

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ**

**Кафедра Інженерної геодезії**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

**Дослідження точності створення топографічних планів масштабу 1:2000 за  
допомогою БПЛА знімання в режимі RTK**

Вовна Максим Юрійович

Київ 2023 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ  
ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ**

**Кафедра Інженерної геодезії**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри ІГ

\_\_\_\_\_

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

**Дослідження точності створення топографічних планів масштабу 1:2000 за  
допомогою БПЛА знімання в режимі РТК**

Виконав студент групи зГД-61м

Спеціальність: **193 «Геодезія та землеустрій»**

Спеціалізація: **193.01 «Геодезія»**

Вовна Максим Юрійович

Керівник: Шульц Р.В.,

професор, доктор технічних наук

*Ідентичність підтверджую*

Київ 2023 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: ГІСУТ

Кафедра: інженерної геодезії

Освітній рівень: «магістр за ОПП/ОНП»

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

Спеціалізація: «Геодезія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету

\_\_\_\_\_ О.В. Нестеренко

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Бовна Максим Юрійович

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

1. Тема роботи: «Дослідження точності створення топографічних планів масштабу 1:2000 за допомогою БПЛА знімання в режимі РТК» затверджена наказом ректора КНУБА № 2529/2 від “24” жовтня 2023 року.
2. Керівник роботи: професор, доктор технічних наук Щульц Роман Володимирович  
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання студентом роботи до захисту: \_\_\_\_\_
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:
  - Р. 1. Аналіз методів та технологій сучасного топографічного знімання
  - Р. 2. Технологія та методика топографічного БПЛА знімання
  - Р. 3. Технологія та методика РТК знімання
  - Р. 4. Створення топографічних планів 1:2000 за матеріалами БПЛА знімання
  - Р. 5. Дослідження точності топографічних планів 1:2000 створених за стандартною технологічною схемою
  - Р. 6. Дослідження точності топографічних планів 1:2000 створених за даними РТК знімання

5. Графічний матеріал за розділами:

- Р. 1. Мета і завдання дослідження, наукова новизна
- Р. 2. Аналіз методів та технологій сучасного топографічного знімання
- Р. 3. Технологічна схема топографічного БПЛА знімання
- Р. 4. Розрахунок параметрів БПЛА знімання
- Р. 5. Технологія РТК знімання
- Р. 6. Топографічні плани 1:2000 за матеріалами БПЛА знімання
- Р. 7. Дослідження планово-висотної точності топографічних планів 1:2000 створених за стандартною технологічною схемою
- Р. 9. Дослідження планово-висотної точності топографічних планів 1:2000 створених за даними РТК знімання
- Р. 11. Висновки та рекомендації

6. Календарний план виконання роботи: а) наукова частина;  
б) практична частина.

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Аналіз методів та технологій сучасного топографічного знімання	18.11.2023 р.
Розділ 2. Технологія та методика топографічного БПЛА знімання	18.11.2023 р.
Розділ 3. Створення топографічних планів 1:2000 за матеріалами БПЛА знімання	18.11.2023 р.
Розділ 4. Дослідження точності топографічних планів 1:2000 створених за стандартною технологічною схемою	30.11.2023 р.
Розділ 5. Дослідження точності топографічних планів 1:2000 створених за даними РТК знімання	30.11.2023 р.
Розділ 6. Дослідження точності топографічних планів 1:2000 створених за даними РТК знімання	07.12.2023 р.
Остаточне оформлення роботи	07.12.2023 р.
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	07.12.2023 р.
Попередній захист роботи на кафедрі	08.12.2023 р.

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1.	Аналіз методів та технологій сучасного топографічного знімання		

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 2.	Технологія та методика топографічного БПЛА знімання		
Розділ 3.	Технологія та методика РТК знімання		
Розділ 4.	Створення топографічних планів 1:2000 за матеріалами БПЛА знімання		
Розділ 5.	Дослідження точності топографічних планів 1:2000 створених за стандартною технологічною схемою		
Розділ 6.	Дослідження точності топографічних планів 1:2000 створених за даними РТК знімання		

8. Дата видачі завдання: 04.11.2023 р.

Зав. кафедри

Керівник

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Р.В. Дем'яненко

(прізвище та ініціали)

Р.В. Шульц

(прізвище та ініціали)

М.Ю. Вовна

(прізвище та ініціали)

GISUT  
КНУІСА  
2023

# ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ СУЧАСНОГО ТОПОГРАФІЧНОГО ЗНІМАННЯ.....	11
1.1 Аналіз чинного законодавства у галузі різних видів геодезичних зніманих .....	11
1.2 Законодавство у сфері топографо- геодезичної та картографічної діяльності .....	18
Висновок до 1 розділу. ....	22
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ ТА МЕТОДИКА ТОПОГРАФІЧНОГО БПЛА ЗНІМАННЯ.....	23
2.1 Аналіз методів топографічного знімання.....	23
2.2. Технологія та методи БПЛА знімання.....	30
Висновки до 2 розділу .....	38
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА МЕТОДИКА РТК ЗНІМАННЯ .....	39
3.1 Технологія РТК знімання .....	39
3.2 Переваги та недоліки РТК знімання.....	41
3.3 Поєднання РТК та БПЛА.....	43
Висновок до 3 розділу .....	49
РОЗДІЛ 4. СТВОРЕННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ 1:2000 ЗА МАТЕРІАЛАМИ БПЛА ЗНІМАННЯ.....	50
4.1 Нормативно-правове регулювання створення топографічних планів	50
4.2 Принципи формування та види топографічних геодезичних основ....	54
Висновки до 4 розділу .....	64
РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ 1:2000 СТВОРЕНИХ ЗА СТАНДАРТНОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОЮ СХЕМОЮ.....	65
5.1 Створення топографічних планів М 1:2000 методами тахеометричних зніманих, GNSS-зніманих, методом картоскладання .....	65
5.2 Дослідження точності створення топографічних за допомогою аерофотознімання з прив'язкою по опорних точках (GSP).....	67
Висновок до 5 розділу .....	74

РОЗДІЛ 6. ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ 1:2000 СТВОРЕНИХ ЗА ДАНИМИ РТК ЗНІМАННЯ.....	75
6.1 Обробка та контроль РТК знімання. Порівняння точності РТК та РРК.....	75
6.2 Створення топографічного знімання М 1:2000 смт. Летичів Хмельницького району Хмельницької області.....	83
Висновки до 6 розділу .....	85
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89
ДОДАТКИ.....	78

GISUT KNUCA 2023

## ВСТУП

Різкі зміни пріоритетів та стратегічних орієнтирів в системі землекористування, які відбуваються в останні роки і спрямовані на виведення земельних ресурсів із тіні, виправлення помилок та недоліків у системі кадастрового обліку земель, покращення ситуації із точністю та достовірністю даних у громадах, створення та оновлення наявних картографічних матеріалів. Цілком зрозуміло, що більшість традиційних методик та технологій геодезично-вишукувальної діяльності є сьогодні не досить ефективними та достатніми, оскільки вимагають багато зусиль, затраченого часу та значних коштів. Окрім того, вони не можуть повністю забезпечити необхідну точність вимірювань, що є важливим для оновлення містобудівної та землевпорядної документації.

Тому в останні роки назріла необхідність в удосконаленні нормативно-правових засад топографо-геодезичної діяльності під сучасні вимоги, в першу чергу заснованих на аерофотозйомці та супутниковій зйомці території. Проте супутникова зйомка, даючи найвищий рівень точності та достовірності даних меж ділянок та структуру їх рельєфу, є вкрай затратною та проблемною, оскільки вимагає поєднання багатьох умов та чинників – якісного програмного забезпечення, надійного зв'язку, розміщення суто над необхідною для зйомки територією і т.д. Аерофотозйомка із БПЛА, дає гарний результат.

**Актуальність теми.** Сьогодні створення великомасштабних планів є важливим завданням у галузі картографування України. Оскільки наявні топографічні плани з часом потребують оновлення тому, що не відповідають сучасному стану місцевості [Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500].

Сфера застосування великомасштабних планів дуже велика:

- для розробки генеральних планів міст та сільських населених пунктів;
- для розробки комплексних планів просторового розвитку територій територіальних громад;
- для технічних проектів забудови;



- для інженерної підготовки та озеленення територій міст і селищ;
- для складання проектів осушення та зрошення земель сільськогосподарського призначення;
- для ведення кадастру населених пунктів;
- для забезпечення Збройних сил України.

У кваліфікаційній роботі буде проведено дослідження точності використання БПЛА з режимом РТК, для створення топографічних планів місцевості масштабу 1:2000 (далі М 1:2000), для населеного пункту смт. Летичів Хмельницького району Хмельницької області для розробки генерального плану населеного пункту.

**Метою роботи є:** дослідження точності створення топографічних планів масштабу 1:2000 за допомогою БПЛА знімання в режимі РТК.

Відповідно пункту 7.7.3 інструкції [1] оновлення топографічних планів можна виконувати:

- камеральним виправленням змісту плану за матеріалами знімань заново збудованих об'єктів, за матеріалами польового обстеження і матеріалами аерофотознімання. На ділянках, де недавно виконане топографічне знімання більших масштабів, оновлення виконують за матеріалами цих знімань;
- виправленням у полі прийомами наземних методів топографічного знімання.

Для досягнення мети було поставлено наступні **завдання:**

- проаналізувати методи та технології сучасного топографічного знімання;
- проаналізувати технологію та методику топографічного БПЛА знімання;
- проаналізувати технологію та методику РТК знімання;
- дослідити процес створення топографічних планів 1:2000 за матеріалами БПЛА знімання;
- дослідити точність топографічних планів 1:2000 створених за стандартною технологічною схемою;
- дослідити точність топографічних планів 1:2000 створених за даними РТК знімання.

**Методика дослідження.** Методологічною основою дослідження є аналіз даних аерофотознімання з використанням RTK поправок для створення топографічних планів місцевості. В процесі досліджень використовувались такі методи: монографічний – при вивченні та науковому аналізі топографо-геодезичних робіт, картографо-топографічний – для аналізу комплексу топографо-геодезичних робіт та результатів матеріалів аерофотознімання, камерального аналізу – при аналізі створених картографічних матеріалів про об'єкт дослідження, абстрактно-логічний – при формуванні висновків.

розрахунково-конструктивний, який полягав у прогнозуванні і плануванні інвентаризації земель; абстрактно-логічний застосовувався на протязі виконання всієї кваліфікаційної роботи; економіко-математичний для виявлення усіх чинників які впливають на інвентаризацію земель.

**Об'єкт дослідження** – дослідження точності БПЛА знімання з RTK технологією.

**Предмет дослідження** – точність знімання БПЛА з RTK технологією.

**Наукова новизна роботи** полягає у розроблені методики застосування аерофотознімання та дослідження точності оновлення планів М 1:2000.

**Магістерська робота** складається з вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел.

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ СУЧАСНОГО ТОПОГРАФІЧНОГО ЗНІМАННЯ

## 1.1 Аналіз чинного законодавства у галузі різних видів геодезичних знімачів

Використання безпілотних літальних апаратів у різних сферах суспільного життя, в тому числі для проведення землепорядних робіт, потребує його нормативно-правового регулювання.

Зазначимо, що до недавнього часу врегулювання засад використання БПЛА в Україні на законодавчому рівні практично не існувало. Тільки у Повітряному кодексі України згадувалося визначення «безпілотне повітряне судно» як «повітряне судно, призначене для виконання польоту без пілота на борту, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються за допомогою спеціальної станції керування, що розташована поза повітряним судном». Проте в інших профільних документах жодних регулюючих норм та вказівок не існувало.

Так, зокрема, не містило в собі визначення поняття БПЛА та унормування їх застосування прийняте у 2004 році «Положення про сертифікацію типу надлегких та дуже легких повітряних суден, планерів, мотопланерів, мотопарапланів і пілотованих вільних аеростатів». Так само не було врегульовано засади використання БПЛА і в Державній авіаційній службі України, вона лише вказувала, що всі повітряні судна повинні проходити обов'язкову державну реєстрацію.

Також не містили в собі норми про застосування БПЛА для цивільних потреб і «Положення про використання повітряного простору України» (видане в 2002 році), ані «Правила польотів цивільних повітряних суден у повітряному просторі України» (видані в 2011 році) [3].

Топографо-геодезична і картографічна діяльність - це наукова, виробнича, управлінська та інша діяльність юридичних і фізичних осіб, спрямована на

вивчення параметрів фігури Землі, створення державної астрономо-геодезичної і гравіметричної мереж України, геоінформаційних систем, топографічних та кадастрових карт (планів);

Нормативна база топографо-геодезичної діяльності регулюється:

- ЗУ «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність»;

- Вимогами до технічного і технологічного забезпечення виконавців топографо-геодезичних і картографічних робіт, затверджені наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 11 лютого 2014 року № 65 «Про затвердження Вимог до технічного і технологічного забезпечення виконавців топографо-геодезичних і картографічних робіт»;

- Положенням про порядок надходження, зберігання, використання та обліку матеріалів Державного картографо-геодезичного фонду України, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 22 липня 1999 року №1344;

- Положенням про Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 14 січня 2015 року № 15;

Топографо-геодезичні та картографічні роботи - процес створення геодезичних, топографічних і картографічних матеріалів, даних, топографо-геодезичної та картографічної продукції.

*Поняття топографо-геодезичних робіт:*

Відповідно до ст. 1 ЗУ «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» топографо-геодезичні та картографічні роботи – це процес створення геодезичних, топографічних і картографічних матеріалів, даних, топографо-геодезичної та картографічної продукції.

