження яких надсилаються до EPN Операційним центром ГАО НАН України;

- GNSS-станції, які вже не знаходяться під управлінням ГАО;

- GNSS-станції, які демонтовано або призупинено RTK (Real-Time Kinematic – кінематика в реальному часі) – метод зйомки, при якому робиться запит, щоб мобільний приймач практично миттєво визначав координати свого поточного розташування з сантиметровою точністю.

GNSS зйомка має перевагу над тахеометричною через відсутність вимог прямої видимості між точками зйомки. Це дозволяє зробити прямі спостереження між точками.

Для виконання GNSS зйомки використовується система з двох приймачів. Для створення зв'язку між існуючим контрольним пунктом 1 і новою точкою 2 розміщують один приймач на 1, а інший – на 2 і одночасно збирають дані. Після завершення спостереження переміщують приймач з точки 2 на точку 3. Виконуємо наступне спостереження, одночасно збираючи дані на точках 1 і 3. Після завершення спостереження перемістять приймач з точки 1 на точку 2. Виконайте завершальне спостереження на точках 3 і 2. Коли ці дані будуть завантажені та оброблені, отримаємо три вектори приросту координат, що формують проект мережі.

Загальними спільні характеристиками сучасних GNSS приймачів є:

- інтегровані моделі, які є універсальними (база або ровер);

- прийом супутникових сигналів здійснюється від усіх доступних на сьогодні та майбутніх запланованих супутникових систем (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, IRNSS, QZSS, SBAS);

- автоматично приймають 200 – 500 (у деяких моделях понад 1000) супутникових каналів;

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		95

- проста форма інтерфейсу, яка складається із інформаційної панелі (світлодіодних індикаторів) і 1 кнопки керування (вмикання / вимикання / перезавантаження приймача);

- діапазон робочих температур від – 40 °С до + 65 °С;

- захист від зовнішніх факторів приймається IP67;

- вага роверів з акумулятором становить близько 1 кг;

- приймачі мають вбудовану пам'ять для запису сирих даних об'ємом від 6 до 32 Гб.

Комплекс топографо-геодезичних робіт із топографічного знімання масштабу 1:500 поводить на території Мачухівської територіальної громади Полтавського району Полтавської області.

Мачухівська територіальна громада розташована у північно-західній частині Полтавської області. Згідно з адміністративно-територіальним устроєм, адміністративний центр громади знаходиться в селі Мачухи Полтавського району Полтавської області, яке розташоване на відстані 6 км від м. Полтави. Земельна ділянка, на якій проводилося топографічне знімання розташована з південно-східної сторони від села Судіївка Мачухівської територіальної громади на відстані від межі населеного пункту до 1 км.

На території Мачухівської територіальної громади розміщуються 2 пункти планової державної геодезичної мережі Інженерно-геодезичні вишукування проведено відносно пунктів державної геодезичної мережі «Мачухи М362322400», «Старі Санжари (М362223000)».

Для отримання поправок при зніманні в режимі спостережень RTK було вибрано мережу System.NET.

Номенклатура листів топографічних карт масштабу 1:10000 для інженерно-геодезичних вишукувань М-36-93-Г-б-1 та М-36-93-Г-б-2.

Розбіжність у значеннях координат контрольних пунктів не перевищує 0,10 м, що задовольняє нормативні дані.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		96

Під час виконання топографо-геодезичних вишукувань було використано спеціальну геодезичну техніку приймач RTK GNSS Emlid Reach RS2, Спостереження виконувались у режимі реального часу із використанням коригуючої інформації (RTK-поправок). Довжина векторів не перевищувала 15 км, кут відсічення супутників складав 12 градусів, інтервал вимірювань – 1 секунда Обчислення кінцевих координат і висот пунктів спеціальної геодезичної мережі та точок зйомочної мережі, визначених системою GNSS, проводилось в системі координат УСК2000 – системі плоских прямокутних координат у картографічній проекції Гаусса-Крюгера та Балтійській системі висот 1977 року.

Значення середньоквадратичної похибки планового положення координат обчислених станцій мережі не перевищує 0,023 м, середня квадратична похибка взаємного положення пунктів за висотою не перевищує 0,042 м.

Результати інженерно-топографічних знімачь були подані у вигляді роздрукованого, цифрового та електронного топографічного плану.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		97

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Конституція України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР Редакція від 30.09.2016, підстава 1401-19. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80>.
2. Земельний кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III Редакція від 04.06.2017, підстава 1983-19. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>.
3. Закон України "Про оренду землі" 06.10.1998 № 161-XIV, Редакція від 04.06.2017, підстава 1983-19. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/161-14>.
4. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 23 грудня 1998 року № 353-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text>.
5. Закон України “Про землеустрій” від 22.05.2003 № 858-IV. (Електрон. ресурс). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15>.
6. Закон України “Про Державний земельний кадастр” від 07.07.2011 № 3613-VI. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17>.
7. Постанова Кабінету Міністрів України “Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру” від 17.10.2012 № 1051. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012>
8. ДБН А.2.1-1-2014 Інженерні вишукування для будівництва URL: https://dbn.at.ua/_ld/11/1167_DBNInzhenernivu.pdf.
9. Інструкція з топографічного знімання в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98). - К. : ГУГКтаК України, 1998. - 97 с.
10. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. - К., 2001. - 256 с. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98/>

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		98

24. Leica Geosystems. URL: <https://leica-geosystems.com/products/gnss-systems/smart-antennas/>.

25. TNT-TPI URL: <https://tnt-tpi.com/uk/prijmachi-gnss/70-gnss-prijmach-topcon-hiper-vr-single-intl.html>.

26. УкрГеоПроект URL: <https://www.ukrgeo.com.ua/products/sokkia-topcon-gnss-oborudovanie/>.