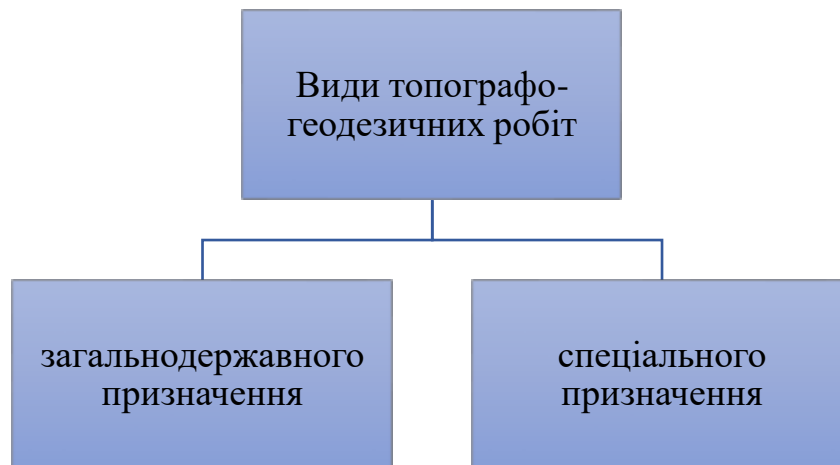
Топографо-геодезичні процеси проводяться для дослідження поверхні ділянки та за результатами їх проведення розробляються графічні матеріали.

Топографічна зйомка може виконуватись в різних масштабах, однак найбільш поширеним є зйомка у масштабі 1:500. Саме в такому масштабі є можливим визначення інженерних комунікацій та погодження їх з відповідними

експлуатуючими організаціями. Топозйомки, проведені фахівцями, дають достовірну та повну інформацію, яка може використовуватись для проектування житлових, промислових чи інфраструктурних об'єктів, капітального будівництва та реконструкції, прокладання доріг і комунікацій чи інших потреб.

Під час здійснення топографо-геодезичних, картографічних робіт повинні забезпечуватися:

- додержання вимог нормативно-технічної документації;
- впровадження прогресивних технологій і методів організації топографо-геодезичного і картографічного виробництва;
- розроблення, впровадження та організація програмного, технологічного і технічного забезпечення ефективного використання цифрових карт і геоінформаційних систем;
- виконання робіт методами і способами, безпечними для життя і здоров'я людей, стану довкілля та об'єктів, що мають історико-культурну цінність;
- графічне зображення на картах державних кордонів України та меж адміністративно-територіального устрою, а також кордонів іноземних держав та інших політико-адміністративних і географічних елементів;
- зберігання та облік топографо-геодезичних, картографічних, аерозйомочних і космічних матеріалів;
- систематичний аналіз державної астрономо-геодезичної основи на території України та відповідності картографічних матеріалів сучасному стану місцевості;
- виконання топографічних, картографічних, кадастрових зйомок та оновлення карт і планів, зйомок континентального шельфу та водних об'єктів в єдиній системі координат і висот.



До загальнодержавних топографо-геодезичних і картографічних робіт належать:

- вивчення і визначення параметрів фігури Землі та гравітаційного поля для цієї мети;
- створення та оновлення державних топографічних карт і планів у графічній, цифровій, фотографічній та інших формах, точність і зміст яких забезпечують вирішення загальнодержавних, оборонних, науково-дослідних та інших завдань, видання цих карт і планів;
- створення, розвиток і підтримка в робочому стані державної геодезичної і висотної геодезичної мереж, у тому числі гравіметричної фундаментальної і першого класу, щільність і точність яких забезпечують створення державних топографічних карт і планів, вирішення загальнодержавних, оборонних, науково-дослідних та інших завдань;
- створення та оновлення кадастрових карт (планів), надання їх, а також необхідної топографо-геодезичної інформації користувачам для ведення Державної реєстраційної системи землі та іншого нерухомого майна, ведення банку даних;
- визначення сталих географічних об'єктів на території України;
- дистанційне зондування Землі повітряними та наземними засобами, а також використання даних дистанційного зондування Землі із космосу з метою використання в топографо-геодезичній і картографічній діяльності, геодинамічні дослідження на основі результатів геодезичних вимірювань;

- формування і ведення державного та регіональних картографо-геодезичних фондів;
- створення і розвиток національної інфраструктури геопросторових даних;
- створення геоінформаційних систем;
- проектування, складання і видання загально географічних, політико-адміністративних, науково-довідкових та інших тематичних карт і атласів міжвідомчого значення, навчальних картографічних посібників;
- топографо-геодезичне, картографічне та гідрографічне забезпечення делімітації, демаркації і перевірки державного кордону України;
- картографування, включаючи створення топографічних карт Антарктиди, континентального шельфу, Світового океану і зарубіжних країн;
- здійснення науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт у сфері геодезії, картографії, дистанційного зондування Землі та інших планет, метрологічне та нормативне забезпечення топографо-геодезичних і картографічних робіт;
- організація серійного виробництва геодезичної і картографічної техніки.

До топографо-геодезичних і картографічних робіт спеціального призначення належать:

- роботи із топографо-геодезичного і картографічного забезпечення кадастрової діяльності - створення, розвиток і підтримка в робочому стані геодезичних мереж спеціального призначення, створення і оновлення картографічної основи державного кадастру, створення місцевих систем координат, порядок ведення яких встановлюється спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері земельних відносин;
- роботи із топографо-геодезичного і картографічного забезпечення містобудівної діяльності - створення геодезичних та картографічних матеріалів і даних для планування території, проектування, будівництва і реконструкції

об'єктів капітального будівництва, створення інженерної та транспортної інфраструктури, а також проведення необхідних для цього інженерних вишукувань;

- роботи із топографо-геодезичного і картографічного забезпечення містобудівної діяльності не потребують отримання замовниками та/або виконавцями таких робіт дозволу органів виконавчої влади та/або місцевого самоврядування на їх проведення;

- матеріали, складені за результатами виконання робіт із топографо-геодезичного і картографічного забезпечення містобудівної діяльності, не підлягають погодженню органами державної влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, установами та організаціями, затверджуються замовниками таких робіт та включаються до складу геопросторових даних містобудівного кадастру;

- створення географічних інформаційних систем спеціального (тематичного) призначення;

- створення тематичних карт, планів і атласів спеціального призначення в графічній, цифровій та іншій формах, видання таких карт, планів і атласів;

- геодезичні, топографічні, аерозйомочні та інші спеціальні роботи під час інших вишукувань і спеціальних робіт;

- виконання науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт

*Професійною топографо-геодезичною і картографічною діяльністю за відповідними напрямками можуть займатися особи, які мають вищу освіту у сфері геодезії та/або землеустрою. Сертифіковані інженери-геодезисти несуть відповідальність за якість результатів топографо-геодезичних і картографічних робіт.*

Виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт може здійснюватися за такими напрямками: а) основні геодезичні роботи; б) загальнодержавні топографічні знімання; в) інженерні вишукування для будівництва та великомасштабні топографічні знімання.



Центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері земельних відносин, веде Державний реєстр сертифікованих інженерів-геодезистів, які отримали кваліфікаційний сертифікат. Інформація з Державного реєстру сертифікованих інженерів-геодезистів у формі витягу надається фізичним і юридичним особам за їхнім письмовим зверненням на безоплатній основі.

*Об'єктами топографо-геодезичної і картографічної діяльності є:* територія України, в тому числі 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.

*Порядок користування топографо-геодезичними і картографічними матеріалами та даними:*

Юридичні та фізичні особи мають право користуватися матеріалами Державного картографо-геодезичного фонду України.

Користування геодезичними та картографічними даними в електронному вигляді здійснюється через геопортали: Державної геодезичної мережі; бази топографічних даних; національної інфраструктури геопросторових даних. [29]

Окремою сферою стандартизації та нормування є топографо-геодезичні та картографічні роботи, в якій нині діє понад 80 нормативних документів:

- Наказом Мінприроди України від 05.11.2009 затверджено окремий СОУ 74.2-00013735-0002:2009 «Правила розроблення нормативних документів у сфері топографо-геодезичної та картографічної діяльності». До важливих нормативних документів у галузі топографо-геодезичної діяльності, що затверджувалися Мінекоресурсів України та Укргеодезкартографією та знаходять широке застосування при виконанні робіт із землеустрою, належать:

– «Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА2.04-02-97)» (Наказ від 08.04.1998 № 56);

– Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1

000, 1:500 (ГКНТА2.04-02-98) (Наказ від 03.08.2001 № 295);

– «Умовні знаки для топографічної карти масштабу 1:10000» (Наказ від 09.07.2001 №254);

– «Положення про порядок установлення місцевих систем координат» (Наказ від 02.07.2001 № 245);

– «Про затвердження Кодексу ustalеної практики «Структура та зміст Державного реєстру географічних назв» (Наказ від 19.06.2009 № 59, чинний з 01.07.2009);

– «Інструкція про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних та картографічних робіт» ЦММНаказ від 16.02.2000 № 19);

– «Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних планах масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500» (Наказ від 08.03.2000 № 25); – «Про затвердження Кодексу ustalеної практики. Керівний технічний матеріал із виготовлення та приймання цифрової топографічної карти» (Наказ від 23.11.2008 № 148);

– «Про затвердження Кодексу ustalеної практики. Зображення державного кордону та меж адміністративно-територіального устрою України на топографічній карті» (Наказ від 24.11.2008 № 151). Окрім того, Наказом Мінагрополітики України від 01.09.2014 № 322 прийнято та надано чинності з 1 вересня 2014 р. СОУ 71.12-37-941:2014 «Географічна інформація. Просторова прив'язка за географічними ідентифікаторами» та СОУ 71.12-37-944:2014 «База топографічних даних. Загальні вимоги».

1.2 Законодавство у сфері топографо- геодезичної та картографічної діяльності

#### *Закони України*

• ЗУ «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» № 353-ХІV від 1998-12-23.

Закон регулює відносини в області геодезії і картографії з метою забезпечення потреб народного господарства, освіти, науки, громадян та інших

об'єктів, у якій використовується продукція топографо-геодезичного і картографічного виробництва. Об'єктами топографо-геодезичної і картографічної діяльності є :

- земна поверхня, територія України, в тому числі водні об'єкти» населені пункти, системи промислових гідротехнічних і інших інженерних комунікацій, а також континентальний шельф;

- частина земної кулі, а саме Антарктида, Світовий океан, земний простір;

Суб'єктами, топографо-геодезичної діяльності є:

- Кабінет міністрів України;

- Укргеодезкартографія, яке знаходиться при Державній службі України з питань геодезії, картографії та кадастру;

- Міністерство оборони України;

- інші центральні і місцеві органи виконавчої влади;

- юридичні і фізичні особи.

У ст. 1 Закону зазначається, що топографо-геодезичні та картографічні роботи це процес створення геодезичних, топографічних і картографічних матеріалів, даних, топографо-геодезичної та картографічної продукції.

У ст. 10 Закону вказано, що під час здійснення топографо-геодезичних, картографічних робіт повинні забезпечуватися:

- додержання вимог нормативно-технічної документації;

- впровадження прогресивних технологій і методів організації топографо-геодезичного і картографічного виробництва;

- розроблення, впровадження та організація програмного, технологічного і технічного забезпечення ефективного використання цифрових карт і геоінформаційних систем;

- виконання робіт методами і способами, безпечними для життя і здоров'я людей, стану довкілля та об'єктів, що мають історико-культурну цінність;

- графічне зображення на картах державних кордонів України та меж адміністративно-територіального устрою, а також кордонів іноземних держав та інших політико-адміністративних і географічних елементів;

- зберігання та облік топографо-геодезичних, картографічних, аерозйомочних і космічних матеріалів;

- систематичний аналіз державної астрономо-геодезичної основи на території України та відповідності картографічних матеріалів сучасному стану місцевості;

- виконання топографічних, картографічних, кадастрових зйомок та оновлення карт і планів, зйомок континентального шельфу та водних об'єктів в єдиній системі координат і висот.

- ЗУ «Про географічні назви» № 2604-IV від 2005-05-31.

Цей Закон визначає правові основи регулювання відносин та діяльності, пов'язаних із встановленням назв географічних об'єктів, а також унормуванням, обліком, реєстрацією, використанням та збереженням географічних назв.

Встановлення назв географічних об'єктів, а також їх унормування, облік, реєстрація, використання та збереження має важливе значення для вирішення завдань національної безпеки, розвитку економіки, науки і освіти, державного будівництва, міжнародного співробітництва, а також у повсякденному житті громадян.

- ЗУ «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» №877-V від 05.04.2007.

Цей Закон визначає правові та організаційні засади, основні принципи і порядок здійснення державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності, повноваження органів державного нагляду (контролю), їх посадових осіб і права, обов'язки та відповідальність суб'єктів господарювання під час здійснення державного нагляду (контролю).

*Постанови Кабінету міністрів України:*

- Постанова КМУ «Деякі питання застосування геодезичної системи координат» від 22.09.2004 № 1259;

- Постанова КМУ «Деякі питання реалізації частини першої статті 12 ЗУ «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 07.08.2013 № 646 (порядок побудови ДГМ);

- Постанова КМУ «Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування» від 04.09.2013 № 661;
- Постанова КМУ «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) за топографо-геодезичною і картографічною діяльністю Державною службою з питань геодезії, картографії та кадастру» від 19.09.2018 № 765;
- Постанова КМУ «Про затвердження Положення про порядок надходження, зберігання, використання та обліку матеріалів Державного картографо-геодезичного фонду України» від 22.07.1999 № 1344;
- Постанова КМУ «Про Порядок використання апаратури супутникових радіонавігаційних систем під час проведення топографо-геодезичних, картографічних, аерофотознімальних, проектних, дослідницьких робіт і вишукувань та кадастрових зйомок» від 13.07.1998 № 1075;
- Постанова КМУ «Про затвердження Порядку охорони геодезичних пунктів» від 08.11.2017 № 836;
- Постанова КМУ «Про створення Державного картографо-геодезичного фонду України» від 20.06.1996 № 661.