27. ГеоМетр. URL: <https://shop.gpsgeometer.com/ua/products/dvochastotnij-gnss-geodezichnij-komplekt-geometr-scout-gm-rtk>.

29. Лазоренко-Гевель Н. Ю. Ініціативи EUROSDR EUROGEOGRAPHICS щодо використання сучасних методів збирання геопросторових даних для топографічного картографування / Н. Ю. Лазоренко-Гевель // Інженерна геодезія. – наук.-техн. збірник. – 2017. – Вип.64. – С.67-77.

30. Карпінський Ю. Методи збирання геопросторових даних для топографічного картографування / Ю. Карпінський, Н. Лазоренко-Гевель // – 2018. – URL: https://www.researchgate.net/publication/349536793_METODI_ZBIRANNA_GEOPROSTOROVIN_DANIH_DLA_TOPOGRAFICNOGO_KARTOGRAFUVANNA.

31. Бурштинська Х. В. Аерокосмічні знімальні системи: підручник / Х. В. Бурштинська, С. А. Станкевич. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 316 с.

32. GPS. Американська супутникова система. URL: <https://www.gps.gov>.

33. Galileo. Європейська супутникова система. URL: <https://galileognss.eu>.

34. ГЛОНАСС. Російська супутникова система. URL: <https://www.glonass-iac.ru/en/>.

35. Beidou. Китайська супутникова система. URL: <http://en.beidou.gov.cn>.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		100

36. QZSS. Японська супутникова система. URL: <https://qzss.go.jp/en/>.
37. Мачухівська ОТГ Полтавська область, Полтавський район. URL: <https://machtg.gov.ua/>.
38. Проніна О.В. Управління земельними ресурсами в умовах децентралізації / О.В. Проніна // Держава та регіони. Сер. Держ. упр. — 2016. — Вип. 1. — С. 122—125.
39. Ясінецька І.А. Особливості раціонального управління земельними ресурсами / І.А. Ясінецька // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Сер.: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. — 2016. — Вип. 8 (2). — С. 127—130
40. Теоретичні основи державного земельного кадастру : навч. посіб. / [М. Г. Ступень, Р. Й. Гулько, О. Я. Микула та ін.] ; за заг. ред. М. Г. Ступеня. — 2-ге вид., стер. — Львів : Новий Світ, 2006. — 336 с.
41. Управління земельними ресурсами: Навчальний посібник / В.В. Горлачук, В.Г. В'юн, А.Я. Сохнич; За ред. В.Г. В'юна. — Миколаїв: Вид-во МФ НаУКМА, 2002.-316 с.
42. Tretiak N. et al. Land Resources and Land Use Management in Ukraine: Problems of Agreement of the Institutional Structure, Functions and Authorities. European Research Studies Journal. 2021. № 24 (1). P. 776—789. DOI: 10.35808/ersj/1994/
43. Гуцуляк Г. Землеустрій сільських територій та формування оптимальної структури землекористування / Г. Гуцуляк // Землевпорядний вісник. — 2013. — № 3. — С. 46—48.
44. Добряк Д. Проблеми сучасного землеустрою / Д. Добряк // Землевпорядний вісник. — 2012. — № 1. — С. 30—34. — Бібліогр.: 11 назв.
45. Захарченко О.В. Управління земельними ресурсами як чинник аграрного розвитку / О.В. Захарченко // Економічні науки : вісник / ХНАУ. — Х., 2012. — № 10. — С. 77—84.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		101

46. Ібатуллін Ш.І. Механізми управління земельними відносинами в контексті забезпечення сталого розвитку/ Ш.І. Ібатуллін, О.В. Степенко, О.В. Сакаль [та ін.]. – К.: Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України», 2012. – 52 с

47. Земельні ресурси України та їх використання: [мовою цифр] // Землевпорядний вісник. – 2011. – № 6. – С. 20–22.

48. Нестеренко С.В. Експериментальна перевірка точності визначення висот пунктів за даними GNSS-спостережень / С.В. Нестеренко, Р.А. Міщенко // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2022. – Вип. 199. – С. 68 – 77.

49. Нестеренко С.В. Українська навігаційна супутникова система: стан і перспективи /С.В. Нестеренко, Д.А. Єрмоленко, О.В. Шефер, А.В. Клепко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2021. – Вип. 3 (65). – С. 4-7.

50. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів вищої освіти спеціальності 193 «геодезія та землеустрій». / Г. І. Шарий, В. В. Щепак // – Полтава: НУПП. 2023 р. – 29 с.

					КРМ 601-БЗ 10589012	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		102

Додатки