*Накази центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності:*

- Наказ Мінагрополітики від 03.11.2014 № 435 «Про затвердження Порядку обстеження та оновлення пунктів Державної геодезичної мережі», зареєстровано в Міністерстві юстиції України 19 листопада 2014 р. за № 1467/26244;
- Наказ Мінагрополітики від 11.02.2014 № 65 «Про затвердження Вимог до технічного і технологічного забезпечення виконавців топографо-геодезичних і картографічних робіт», зареєстровано в Міністерстві юстиції України 08.04.2014 за № 395/25172;

- Наказ Мінагрополітики від 02.12.2016 № 509 «Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою», зареєстровано в Міністерстві юстиції України 19.12.2016 за № 1646/29776;
- Наказ Мінагрополітики від 16.03.2017 № 139 «Про затвердження зразка Реєстраційного посвідчення апаратури супутникових радіонавігаційних систем», зареєстровано в Міністерстві юстиції України 06.04.2017 за № 451/30319);
- Наказ Мінагрополітики від 01 вересня 2014 року № 322 «Про прийняття стандартів організації України».

Висновок до 1 розділу.

В даному розділі було розглянуто законодавство в сфері топографо-геодезичних робіт та законодавство про використання БПЛА.

Під час аналізу було виявлено основні переваги та недоліки чинного законодавства, визначено, види топографо-геодезичних робіт та об'єкти топографо-геодезичної діяльності.

Встановлено, що українське законодавство у сфері топографічно-геодезичної та картографічної діяльності, не має чітко визначених законодавчих актів, постановчих наказів щодо, у сфері використання БПЛА.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ ТА МЕТОДИКА ТОПОГРАФІЧНОГО БПЛА ЗНІМАННЯ

### 2.1 Аналіз методів топографічного знімання

Топографічна зйомка (топографічне знімання) — сукупність робіт зі створення топографічних карт або планів місцевості за допомогою вимірювань відстаней, висот, кутів тощо за допомогою різних інструментів (наземна зйомка), а також отримання зображень земної поверхні з літальних апаратів (аерофотозйомка).

Топографічні плани масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 створюються шляхом топографічних знімань або картоскладанням (крім масштабу 1:500) за матеріалами топографічних знімань більшого масштабу.

Топографічні знімання виконують такими методами:

а) наземним:

- мензульне знімання;
- тахеометричне знімання;
- наземне фототопографічне (фототеодолітне) знімання.

б) аерофототопографічним:

- стереотопографічне знімання;
- комбіноване знімання.

Мензульна зйомка проводиться для отримання топографічних планів невеликих ділянок місцевості в масштабах 1:5000 — 1:500, коли відсутні матеріали аерофотозйомки або застосування їх є економічно недоцільним. У гірничій справі мензульна зйомка застосовується на відкритих гірських розробках, при детальних геологорозвідувальних роботах для зйомки відшарувань гірських порід, для зйомки промислових майданчиків гірничих підприємств тощо.

Ці дії поділяються на два роди: визначення окремих опорних точок, або складання так званої геометричної мережі, і зйомка подробиць. Окремі точки, переважно вершини гір та пагорбів, перетину доріг тощо означаються на



місцевості віхами; вибравши з цих точок дві, відстань між якими може бути виміряна безпосередньо ланцюгом (базис) і з яких відкривається великий кругозір; людина, що знімає, встановлює мензулу на одну з них і, візуючи всі видимі інші точки, прокреслює відповідні напрями; ті ж дії виконуються і на іншій точці. Перетин ліній, що були прокреслені на однакові оточуючі точки, зобразять на мензульному планшеті відповідні точки місцевості в тому масштабі, в якому нанесений був базис (див. також біангулярні координати).

Переходячи послідовно на інші точки, людина, що знімає, отримує зображення всіх інших точок місцевості, що складають геометричну мережу. При зйомці подробиць вживається один з наступних чотирьох способів:

- зарубки, тобто подальший розвиток геометричної мережі;
- проміри з віхи на віху і з точки на віху ланцюгом, помічаючи всі точки перетину лінії, що промірюється, з контурами місцевості;
- інструментальний обхід в закриті місця, наприклад в ліси і в ущелини гір;
- з однієї точки стояння.

Останній спосіб найуживаніший і найзручніший тим, що виробництво зйомки не пов'язане з псуванням городів і полів: наймач розсилає по контурах людей з рейками і всі навколишні точки отримує на папері далекомірним способом. Попутно зі зйомкою подробиць замальовують і рельєф місцевості.

Тахеометричне знімання використовується для створення планів невеликих ділянок та трас лінійних споруд, при зніманні забудованої території, а також у тому випадку, коли виконання стереотопографічного або мензульного знімання економічно недоцільне або технічно неможливе. Знімання рельєфу та ситуації виконують електронними тахеометрами і теодолітами Т30 та Т15. Згущення знімального обґрунтування виконують прокладанням теодолітно-нівелірних або тахеометричних ходів. Густота пунктів знімального обґрунтування визначається масштабом знімання (табл. 2.1).



Таблиця 2.1

Масштаб знімання	Максимальна довжина ходу, м	Максимальна довжина ліній, м	Максимальна кількість ліній у ході, шт.
1:5000	1200	300	6
1:2000	600	200	5
1:1000	300	150	3
1:500	200	100	2

Наземне фототопографічне (фототеодолітне) знімання застосовується для створення топографічних планів у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 районів з гірським та горбистим рельєфом і, в окремих випадках, у рівнинних районах для інженерних вишукувань.

Точність та зміст топографічних планів, які створюють методом наземного фототопографічного (фототеодолітного) знімання, повинні відповідати загальним вимогам, що висуваються до топографічних знімків цих планів.

У наземній фототопографічній зйомці фотографування об'єктів виконують спеціальними фотокамерами, що називаються фототеодолітами.

Стереоскопічне знімання – спосіб знімання земної поверхні або інших об'єктів, який базується на вимірах стереопар фотознімків цих об'єктів.

Найбільшого поширення набув при топографічному зніманні (аерофототопографічне і наземне фототопографічне знімання). Його також застосовують для визначення деформацій споруд, вивчення пам'яток архітектури, дорожніх випадків, розмиву берегів, яроутворень, руху льодовиків та ін.

Комбінований метод зйомки полягає у виготовленні фото планів методами контурної зйомки та нанесенні на них горизонталей у польових умовах топографічними способами.

Дана класифікація методів топографічного знімання була актуальною у 90-х роках. Прогрес не стоїть на місці, компанії займаються геодезичними роботами замінюють перевірені роками аналогові прилади сучасним цифровим і лазерним

устаткуванням. До проведення геодезичних робіт пред'являються жорсткі вимоги. Вони повинні бути виконані в найкоротші терміни і з високою точністю. До найбільш затребуваних і популярних професійних приладів відносяться тахеометри, БПЛА і GNSS обладнання.

До сучасних наземних методів топографічних знімачів відносяться: горизонтальні та вертикальні знімання; тахеометричне знімання; знімання за допомогою глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС); наземна фотограмметричне знімання та лазерне сканування; мобільні картографічні системи та інерціальні навігаційні системи. Дистанційні методи знімання: аерофотограмметрія та космічне знімання з високою роздільною здатністю. Залежно від висоти знімання території вирізняють: космічне, аерознімання; знімання безпілотними літальними апаратами (БПЛА).

Використовуючи електромагнітні випромінювання земної поверхні в різних діапазонах спектра класифікують: за методами знімання і аналізу даних, за способом одержання даних та за типом сенсора. До методів знімання і аналізу даних належать: стереознімання, багатозональне, багаточасове, багаторівневе, багатополярне знімання, комбінований та дисциплінарний методи.

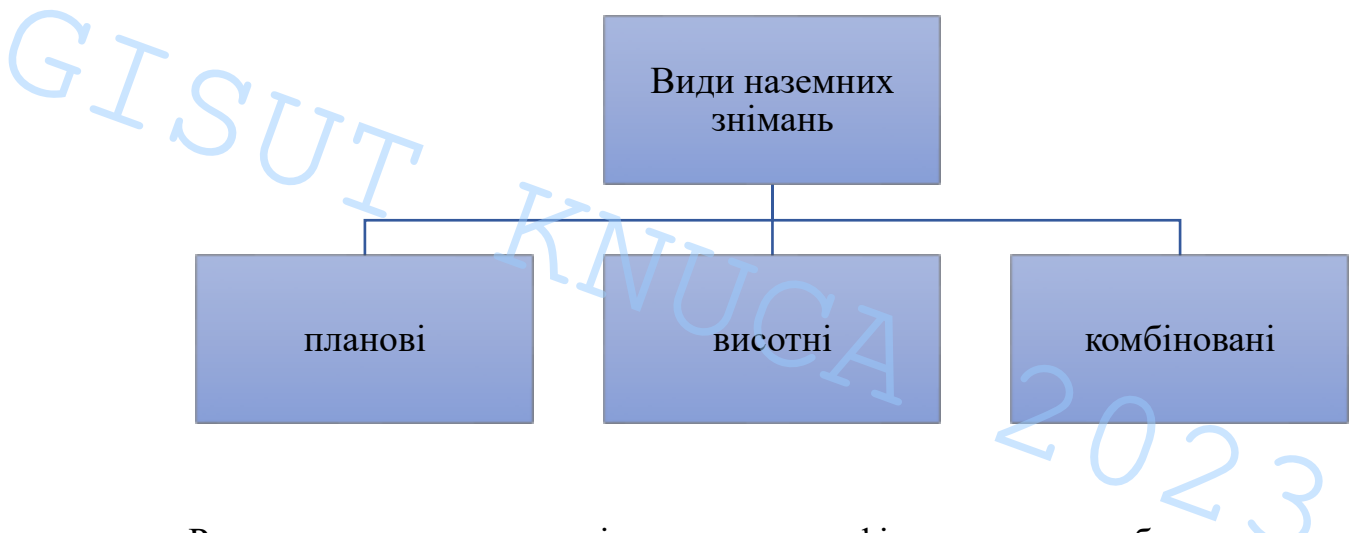
Наземне фототопографічне знімання застосовується як самостійне при створенні топографічних планів кар'єрів та інших гірничих розробок, а в поєднанні з аерофототопографічним – у гірських районах.

Великомасштабне аерофототопографічне знімання виконується стереотопографічним або комбінованим способами у залежності від характеру території, масштабу плану, строків проведення робіт і наявного стереофото-графічного обладнання. Польові фотографічні роботи при аерофототопографічному зніманні включають маркування топонімів або розпізнавання на аерофотозніманні чітких контурів, розвиток знімального планового та висотного обґрунтування, дешифрування контурів при стереотопографічному зніманні, знімання рельєфу та дешифрування контурів при комбінованому зніманні.

Комплекс камеральних робіт при стереотопографічному зніманні:

підготовчі роботи, що включають вивчення матеріалів аерофотознімання та польових топографо-геодезичних робіт; робоче проектування на підготовку вихідних даних; фотограмметричне згущення опорної мережі; виготовлення планів; дешифрування та стереотопографічне знімання контурів і рельєфу; підготовка планів до друку.

У комплекс робіт комбінованого аерофототопографічного знімання входять: підготовчі роботи; фотограмметричне згущення планової мережі; виготовлення фотопланів; підготовка планів до друку. Точність фотопланів забудованих територій перевіряють у польових умовах промірами між важливими контурами, а також між контурами та геодезичними пунктами.



Результатом планових знімачь є топографічна карта, але без урахування рельєфу, тобто тільки ситуація (сукупність об'єктів місцевості). Висотне знімання відображає характеристики рельєфу. Комбіноване знімання є поєднанням висотного і планового. Зйомці й відображенню на топографічних планах підлягають всі елементи ситуації місцевості, що існує забудови, благоустрою, підземних і наземних комунікацій, а також рельєф місцевості.

Топографічне знімання, зокрема великих масштабів, є важливим видом геодезичних робіт. Потреби в ньому виникають у випадку створення чи оновлення топокарт, складання генпланів, робочих креслень, вирішення вертикального планування та проектування ландшафтного дизайну. На основі топографічного знімання можна побудувати цифрову модель місцевості.

Топографічні роботи відчутно полегшилися з появою спеціальних геодезичних GPS приймачів, з'єднаних з комп'ютером і синхронізованих між собою за допомогою радіоканалу.

Топографічна зйомка проходить в декілька стадій:

- стадія польових робіт;
- стадія камеральних робіт;
- складання технічного звіту.

На стадії польових робіт здійснюється дослідження місцевості, зйомка місцевості за допомогою електронного тахеометра, визначення та обстеження підземних комунікацій, результати зйомки прив'язуються до пунктів Державної геодезичної мережі України.

Складання технічного звіту є завершальною стадією топографо-геодезичних робіт. Тут треба зазначити лише те, що такий звіт потрібен органам містобудування та архітектури. Після погодження органами містобудування та архітектури результатів топографічної зйомки, остання може використовуватись для розробки проектів будівництва.

Найбільш поширеним на сучасному етапі наземних знімань є:

- Тахеометричне знімання
- GNSS – зйомка
- Зйомка за допомогою БПЛА

Тахеометричне знімання – це швидкість знімання використовується за допомогою теодоліта, або тахеометр, електричного, тахеометрична швидкість досягається за рахунок того, що планове та висотне положення пікета одержують при одному наведенні інструмента. Зйомка виконується для нівелювання ділянок земної поверхні, які мають значну протилежність по довжині і малу по широті.

GPS приймач та антена, найчастіше тільки антена встановлюють на спеціальну віху (шток). Таку віху встановлюють підчас зйомки на усіх кутах зйомки від 5 до 15с., а потім виконують обробку за допомогою комп'ютера. Такий режим зйомки називається кінематичним. Зйомку починають від вихідного пункту з відомими геодезичних координат і обов'язково закінчують

вимірювання на цьому пункті точні зйомки достатня при необхідній кількості супутників не менше 4 .

При застосуванні БПЛА можна вести зйомку з висоти сотень метрів. По знімках методами фотограмметрії складають карти і плани. Фотографування застосовується для створення топографічних карт з першої половини XIX століття. В даний час роздільна здатність фотознімків досягає 4 см на піксель.

Зйомки тахеометричні та GNSS можуть виконуватися в будь-яких погодних умовах, можливо одночасне проведення, як польових так і камеральних робіт, а виконання БПЛА потребує гарної безвітряної погоди.

На сучасному етапі розвитку ми маємо безліч способів виконання великомасштабних топографічних знімків М 1:2000.

Для виконання робіт з створення планів М 1:2000, було проведено аналіз таких знімків:

- Замоклення космознімків;
- Аерознімання з ПЛА;
- Аерознімання з БПЛА;
- Застосування наземного знімання за допомогою GNSS-приймача та іншими доступними методами.

Космічне знімання має такі недоліки:

- немає гарантій, що знімок буде безхмарним;
- висока вартість космічних знімків (оскільки знімок може охоплювати 200 км<sup>2</sup>), а мінімальна площа замовлення – 25 км<sup>2</sup>, тому замовник часто сплачує за ділянки, які його не цікавлять. Отже, проводити знімання невеликих об'єктів стає недоцільним;

- не завжди є можливість отримання стереопар;
- точність визначення координат значно гірша за інші методи знімання;
- низька оперативність знімання, якщо супутник знаходиться поза зоною сканування.

Аерознімання з ПЛА має такі недоліки:

- великі економічні витрати стосовно експлуатації;

– необхідність аеродрому (злітного майданчика) та екіпажу.

Недоліки тахеометричних зніманих:

– необхідна видимість між тахеометром і об'єктом;

– низька оперативність знімання; залежно від обсягу робіт може займати кілька днів.

Основним недоліком тахеометричної зйомки є те, що складання плану місцевості виконується у камеральних умовах на підставі тільки результатів польових вимірювань і абрисів. При цьому не можна своєчасно виявити допущені помилки тільки звіренням плану з місцевістю.

## 2.2. Технологія та методи БПЛА знімання

Увесь робочий процес проведення аерознімання з БПЛА складається з таких етапів:

1) перед початком аерознімальних робіт розраховують апріорну оцінку точності визначення просторових координат місцевості [Вовк А., 2015];

2) перед запуском БПЛА потрібно: вибрати територію, де б він міг безперешкодно кобрувати і зробити глісаду. Це мала б бути ділянка розмірами 50'120 м із рівневою трав'яною або ґрунтовою поверхнею; визначити напрямок і швидкість вітру (при цьому треба враховувати, що напрямок і швидкість вітру біля поверхні землі і на робочій висоті аерознімання можуть відрізнятися); визначити напрямок запуску і глісади та переконатися у відсутності перешкод у цих напрямках;

3) управління БПЛА та проектування робіт виконується за допомогою польового контролера. Вибір камер для цілей аерознімання ґрунтується на аналізі таких характеристик: роздільної здатності знімків, фізичного розміру матриці, величини куга захоплення, ваги камери і її вартості;

4) для розрядженої планово-висотної прив'язки (ПВП) об'єкта знімання на території населеного пункту опознаками маркуються опорні та контрольні точки. Координати опознаків та контрольних точок визначають методом ГНСС

у режимі RTK. Під час аерознімання процес керування БПЛА проводиться у повністю автоматичному режимі, вбудовані програмні завдання забезпечують безпечне кобрування і глісаду під час кожного запуску. У результаті аерознімання отримують знімки, які далі опрацьовуються в програмному забезпеченні. Для створення ортофотоплану застосовують різні фотограмметричні модулі, за допомогою яких створюють хмару точок та ЦМР ділянки, над якою проводилось аерознімання.

Використання безпілотних літальних апаратів у різних сферах суспільного життя, в тому числі для проведення землевпорядних робіт, потребує його нормативно-правового регулювання.

Зазначимо, що до недавнього часу врегулювання засад використання БПЛА в Україні на законодавчому рівні практично не існувало. Тільки у Повітряному кодексі України згадувалося визначення «безпілотне повітряне судно» як «повітряне судно, призначене для виконання польоту без пілота на борту, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються за допомогою спеціальної станції керування, що розташована поза повітряним судном». Проте в інших профільних документах жодних регулюючих норм та вказівок не існувало.

Так, зокрема, не містило в собі визначення поняття БПЛА та унормування їх застосування прийняте у 2004 році «Положення про сертифікацію типу надлегких та дуже легких повітряних суден, планерів, мотопланерів, мотопарапланів і пілотованих вільних аеростатів». Так само не було врегульовано засади використання БПЛА і в Державній авіаційній службі України, вона лише вказувала, що всі повітряні судна повинні проходити обов'язкову державну реєстрацію.

Також не містили в собі норми про застосування БПЛА для цивільних потреб і «Положення про використання повітряного простору України» (видане в 2002 році), ані «Правила польотів цивільних повітряних суден у повітряному просторі України» (видані в 2011 році) [3].

Але виходячи з практики робіт для безпечного та безперешкодного

виконанням польотів потрібно:

- отримати погодження з Державною авіаційною службою;
- Генеральним штабом;
- Державною районною адміністрацією (на період військового часу

Обласною військово-цивільною адміністрацією),

- інформування органів управління Повітряних Сил Збройних Сил України та органів об'єднаної цивільно-військової системи організації повітряного руху України.

Нормативна база топографо-геодезичної діяльності регулюється законами України:

- Законом України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність»;

- Вимогами до технічного і технологічного забезпечення виконавців топографо-геодезичних і картографічних робіт, затверджені наказом

*Першим етапом створення ортофотоплану є підготовчі роботи.* Необхідно вивчити об'єкт роботи, його місцевість, отримати дозволи на здійснення польотів, у зв'язку військовим станом, адже частина знімання буде над об'єктами з заборонаю на польоти.

Також важливим етапом в підготовчих роботах є підготовка контурів польоту дрона в DroneDeploy або подібних додатках, та створення GCP точок (точок при'язки) наприклад в Digital. До GCP точки повинні бути розставлені в місцях легкого їх розпізнавання на знімках (біля заборів, чітких споруд та поворотів на дорозі), а також мати легкий під'їзд до них.

На рис. 2.1 показаний приклад вже готових контурів зальоту.





*Рисунок 2.1 Схема контурів зальоту*

Другим етапом є польові роботи, в загальному на стадії польових робіт здійснюється дослідження місцевості, зйомка місцевості за допомогою електронного тахеометра, визначення та обстеження підземних комунікацій, результати зйомки прив'язуються до пунктів Державної геодезичної мережі України.

А в нас все починається з процесу розставлення точок внатурі та їх закріплення а також сам політ дрона. Також треба уточнити швидкість вітру перед зйомкою, бо є такі при яких запуск БПЛА дуже не рекомендований через ризик падіння та погіршення якості знімків. Це можна зробити в додатку UAV Forecast та подібних записуючи туди висоту польоту, оскільки на висоті вона набагато більша.



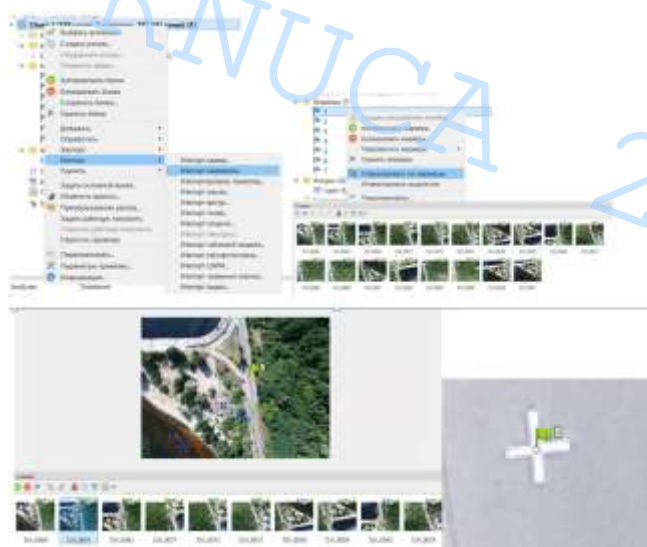
*Рисунок 2.2 Точки GCP в натурі*

Приклад GCP точок зліва створений в полі штучно з палок, справа зроблений також штучно але на дорозі. Ці точки треба зафіксувати за допомогою GNSS приймача, для подальшої прив'язки знімків.

*Наступним етапом є камеральні роботи.* В ході камеральних робіт інженер-землепорядник використовує отримані геодезистами результати для розробки плану з нанесенням на план всіх, визначених в ході топографічної зйомки об'єктів земельної ділянки (будівель, споруд, інженерних мереж, доріг, і т.і.)

У нас камеральні роботи починаються з створення нового файлу в Agisoft, після того як в новоствореному проєкті ми закинули знімки треба відсортувати їх по тангажу та вирівняти по висоті польоту. Також попередньо треба було виставити систему координат в якій проводилась зйомка.

Далі розставляються опозначки які треба було імпортувати з GNSS приймача попередньо.



*Рисунок 2.3 Процес прив'язки знімків в Agisoft*

Потім іде вирівнювання знімків до знятих координат та їх оптимізація.

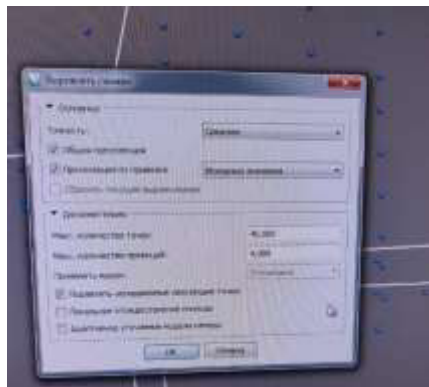
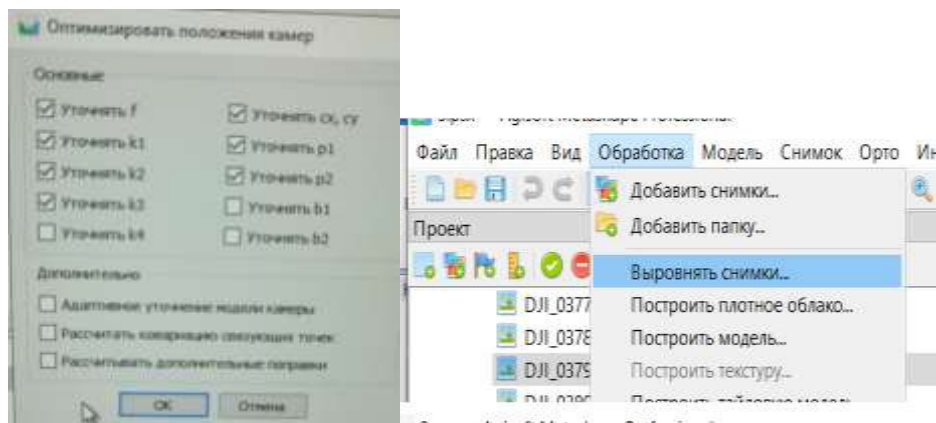


Рисунок 2.4 Процес вирівнювання знімків в Agisoft

Процес можна автоматизувати, щоб Agisoft зробив пакетну обробку даних, а можна вручну вибираючи, які саме функції нам потрібні.

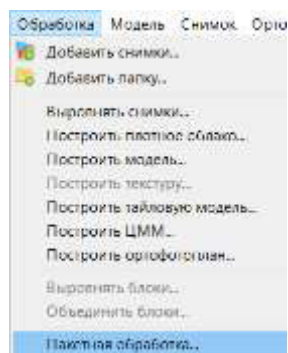
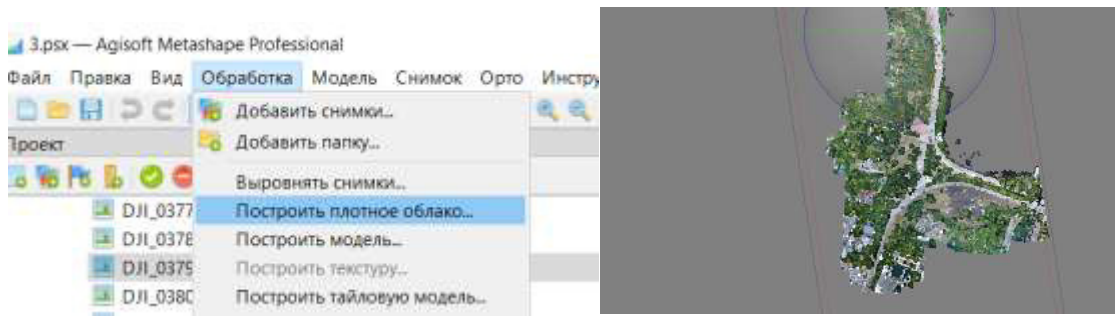


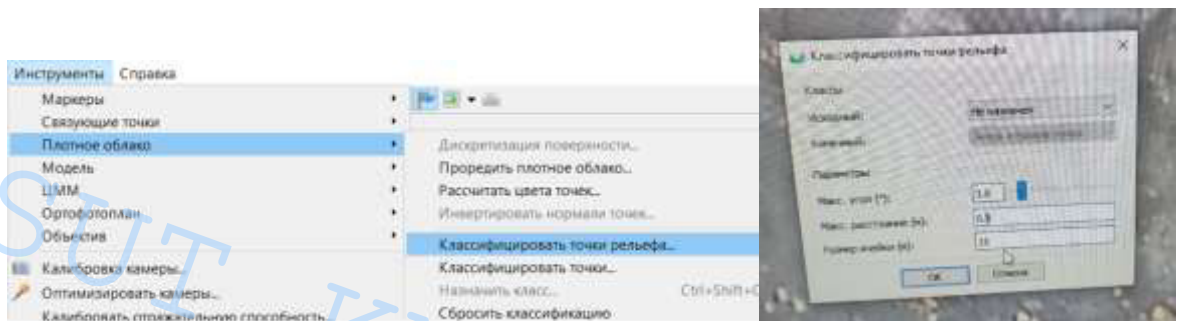
Рисунок 2.5 Автоматизация процесса в Agisoft

Спочатку нам потрібно побудувати хмару точок. Це дуже системно затратний процес який потребує міцного заліза.



*Рисунок 2.6 Побудова хмари точок в Agisoft*

Надалі ми класифікуємо точки рельєфу, щоб для ЦММ було зрозуміло, де саме рельєф землі, дерева та будинки.



*Рисунок 2.7 Класифікація точок в Agisoft*

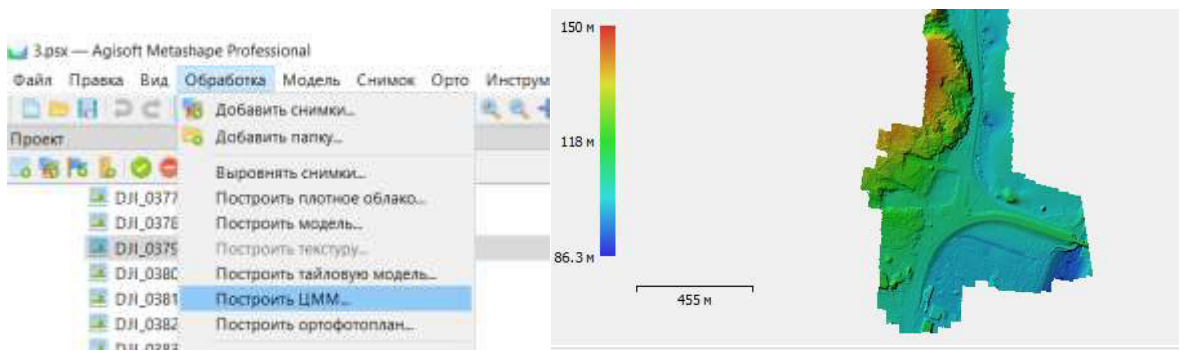


*Рисунок 2.8 Класифікована хмара точок в Agisoft*

На рис. 2.8 ми бачимо, що точки були класифіковані, як земля.

Наступні наші дії залежать від того що нам потрібно. Можна створити модель місцевості, а можна з хмари точок зробити ЦММ/ЦМР.





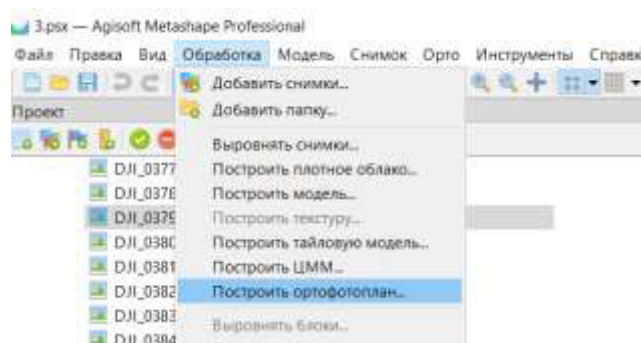
*Рисунок 2.9 Побудова ЦММ в Agisoft*

Після побудови цифрової моделі місцевості потрібно набивати пікетаж, який без зйомки за допомогою БПЛА потрібно було б робити на місцевості з допомогою GNSS приймача, або взагалі тахеометричної зйомки.



*Рисунок 2.10 Цифрова модель місцевості*

На рис. 2.10 ми бачимо створену готову карту висот. Зліва ми бачимо дорогу з приблизно однаковою висотою, а справа різкий перехід в низину, який потрібно показати більшою кількістю пікетів, щоб горизонталі краще показали місцевість з її висотами та низинами.



*Рисунок 2.11 Побудова ортофотоплану в Agisoft*

Подібно до ЦММ робимо ортофотоплан. Є багато нюансів даних операцій, але це не відноситься до етапів, тому просто експортуємо готову продукцію, а саме:

- Модель місцевості;
- ЦМР;
- Ортофотоплан;
- Пікетаж для створення горизонталей місцевості.

Оскільки об'єкт диплому є завеликим, то навіть за допомогою дуже міцного ПК не буде можливим створити ортофотоплану такого розміру. Тому процес був виконаний поконтурно. Потім в програмному забезпеченні DigitalS чи подібним можна створити ортомозаїку з отриманих ортофотопланів, тобто за багатьох шматків об'єднати все в один. Так само створювалась діджиталізація отриманих матеріалів, а саме поконтурно з подальшим об'єднанням.

*Останнім етапом робіт є складання технічного звіту.* Тут треба зазначити лише те, що такий звіт потрібен органам містобудування та архітектури. Після погодження органами містобудування та архітектури результатів топографічної зйомки, остання може використовуватись для розробки проектів будівництва.

## Висновки до 2 розділу

У даному розділі було досліджено технології та методика використання БПЛА, для створення топографічних планів. Також було проаналізовано виконання сучасних класичних методів знімання.

Порівнявши методи тахеометричного знімання, GNSS-зйомку та БПЛА-зйомку, можемо зробити висновок, що використання БПЛА пришвидшує процес зйомки. При цьому точність БПЛА не поступається, класичним методам.

## РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА МЕТОДИКА RTK ЗНІМАННЯ

### 3.1 Технологія RTK знімання

Кінематика реального часу (Real Time Kinematics, RTK) – це спеціальний метод супутникового позиціонування для отримання результатів з точністю до сантиметрів, що робить його безцінним інструментом для геодезистів у всьому світі. Метод передбачає вимірювання супутникових даних щодо наземної станції для отримання точної інформації та внесення коригувань у режимі реального часу.

RTK – послуга, що дозволяє отримувати поправки до вимірювань та встановлювати місцезнаходження з сантиметровою точністю в режимі реального часу за допомогою приймача GNSS в мережі постійно діючих референцних GNSS станцій.

Використання мережного RTK має ряд переваг у порівнянні з одиночними базовими станціями. Зокрема, це вища точність, простота, економічність, можливість роботи практично в будь-якій точці України.

GPS-приймач із підтримкою RTK приймає звичайні сигнали від глобальних навігаційних супутникових систем разом із потоком корекцій для досягнення точності позиціонування 1 см. GNSS включає супутники GPS (США), ГЛОНАСС (Росія), Beidou (Китай) і Galileo (Європа). На додачу до цих сигналів приймач RTK приймає потік корекції RTCM, а потім обчислює ваше місцезнаходження з точністю до 1 см у реальному часі. Швидкість залежить від приймача, але більшість виводить рішення принаймні раз на секунду; деякі приймачі можуть видавати це високоточне рішення до 20 разів на секунду. GPS-приймачі з підтримкою RTK раніше коштували тисячі доларів і були обмежені професійними геодезистами та урядовими групами. Завдяки науці, математиці та економіці приймачі RTK зараз коштують менше 300 доларів.

Поява RTK технології у розвитку систем точного супутникового позиціонування та спільне використання нових телекомунікаційних можливостей забезпечили широке впровадження її у різні галузі навігації,

геодезії, кадастру тощо. Так, фактично стало можливим отримувати сантиметровий рівень координат безпосередньо під час виконання спостережень, тобто процес обробки звівся до мінімуму і тепер мало залежить від суб'єктивних факторів, а затрати часу при цьому становлять максимум декілька десятків секунд на одній точці [1]. При реалізації RTK технології може використовуватися як окрема базова (референтна) станція, так і ціла мережа таких станцій, а сама технологія передбачає певну інфраструктуру[2]: встановлення обладнання та організація роботи на базовій станції, система передавання даних спостережень чи безпосередньо поправок у координати від базової станції до користувачів або під час роботи декількох базових станцій, у єдиний обчислювальний центр, отримання даних користувачем або безпосередньо від базової станції, або від обчислювального центру. Всі ці процеси пов'язані між собою відповідним програмним забезпеченням (джерело даних – сервер – кластер – клієнт) та лініями зв'язку (Інтернет). Оскільки сучасні можливості супутникових технологій є достатньо ефективними та універсальними, то потреби у тимчасових станціях-базах практично немає. Створюються станції, що працюють за принципами перманентних станцій EUREF (Reference Frame Subcommittee for Europe) чи IGS (International GPS Geodynamics Service) і такі станції називають референцними станціями, оскільки їхні координати безперервно визначають та уточнюють.

Отже, супутникова система спостережень, яка ґрунтується на найсучаснішій RTK-технології, є централізованою і максимально автоматизованою, дає змогу реально отримувати об'єктивні дані про місцезнаходження об'єкта із сантиметровою точністю у єдиній системі координат і дасть змогу вирішувати цілий комплекс проблемних питань якісного забезпечення земельно-кадастрових робіт.

Головною перешкодою на шляху широкого впровадження сучасних GNSS-технологій в Україні, особливо тих, що пов'язані з режимом реального часу, є порівняно висока вартість організації подібної інфраструктури та очевидність її практичної ефективності. А оскільки вартість технології є відносним поняттям



(можна згадати, наприклад, вартість GPS обладнання у середині 90-х років), то основним аргументом на користь її впровадження є ефективність. Саме питанням ефективності використання GNSS інфраструктури і надається першочергова увага.

### 3.2 Переваги та недоліки RTK знімання

Складові частини технології RTK:

- Базова станція: базова або опорна станція розташовується на землі, її місцезнаходження по GPS постійно зіставляється з розташуванням коптера. Для безпомилкової роботи RTK-безпілотної повинен постійно утримувати зв'язок із базовою станцією.
- RTK-приймач: це пристрій - частина конструкції коптера, що посиляє сигнали і на контролер, і супутник.
- Контролер: пульт дистанційного керування посиляє сигнали контролю переміщень коптера і відображає зміни координат.
- Супутник: супутникові дані, як і раніше, є ключовою частиною систем RTK. Однак замість простого зв'язку з приймачем інформація перевіряється та коригується базовою станцією, збільшуючи точність позиціонування.

RTK-дані точніше супутникових, їх можна використовувати для коригування неточностей та розбіжностей, забезпечуючи максимально наближену до реальності інформацію. Існує безліч факторів, які можуть спотворити супутникові координати: погодні умови, високі будівлі, гори та інше. Ці чинники називаються «тропосферними затримками». Система RTK заповнює ці прогалини даними в реальному часі з базової станції та безпілотної.

Переваги використання GNSS / RTK мережі:

- Значне розширення зони позиціонування. Позиціонування можливо по всій зоні покриття мобільної мережі, де приймається GSM / GPRS сигнал, а так само в місцях з можливістю підключення до мережі Інтернет за допомогою інших каналів зв'язку;

- Підтримка єдиної міжнародної системи координат. Можливість безпосередньої роботи в будь-якій необхідній системі координат;
  - Виняток грубих помилок вихідних пунктів;
  - Істотне підвищення точності роботи, визначення координат з сантиметровою точністю в режимі реального часу і міліметрової в режимі післясеансної обробки;
    - Контроль точності безпосередньо під час виконання вимірювань;
    - Скорочення витрат на обладнання і часу на навчання. Для роботи не потрібна установка базових приймачів на пунктах з відомими координатами. Досить одного комплекту роверного приймача;
      - Скорочення витрат на транспорт і персонал. Базові станції не треба встановлювати і охороняти, для роботи достатньо 1го – 2х геодезистів;
      - Збільшення продуктивності праці. Час на реєстрацію однієї точки – кілька секунд;
      - Спрощення. Скорочення витрат на навчання. Можливість навчання та супроводу фахівцями компанії;
      - При роботі в режимі реального часу немає необхідності в постобробці отриманих даних;
      - Можливість використання додаткових сервісів – постобробка сирих даних RINEX, використання згенерованої віртуальної базової станції при постобробці кінематичних вимірювань (Virtual Reference Station), автоматична обробка даних і оцінка точності на сервері мережі (AutoPP, QC);
        - Доступність даних 24 години на добу, 7 днів на тиждень;
        - Можливість комплексного використання мережі;
        - Краща захищеність від крадіжок і пошкоджень.
- Недоліки мережі базових станцій RTK:
- Потрібна оплата за користування мережею та отримання поправок;
  - Відстань від базової станції більше 20 км.
  -

### 3.3 Поєднання RTK та БПЛА

Сучасні технології дозволяють прискорити швидкість проведення топографо-геодезичних робіт і пропонують сучасний метод знімання - аерофотознімання за допомогою БПЛА з використанням модуля RTK.

RTK - це передова технологія GPS-корекції, що означає кінематику в реальному часі. Коригує дані про розташування на зображеннях під час польоту БПЛА. І це не вимагає будь-якої пост-обробки розташування даних або метаданих.

По суті він отримує поправки від базової станції через Інтернет через локальну мережу. Ця мережа постійно спостерігає за супутниками та обчислює поправки до місця розташування, які потім відправляються через мобільну мережу на модуль RTK.

Це означає, що положення дрона постійно оновлюється з точністю до сантиметра.

Хоча технологія RTK — крок уперед порівняно з використанням супутникових даних (особливо без наземних контрольних точок), вона має деякі обмеження. Наприклад, якщо коптер втратить зв'язок із контролером або супутником, передача даних у реальному часі буде неможлива. За виконання тривалих проектів у складних умовах підтримувати стабільну передачу даних складно чи неможливо.

Але система RTK – не єдиний спосіб коригування супутникових координат із високою точністю. Інший метод називається « кінематика постобробки » (post-processing kinematics) або PPK . Про ці методи часто говорять разом, але важливо відзначити різницю у технологіях RTK та PPK.

Для PPK потрібно майже таке ж обладнання, що і для RTK, але робочий процес інший. PPK не вносить зміни в реальному часі. Натомість безпілотник зберігає дані у своїй пам'яті, а програмні комплекси на ПК після польоту об'єднують інформацію з дрону та базової станції. Дані надаються з координатами від бортового GPS-пристрою та базової станції. Після завершення

польоту інформацію можна порівнювати та аналізувати.

Позбавлена зручності коригування на ходу, система PPK цікава передачею меншого обсягу інформації та вмінням виконувати роботу навіть за поганого прийому сигналу мережі або за наявності перешкод. Щоб максимально використати потенціал та врахувати обмеження кожного методу, найкращі рішення поєднують технології RTK та PPK для максимально точного позиціонування.

Наприклад, хмарний сервіс PPK для DJI Phantom 4 RTK можна застосовувати для проведення розрахунків на пульті дистанційного керування коптера на додаток до програми для планування польотів DJI GS RTK. Phantom 4 RTK можна адаптувати для робочого процесу, який має найбільше значення для конкретної роботи.

Отримані дані легко імпортувати до картографічного програмного забезпечення DJI Terra для додаткового аналізу.

Ідеальний безпілотник початкового рівня для геодезії із модулем RTK. Коптер зберігає дані супутникових спостережень для використання PPK за допомогою хмарного сервісу DJI Cloud PPK Service (Рис. 3.1).



*Рис. 3.1. Квадрокоптер DJI Phantom 4 RTK*

Matrice 300 RTK доповнює передову систему позиціонування RTK розширеними можливостями штучного інтелекту та всеспрямованим радаром, що сканує простір у шести напрямках. Максимальний час польоту – 55 хвилин, батареї з можливістю гарячої заміни та широкий діапазон робочих температур –

специфікації готового до ефективної роботи коптера(Рис. 3.2).



*Рис. 3.2. Мультикоптер DJI Matrice 300 RTK*

Під час геодезичних робіт використовували знімання квадрокоптером Autel EVO II Pro RTK(Рис. 3.3).



*Рисунок 3.3. Квадрокоптер Autel EVO II Pro RTK*

RTK-модуль розроблений спеціально для Autel EVO II Enterprise. Пристрій забезпечує дані позиціонування у реальному часі на сантиметровому рівні. Це зроблено для підвищення абсолютної точності метаданих. RTK здатний оптимізувати безпеку польотів, забезпечуючи точні дані для складних знімальних або картографічних процесів.

У той час як більшість RTK працює із сигналами GNSS на базову станцію, модуль RTK Autel використовує мережевий транспорт RTCM через Інтернет-протокол (NTRIP), який в основному передає RTK по стільниковій лінії на станцію корекції.

Autel EVO 2 Pro – це перший у галузі дрон, в якому інфрачервона камера поєднується з відеокамерою 8К. З тепловою роздільною здатністю до 640x512 та сенсором 8 До EVO 2 стає дуже корисним робочим пристроєм. Служби швидкого реагування, підрядники та власники бізнесу нарешті отримали компактний та портативний інструмент, який задовольнить практично всі їхні потреби у промислових дронах.

*Технічні характеристики Autel EVO 2 Dual 640T RTK V3. Літак:*

- Вага (з пропелерами, акумулятором і модулем RTK) 1250 г±0,5 г (EVO II Dual 640T RTK V3);
- Максимальна злітна вага 4,41 фунта+ (1999 г);
- Розмір (Д\*Ш\*В) Розміри в складеному вигляді: 230\*130\*143 мм; 9,1\*5,1\*5,6 дюймів, у розкладеному вигляді: 457\*558\*143 мм; 18\*22\*5,6 дюймів;
- колісна база 397 мм;
- Максимальна експлуатаційна висота стелі 7000 м;
- Максимальна швидкість підйому 8 м/с;
- Максимальна швидкість спуску 4 м/с;
- Максимальна швидкість горизонтального польоту 20 м/с;
- Максимальна дальність польоту (без вітру) 21 км;
- Максимальна кутова швидкість 120°/с;
- Максимальний кут нахилу 33°;
- Максимальний час польоту 36 хв;

- Максимальний час висіння (без вітру) 32 хв;
- Діапазон робочих температур Від 14 °F до 104 °F (-10 °C ~ 40 °C);
- Максимальна стійкість до вітру 27 миль/год, 12 м/с (зліт і посадка);
- Робоча частота 902-928 МГц (лише FCC), 2,400-2,4835 ГГц, 5,725-5,850 ГГц;
- Потужність передачі (EIRP) 900M FCC/ISED :  $\leq 31\text{dBm}$ , 2,4G FCC/ISED :  $\leq 32\text{dBm}$  SRRC/CE/MIC/RCM :  $\leq 20\text{dBm}$ , 5.8G FCC/ISED/SRRC/MIC :  $\leq 33\text{dBm}$  CE/RCM :  $\leq 14\text{dBm}$ ;
- Точність наведення Коли RTK увімкнено та працює нормально: по вертикалі:  $\pm 0,1$  м; По горизонталі:  $\pm 0,1$  м По вертикалі:  $\pm 0,1$  м (коли візуальне позиціонування працює нормально);  $\pm 0,5$  м (коли GNSS працює нормально) По горизонталі:  $\pm 0,3$  м (коли візуальне позиціонування працює нормально);  $\pm 1,5$  м (коли GNSS працює нормально);
- Компенсація положення зображення Положення центру камери відносно фазового центру бортової антени A-RTK під системою осей тіла: (-2,63, 0,31, 83,5) мм, а координати EXIF фотографії були скомпенсовані. Позитивна вісь XYZ системи осей тіла вказує на передню, праву та нижню частини літака відповідно;
- Внутрішня пам'ять 8 ГБ;
- Пам'ять SD макс. підтримка 256 ГБ (UHS-3 або Class 10).

GNSS - одночастотний високочутливий GNSS GPS+BeiDou+Galileo (Азія)  
GPS+ГЛОНАСС+Galileo (Інші регіони).

*Багаточастотний багатосистемний високоточний RTK GNSS* - використані частотні точки: GPS: L1/L2 ; ГЛОНАСС: L1/L2; BeiDou: B1/B2; Galileo: E1/E5, час першого позиціонування: <50 с; Точність позиціонування: по вертикалі 1,5 см + 1 ppm (RMS); Горизонтальний 1 см + 1 ppm (RMS) 1 ppm означає, що похибка збільшується на 1 мм на кожні 1 км, на якому літак рухається.

*Карданний підвіс:*

- Карданний підвіс 3-осьова стабілізація;
- Механічний діапазон Нахил: від  $-135^{\circ}$  до  $+45^{\circ}$ ; Панорамування: від  $-100^{\circ}$  до  $+100^{\circ}$ ;
- Регульований діапазон обертання Нахил: від  $-90^{\circ}$  до  $+30^{\circ}$ ;  
Панорамування: від  $-90^{\circ}$  до  $+90^{\circ}$ ;
- Максимальна швидкість керування (нахил)  $300^{\circ}/\text{с}$ ;
- Діапазон кутових коливань  $\pm 0,005^{\circ}$ ;
- Пульти дистанційного керування та передача зображення;
- Робоча частота 902-928 МГц (лише FCC), 2,400-2,4835 ГГц, 5,725-5,850 ГГц;
- Потужність передачі (EIRP) FCC:  $\leq 33\text{dBm}$ , CE:  $\leq 20\text{dBm}@2.4\text{G}$ ,  $\leq 14\text{dBm}@5.8\text{G}$ , SRRC :  $\leq 20\text{dBm}@2.4\text{G}$ ,  $\leq 33\text{dBm}@5.8\text{G}/5.7\text{G}$ ;
- Максимальна відстань передачі (без перешкод, без перешкод) FCC: 9,3 миль (15 км), CE: 5 миль (8 км);
- Екран дисплея 2048x1536 60 кадрів в секунду;
- Акумулятор 5800 мАг;
- Час роботи ~3 години (макс. яскравість), ~4,5 години (50% яскравості);
- Час зарядки 120 хвилин;
- Внутрішня пам'ять ПЗУ 128 Гб;
- Сенсорна система;
- Тип сенсорної системи – все направлена система зондування;
- Вперед - точний діапазон вимірювання: 0,5-18 м, Ефективна швидкість вимірювання:  $< 12$  м/с, Кут огляду: Горизонтальний:  $60^{\circ}$ , Вертикальний:  $80^{\circ}$ ;
- Назад - точний діапазон вимірювань: 0,5-16 м, Ефективна швидкість вимірювання:  $< 12$  м/с, Кут огляду: Горизонтальний:  $60^{\circ}$ , Вертикальний:  $80^{\circ}$ ;
- Вгору - точний діапазон вимірювання: 0,5-10 м, Ефективна швидкість вимірювання:  $< 5$  м/с, Кут огляду: Горизонтальний:  $65^{\circ}$ , Вертикальний:  $50^{\circ}$ ;



- Вниз - точний діапазон вимірювань: 0,5-10 м, Ефективна швидкість вимірювання: <5 м/с, Кут огляду: горизонтальний: 100°, вертикальний: 80°;
- Ліво і право - точний діапазон вимірювання: 0,5-10 м, Ефективна швидкість вимірювання: <5 м/с, Кут огляду: горизонтальний: 65°, вертикальний: 50°;
- Операційне середовище - вперед, назад і з боків: поверхня з чітким малюнком і достатнім освітленням (люкс > 15); Вгору: Виявляє дифузні відбиваючі поверхні (>20%) (стіни, дерева, люди тощо); Вниз: поверхня з чітким візерунком і достатнім освітленням (люкс > 15) Виявляє дифузні відбиваючі поверхні (>20%) (стіни, дерева, люди тощо).

Вибір саме цього БПЛА, за рахунок наявності функції «безпека польотів», постав, адже він має сенсори для виявлення перешкод і має мультироторний двигун, що забезпечує безпеку людей та інших об'єктів від непередбачуваних ситуацій.

#### Висновок до 3 розділу

У даному розділі було розглянуто технологію та методику RTK знімання. Було виявлено свої недоліки та переваги використання цього методу, а також використання технологій RTK у поєднанні з БПЛА.

На даний час RTK використовується кожною компанією, яка займається топографо-геодезичними, землевпорядними роботами. Виконання зйомки за допомогою RTK зменшує та полегщує процес польових робіт, мінімізує похибки при вимірюваннях, порівняно з іншими методами зйомки.

Використання RTK з БПЛА, дає можливість виконувати роботи без прив'язки до опорних точок, а точні координати одразу записуються у знімок. Але для виконання робіт потрібно мати стабільний зв'язок з оператором мобільної мережі і мати стабільний зв'язок з пультом.

## РОЗДІЛ 4. СТВОРЕННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ 1:2000 ЗА МАТЕРІАЛАМИ БПЛА ЗНІМАННЯ

### 4.1 Нормативно-правове регулювання створення топографічних планів

*Законодавство у сфері топографо-геодезичної та картографічної діяльності:*

– Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98), затверджена наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті міністрів України від 09.04.98 № 56, (зарєєстровано в Міністерстві юстиції України 23 червня 1998 р. за N 393/2833).

У інструкції викладені нормативні вимоги до виконання повного комплексу робіт великомасштабних топографічних знімань.

Інструкція передбачає застосування діючих «Умовних знаків для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500» з урахуванням доповнень і пояснень Укргеодезкартографії щодо особливостей їх застосування.

Інструкція встановлює технічні вимоги до геодезичної основи, точності, змісту, методів створення та оновлення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500, методики виконання топографічних знімань, а також конкретизує вимоги щодо вибору системи координат, висот, масштабів та перерізу рельєфу в залежності від призначення топографічних планів [5].

Топографічним зніманням називають сукупність геодезичних вимірювань, які виконують з метою побудови карт і планів місцевості.

Топографічні плани масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 створюються шляхом топографічних знімань або карто складанням (крім масштабу 1:500) за матеріалами топографічних знімань більшого масштабу.

– Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000, затверджені наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру

України від 31.12.1999 р. №156 і погоджені з Воєнно-топографічним управлінням Генерального штабу Збройних сил України).

«Основні положення» встановлюють загальні вимоги до геодезичної основи, точності та змісту загальнодержавних топографічних карт усіх масштабів.

Описує загальні положення про топографічні плани, математичну та геодезичну основу топографічних карт, описує точність виконання топографо-геодезичних робіт, описує зміст топографічних карт, математичні елементи, геодезичні пункти, гідрографію та гідротехнічні споруди, населені пункти, промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти, дороги та дорожні споруди, рельєф, рослинний покрив та ґрунти, кордони та межі, відомості про схилення магнітної стрілки, морські шляхи, полярні кола і тропіки, зображення об'єктів, що мають значення орієнтирів, підписи, редагування та узгодження топографічних карт.

– Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1 000 та 1:500, затверджені наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 24.01.94 №3.

Основними положеннями визначено призначення топографічних планів, проекцію, систему координат і висот, розграфку, номенклатуру, зміст, точність, геодезичну основу топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. Визначаються також методи створення, оновлення та видання планів як у графічному, так і цифровому вигляді. Топографічні плани масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 складають згідно з цими Основними положеннями та Основними положеннями з вибору масштабу і висоти перерізу рельєфу топографічних зйомок населених пунктів, затвердженими ГУГК та ВТУ ГШ ЗС СРСР 29 травня 1978 р., а також Умовними знаками для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500, затвердженими ГУГК 25.11.86 р.

Масштаб зйомки та основна висота перерізу рельєфу місцевості визначається з технічних інструкцій і технічних проектів (програм) робіт, залежно від призначення планів.

Таблиці загальнообов'язкових умовних знаків можуть доповнюватись необхідними знаками, погодженими з Головним управлінням геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України.

Основними положеннями визначено призначення топографічних планів, проекцію, систему координат і висот, розграфку, номенклатуру, зміст, точність, геодезичну основу топографічних планів, методи створення топографічних планів, оновлення топографічних планів, оформлення топографічних планів, видання топографічних планів.

Умовні знаки — це картографічні або графічні малюнки відповідного розміру, форми і кольору, якими відображаються на картах об'єкти місцевості (населені пункти, річки, озера, рельєф, рослинність, залізниці, автомобільні дороги тощо), використовуються для топографічних карт та планів місцевості.

На всіх топографічних картах умовні знаки одних і тих самих об'єктів однакові та можуть відрізнятися розмірами. Саме тому це забезпечується уніфікацію та стандартність умовних знаків та полегшує читання топографічних карт різного масштабу.

Тому основними вимогами до умовних є:

- відображення максимального об'єму інформації про місцевість мінімальною кількістю умовних знаків і кольорів;
- забезпечення найбільшої точності та детальності об'єктів місцевості у відповідному масштабі карти;
- знаки повинні бути простими для накреслення та запам'ятовування;
- знаки мають нагадувати об'єкт, який зображується.

На картах умовні знаки поділяють на: масштабні, позамасштабні, лінійні, пояснювальні.

Дійсні розміри об'єктів передають *масштабні умовні знаки*, виражені у масштабі карти. Площинними знаками відображаються ліси, сади, болота, чагарники та інші місцеві предмети розміри яких виражені у масштабі карти, завдяки чому можна визначити площу такого об'єкта. Зовнішні межі (контури) таких об'єктів позначаються на карті точковим пунктиром, якщо вони не

збігаються з лініями місцевості (дорогами, річками, тощо). Ці знаки передають місцезнаходження, розміри і форму об'єктів, а також їх кількісні та якісні характеристики.

Об'єкти, які не виражені в масштабі карти, позначаються *позамасштабними умовними знаками*. Позамасштабними знаками відображаються телевізійні башти, радіовишки, церкви, пам'ятники, труби промислових підприємств, вітряки, окремі дерева та інші об'єкти місцевості, які за своїми розмірами (у плані) неможливо відобразити у масштабі карти, а, отже, не можна визначити площу такого об'єкта на карті шляхом вимірювань.

Річки, дороги, кордони, лінії зв'язку — це лінійні об'єкти, тому на карті їх передають *лінійними умовними знаками*. До таких об'єктів також належать ізолінії — лінії з однаковими значеннями абсолютних висот (ізогіпси), температур порід (ізотерми), магнітних схилень (ізогони), атмосферного тиску (ізобари), морських глибин (ізобати), опадами (ізогісти), солоністю (ізогаліни), за своєю довжиною і конфігурацією ці умовні знаки є масштабними, а за шириною — позамасштабними.

До *пояснювальних умовних знаків* відносяться умовні знаки, що застосовуються для додаткової характеристики предметів (наприклад: стрілки на річках, що вказують напрямок течії; знаки, що позначають породу лісу, і т. д.). Вони, як правило, поєднуються з масштабними і позамасштабними знаками і надають додаткові відомості об'єктам місцевості, вказують їх кількісні та якісні характеристики у вигляді повних та скорочених підписів і цифрових позначень.

Однією із найважливіших показників наочності, завдяки якому ми маємо змогу розрізнити складові елементи топографічної карти є їх кольорове оформлення. Для підвищення наочності карти друкують у кольорах, які, як правило, відповідають забарвленню об'єктів місцевості. З гамою кольорів можна ознайомитися в табл. 4.1.

## Кольорове оформлення карт та планів

<i>Об'єкти</i>	<i>Забарвлення</i>	<i>Колір</i>
Площі лісів, парків, скверів і садків		зелений
Площі чагарників і порослі лісу		світло-зелений
Об'єкти гідрографії, болота, солончаки та їх характеристики		синій
Площа дзеркала води великих водоймищ		світло-синій
Рельєф і піски		коричневий
Щільнозабудовані квартали населених пунктів та автомобільні дороги з покриттям		світло-коричневий

## 4.2 Принципи формування та види топографічних геодезичних основ

Основні тенденції розвитку топографо-геодезичної та картографічної діяльності в Україні обумовлюються розвитком інформаційних технологій, глобальних систем визначення місцезнаходження об'єктів, аерокосмічних систем високої роздільної здатності для отримання інформації про Землю, цифрових методів обробки зображень та геопросторової інформації тощо. На стан справ у цій сфері в подальшому здійснюватимуть вирішальний вплив такі основні технологічні чинники, як розвиток глобальної та національної інфраструктури геопросторових даних (збирання, оброблення та розповсюдження), широке використання геоінформаційних систем і телекомунікаційних технологій як основного засобу забезпечення доступу суспільства до геопросторових даних та інформації; розширення сфери використання цифрових технологій, впровадження мультиспектральних систем дистанційного зондування Землі високої роздільної здатності, створення високопродуктивних засобів отримання просторової інформації про Землю в режимі реального часу на основі систем оптико-електронного сканування місцевості та цифрової аерофотозйомки; створення Європейської супутникової радіонавігаційної системи «Галілео», впровадження третьої цивільної частоти в

системі NAVSTAR та створення на цій базі регіональних диференційних СРНС-мереж, які забезпечують виконання більшості геодезичних робіт.

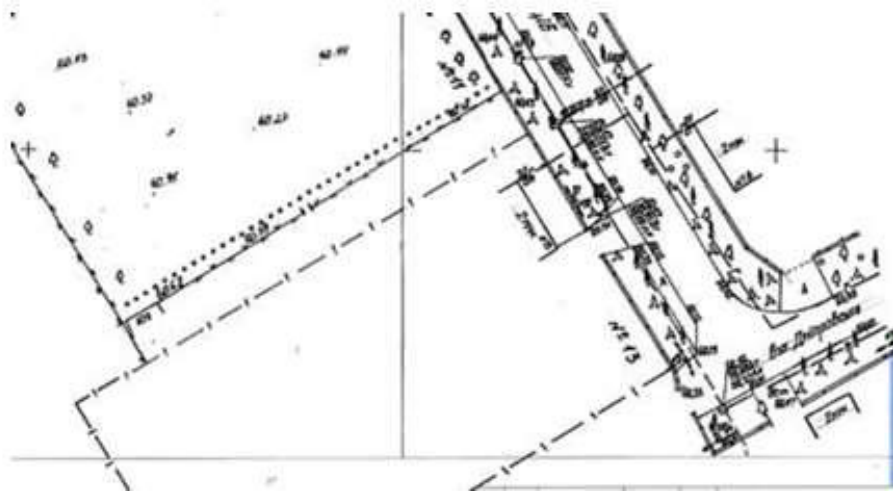
Топографо-геодезичне знімання виконується наземним чи аерофототопографічним методом. Тахеометричне, мензульне та наземне фототопографічне знімання складають наземний метод. Топогеодезичні плани створюються по результатам одночасного знімання контурів та рельєфу місцевості. Знімання виконуються з висотою перерізу рельєфу, яка визначається відповідно до інструкції, виходячи з характеристики рельєфу та кутів нахилу поверхні і масштабу знімання.

При проведенні тахеометричного знімання просторове положення точок місцевості визначається зі станцій полярним способом. Кути, відстані та перевищення вимірюються за допомогою теодоліта або тахеометра. Велика швидкість виконання знімання сприяє його частому використанню. Контурні та висотні точки повинні рівномірно вкривати всю знімальну поверхню. Вміння геодезиста точно визначати необхідну і достатню кількість точок місцевості, які треба зняти для побудови якісного топогеодезичного плану, є запорукою своєчасного виконання роботи.

Деякі джерела під *геодезичної основою* представляють топографічні матеріали масштабу м 1:500, на конкретну ділянку. Матеріали можуть бути як дуже давні на папері, так і сучасні на електронних носіях. На підставі цих зйомок приймаються проектні рішення. Важливість рішень та їх вартість і якість їх виконання безпосередньо залежать від якості геодезичної основи.

Але часто буває, що без старих топографічних матеріалів дуже важко підняти підземні комунікації. Якщо кабель хоч можна знайти трасошукачами, то азбестову трубу до 150 мм у діаметрі на даний момент навіть сучасним георадаром дуже складно відшукати і нанести на геоподоснову для проектування.





*Рис. 4.1 Топографічна геодезична основа*

Підготовка топографічної геодезичної основи - детального плану земельної ділянки (в т. ч. виготовлення відкоригованої топографічної геодезичної основи) є, напевно, найбільш затребуваною і широко відомою з послуг, які є ринку геодезії. Необхідна геодезична основа, головним чином, для складання на базі неї проектної інженерно-конструкторської документації (планів, креслень, схем) різних видів будівництва. Адже проектні рішення слід зображувати не на чистому аркуші паперу, як, наприклад, при проектуванні машин і механізмів, а на тлі реальної картини місцевості. Ніхто не візьметься за розробку проекту будівельного об'єкта, поки не ознайомиться з результатами топографічної зйомки.

Топографічна геодезична основа потрібна:

- При розробці генеральних планів нових котеджних селищ, мікрорайонів;
- При проектуванні будівництва окремих будівель і інженерних споруд;
- При прокладанні трас доріг, магістральних і розподільних трубопроводів, кабельних комунікацій, інших лінійних об'єктів;
- З метою детального проектування ландшафту прибудинкової території котеджів і бізнес-центрів.

Однак досить часто буває і так, що у власника ділянки вже є його план, але



при найближчому ознайомленні з ним посадової особи з органів архітектурно-будівельного нагляду або проектувальника з'ясовується, що цей геодезичний документ не годиться. Трапляється це, якщо план втрачає актуальність. Або через закінчення строку, передбаченого будівельними нормативами терміну його придатності для проектування, або через явні невідповідності з фактичною ситуацією на ділянці. Втрата плану актуальності - ще не привід викинути його і провести топознімальні роботи заново.

В процесі виготовлення відкоригованої топографічної геодезичної основи фахівці:

- аналізують наявні матеріали;
- виїжджають на ділянку для його натурального обстеження;
- перевіряють координати ключових точок геодезичної ситуації;
- виявляють існуючі відхилення і вносять необхідні поправки;
- уточнюють і звіряють з експлуатуючими організаціями схему розташування підземних комунікацій;
- оцифровують актуалізовану топографічну геодезичну основу;
- забезпечують всі необхідні узгодження.

За побажанням геодезична основа виготовляється в будь-якому масштабі від 1:500 до 1:10000. Також в будь-якій програмі і на будь-якому джерелі (папір, флешка, інтернет). За вартістю вишукування будуть коштувати від 350 грн. за 1 га, залежно від складності, строків і загального обсягу робіт.

Наука, яка охоплює вивчення, створення, редагування та практичне використання географічних карт, називається картографією. Результатом роботи картографів є створення картографічних творів: географічних карт та атласів у паперовій та електронній версіях. Власне, створення карти називають картографуванням, яке передбачає вибір її тематики, розроблення змісту, обґрунтування способів картографічного зображення.

Географічна карта – це зменшене в масштабі зображення земної поверхні на площині, виконане за допомогою умовних знаків.

Географічні карти розрізняють за багатьма ознаками: за просторовим

охопленням, за масштабом, за змістом, за призначенням.



Рис. 4.2 Види географічних карт

Геодезія – наука про методи вивчення форми та розмірів Землі, зображення земної поверхні на картах на основі точних вимірювань на місцевості, що уможлиблює розв'язування наукових і практичних завдань.

Геодезичною основою для складання карт в Україні є опорні пункти державної геодезичної мережі та репери висотної геодезичної мережі – знаки абсолютної висоти точок у Балтійській системі висот.

Створена градусна сітка визначає правильність положення географічних об'єктів за широтою та довготою.

Вивченням невеликої ділянки місцевості з подальшим складанням та уточненням великомасштабних (топографічних) карт і планів займається наука топографія (від давньогрец. топос – місце, графо – пишу), яка є окремим

розділом картографії. Топографічними вважаються карти, складені в масштабі від 1:200000 до 1:10000. Ще більший масштаб має план місцевості, а саме 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

За змістом топографічні карти є загально-географічними. Під час створення карти змістова інформація має відповідати таким вимогам: максимальна повнота зображення, точність положення об'єктів і достовірність стану місцевості на рік створення карти. Склад зображених об'єктів і ступінь їх деталізації залежать від масштабу карти та особливостей зображеної території. Внаслідок постійних змін, що відбуваються на місцевості, зміст топографічних карт періодично оновлюється. Найшвидше застаріває інформація про промислові густозаселені території. Там уточнюють карти кожні 5–7 років. У сільських районах – раз на 8–10 років, а в малоосвоєних гірських, лісових, степових районах – кожні 10–15 років.

Оскільки топографічні карти зображують невеликі території, спотворень на них практично немає. За топографічними картами можна робити вимірювання довжин і площ, оскільки масштаб на всій карті однаковий.

Топографічні карти створюють та оформлюють за єдиними для всіх видавців правилами, що спрощує їх розуміння та використання. У наш час топографічні карти створюють переважно в цифровому вигляді. Їх можна скласти на основі багатьох способів: топографічної зйомки місцевості, аерофотозйомки, космічної оптичної та радарної зйомки, повітряного лазерного сканування.

Картографічною основою Державного земельного кадастру є карти (плани), що складаються у формі і масштабі відповідно до державних стандартів, норм та правил, технічних регламентів.

Існує багато різних типів карт, які зазвичай класифікуються відповідно до того, що вони намагаються показати.

Однак необхідно зазначити, що існує безліч різних способів інтерпретації типів карт. Одна з поширених точок зору полягає в тому, що існує два основних типи карт:

- ті, що узагальнюють фактичний ландшафт (топографічні та загальні опорні карти);
- ті, які описують коментують конкретні особливості, використовуючи ландшафт як фон або для контексту (всі інші карти – зазвичай називаються тематичними картами).

За тематикою карти поділяються:

- Загально- довідкові (іноді їх називають планіметричними картами);
- Топографічні карти;
- Тематичні;
- Навігаційні діаграми;
- Кадастрові карти і плани.

Характеристики топографічних карт:

- показують піднесення за допомогою контурних ліній. Простіше кажучи, контурна лінія - це лінія, яка приєднується до точок рівної висоти над рівнем моря;
  - мають акцент на показі людського поселення (дороги, міста, будівлі тощо), але можуть включати деяку тематичну інформацію, таку як рослинність або межі національних парків;
  - виробляються, як правило, державними установами – це часто спеціалізовані картографічні агентства і можуть мати як цивільну, так і оборонну мету;
  - визначені стандарти (так звані специфікації), яких суворо дотримуються – вони різняться між картографічними агентствами та масштабом карти;
    - мають дуже хороші системи відліку розташування – включаючи широту та довготу, але також можуть мати лінії сітки;
    - мають додаткову інформацію.

Топографічні карти, як правило, є частиною серії карт, але можуть бути одноразовими/автономними.

Рельєф зазвичай показують за допомогою контурних ліній. У спрощеному розумінні контурна лінія — це лінія, яка приєднується до точок рівної висоти. Там, де ці лінії знаходяться над рівнем моря, їх просто називають контурними лініями, а там, де вони знаходяться нижче рівня моря, вони називаються батиметричними контурними лініями.

Контурні лінії можуть розповісти читачеві багато речей про форму землі та її розміри. Чим ближче лінії, тим крутіший рельєф і чим ширша відстань один від одного, тим більш рівнинна поверхня.



*Рис. 4.3 Схема горизонталей смт. Летичів*

На даному малюнку показано приклад горизонталей отриманих за результатами аерофотозйомки. Пікетаж отримувався в Agisoft Metashape, а горизонталі з даних точок створилися в DigitalGlobe з його вбудованими функціями.

Об'єктом дослідження є селище міського типу Летичів. Свт. Летичів - центр Летичівської селищної територіальної громади. Розташоване у східній частині Хмельницькому районі та в східній частині Хмельницької області.



*Рис. 4.4. Фрагмент з Google-карти розташування об'єкту дослідження.*

Селище розташоване при впадінні річки Вовк у Південний Буг, за 33 км від залізничної станції Деражня на лінії Гречани—Жмеринка-Подільська і 51 км від обласного центру Хмельницький. Населення у 2011 році становило 10577 осіб. Через селище проходить автошлях Ужгород—Тернопіль—Кропивницький—Донецьк (E50). Тут знаходяться хліб-завод, завод будматеріалів.

Спочатку місто мало назву Лещин і було розташоване на лівому березі річки, там де знаходився дерев'яний костюл. Після знищення міста татарами воно було відбудоване на правому березі річки і мало назву — Летичів.

Етимологічний словник топонімів України (ред. В. Лучик) вказує на походження назви міста від прізвища Летич з основою поширеного в Західній Україні імені Лета й наводить попередні версії: Летичев (1378), Lathiczow (1446),



Letyczow (1493), Latyczow (1548), Leticzow (1630—1650), Летичевъ (1653), Лятичів (1926), Летичів (1938).

Клімат області помірно континентальний з м'якою зимою (середня температура січня  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) і теплим, вологим (середня температура липня  $+19\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) літом. Кількість опадів, 70 % яких припадає на теплий період, становить 500—640 мм на рік. Поверхня області в основному становить полого-хвилясту лесову рівнину.

Більшу центральну частину області займає Подільська височина (переважні висоти 270—370 м), по якій проходять вододіли Дніпра, Південного Бугу і Дністра.

На північному заході в межі області заходить Волинська височина (висоти до 329 м), а на півночі — Поліська низовина (висоти 200—250 м).

Південний захід перетинає Товтровий кряж, на якому є найвища точка області — гора Велика Бугаїха (400,6 м). Тут поширені карстові форми рельєфу, трапляються печери (Атлантида, Залучанська).

Крайній південь має пасмоподібну поверхню, розчленовану каньйоноподібними долинами приток Дністра. Рівень Дністровського водосховища (121 м) є найнижчою висотною відміткою.

Територією області течуть 120 річок завдовжки понад 10 км кожна. Найбільшими є Дністер (довжина в межах області 160 км) із притоками Збруч, Смотрич, Ущиця; Південний Буг (довжина в межах області 120 км) із притоками Бужок, Вовк, Іква; річки Дніпровського басейну — Горинь, Случ, Хомора.

Отже, об'єкт дослідження розташований в дуже цікавому місці, де насичена водна система, в межах об'єкту є пам'ятки архітектури: Летичівський замок, Домініканський оборонний костел з кляштором, Михайлівська церква (Летичів), достатня кількість природоохоронних об'єктів: Долина (заказник), Щедрівський заказник, Летичівська (пам'ятка природи), Модрина європейська (пам'ятка природи), Старий ясен (пам'ятка природи).

## Висновки до 4 розділу

У даному розділі було розглянуто створення топографічних планів М 1:2000 за матеріалами БПЛА знімання, також проаналізовано законодавство про створення топографічних планів.

Топографічні плани масштабу 1:2000 використовуються:

- для розробки генеральних планів міст, селищ міського типу та сіл;
- для складання проектів детального планування окремих районів міста (селища), розбивочних креслень з прив'язками червоних ліній до опорних будинків і центрів геодезичних пунктів; технічних проектів забудови, інженерної підготовки та озеленення територій міст і селищ;
- для складання виконавчих планів гірничопромислових підприємств (копалин, шахт, кар'єрів, розрізів);
- для виконання попереднього детального розвідування і визначення запасів корисних копалин родовищ малих та середніх розмірів з складною геологічною будовою, неправильною формою залягання та нерівномірним розподілом оруднення;
- для складання технічних проектів промислових підприємств усіх галузей народного господарства, у тому числі морських портів суднобудівних заводів, електростанцій, гідротехнічних споруд, захисних дамб, трубопровідних, насосних та компресорних станцій, лінійних пунктів та ремонтних баз, переходів через великі річки та інше;
- для складання проектів та робочих креслень осушення та зрошення земель сільськогосподарського призначення;
- для ведення кадастру населених пунктів із одноповерховою забудовою.

Топографічні плани масштабу 1:2000 є основою для складання планів населених пунктів масштабу 1:5000 та карт дрібніших масштабів.



## РОЗДІЛ 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ 1:2000 СТВОРЕНИХ ЗА СТАНДАРТНОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОЮ СХЕМОЮ

5.1 Створення топографічних планів М 1:2000 методами тахеометричних знімачь, GNSS-знімачь, методом картоскладання

Топографічні плани масштабів 1:5000-1:500 створюються: шляхом топографічного знімання; картоскладанням за матеріалами більшого масштабу (крім масштабу 1:500).

Виконання топографічної зйомки у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 здійснюється з дотриманням таких принципів:

– врахування вимог суспільства в змісті, якості, оперативності та достовірності топографічних планів для забезпечення підтримки управлінських рішень органів державної влади, місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання і громадян в економічній, соціальній, екологічній, науковій сферах;

– забезпечення застосування новітніх інформаційних технологій: ГНСС визначення місцеположення точок місцевості, електронних тахеометрів, включаючи роботизовані, засобів отримання геопросторової інформації на основі систем оптико-електронного сканування місцевості, цифрової аерофотозйомки включаючи безпілотні літальні апарати, космічні системи високої роздільної здатності, цифрових методів обробки зображень, використання методів та моделей геоінформаційних систем і технологій, які уніфікують засоби формування і використання баз топографічних даних;

– обґрунтування використання методів, засобів та технологічних схем топографічної зйомки з необхідною та достатньою точністю;

– використання міжнародного досвіду виконання топографічної зйомки;

– застосування строгих математичних методів обробки результатів вимірювання.



Топографічні плани за способом подання геопросторових даних про штучні та природні об'єкти місцевості, явища та взаємозв'язки між ними поділяються на аналогові, цифрові та електронні.

На аналогових топографічних планах інформація про місцевість подається як графічне зображення у паперовому вигляді в умовних знаках, прийнятих відповідно до встановлених класифікацій топографічних об'єктів, місце яких на плані обумовлено її масштабом, а також роздільно-візуальним сприйняттям.

Цифровими топографічними планами є цифрові моделі місцевості, які відповідають змісту аналогової карти певного типу та масштабу, створюються за допомогою спеціалізованих програмно-технічних засобів з урахуванням класифікації топографічних об'єктів та явищ шляхом кодування їх розміру, форми, розташування та метаданих: якісних, кількісних та структурних характеристик у прийнятих системах координат, висот, розграфлення, масштабах, проекціях.

Електронними топографічними планами є цифрові топографічні плани, що візуалізовані або підготовлені до візуалізації в умовних знаках, встановлених для певного масштабу плану, і створені з використанням конкретних електронних чи оптико-електронних пристроїв та відповідних програмних засобів.

Топографічна зйомка виконується такими методами: наземним; дистанційним; комбінованим.

Наземна топографічна зйомка включає:

- тахеометричну зйомку;
- зйомку методами ГНСС;
- наземне лазерне сканування;
- фототеодолітну зйомку.

Дистанційна топографічна зйомка включає:

- аерофототопографічну зйомку та зйомку з використанням безпілотних літальних апаратів;
- авіаційне лазерне сканування;
- космічну зйомку.

Комбіновані методи зйомки включають сполучення наземних та дистанційних методів топографічної зйомки.

Для виконання робіт для розробки генерального плану смт. Летичів, було отримано цифрову карту населеного пункту в М 1:2000.

Для дослідження актуальності карти було проведено польове дешифрування та зйомка контурів за допомогою GNSS-приймача.

По закінченню робіт було виявлено:

- 1) ситуація місцевості змінилася на 75%;
- 2) точність топографічного плану відповідає вимогам Інструкції.

Тому прийнято рішення про оновлення матеріалів аерофотознімання населеного пункту.

## 5.2 Дослідження точності створення топографічних за допомогою аерофотознімання з прив'язкою по опорних точках (GSP)

Опорна точка - це точка місцевості або будь-якого об'єкта фотознімання, для якої визначені геодезичним методом просторові координати у заданій абсолютній чи геодезичній системі координат та, яка розпізнана на аерофотознімку. Сукупність цих точок є геодезичною основою для проведення камеральних фотограмметричних робіт. Якщо відомі всі три координати X, Y, H, то опорну точку називають планово-висотною; якщо визначені планові

координати X,Y, то це планова опорна точка, а якщо відома лише висота Z, то це висотна опорна точка.

Спосіб планової геодезичної прив'язки визначають шляхом розрахунку відносної похибки вимірювань, для розрахунку якої використовують точність визначення планових координат, як абсолютну похибку і відстань між опознаками, як довжину ходу.

Спосіб висотної прив'язки також визначають шляхом обрахунку нев'язки ходу, де допустима нев'язка дорівнює точності визначення висотних координат, а довжина ходу відстань між висотними опознаками.

В залежності від відносної похибки, геодезична прив'язка виконується побудовою наступних геодезичних мереж:

- триангуляції 1,2 розрядів;
- полігонометрія 4кл, 1, 2 розряду;
- прямі, зворотні, комбіновані засічки.

Для висотної прив'язки використовують технічне або тригонометричне нівелювання.

Ряди планових опознаків розташовують впоперек маршрутів, забезпечуючи краї маршрутів. Відстань між рядами опознаків розраховують способом підбору кількості базисів між рядами планових опознаків за формулою Жукова:

$$m = 0.25 \cdot K_t \cdot b \cdot \frac{m_\varepsilon}{\rho} \cdot \sqrt{n^3 + 11 \cdot n + 34}$$

де m – середня квадратична похибка визначення планового положення точки по аерофотознімку.

$K_t$  – максимальний коефіцієнт трансформування для даного зальоту;

b – довжина базису фотографування в масштабі знімання;

$m_\varepsilon$  – середня квадратична похибка визначення напрямку по аерофотознімку;

$\rho'$  – 3438

$n$  – кількість базисів між сусідніми опознаками.

Послідовність виконання робіт з прив'язки опознаків така:

1. збір матеріалів (аерофотознімків, топокарт, репродукцій накидного монтажу, фотосхем) та їх вивчення;
2. рекогностування пунктів державної геодезичної мережі і мереж згущення;
3. вибір схеми розташування зон прив'язки (розпізнавання);
4. перенесення зон на репродукцію накидного монтажу (карту фотосхему);
5. вибір способу геодезичного визначення координат опознаків;
6. розпізнання, наколювання і оформлення опознаків на аерофотознімках та закріплення їх на місцевості;
7. визначення геодезичних координат опознаків.

Опорна точка повинна відповідати таким вимогам:

- вона повинна бути контурною точкою, яка розпізнається на місцевості та на всіх аерофотознімках, на які вона попадає (похибка розпізнання на місцевості не повинна перевищувати 0,1 мм в масштабі плану);
- опорна точка повинна бути зручною для проведення і геодезичних вимірювань;
- висота об'єкту, що використовується як опорна точка, не повинна викликати зміщення за рельєф на аерофотознімку більше за 0,1 мм.

В якості опорної точки вибирають чіткі контури, що можуть бути кутом забору, перетином доріг, кінцем яру, окремим чагарником, камінням тощо. Вибір опорної точки виконують дуже ретельно і точно, перевіряючи вірність розпізнання за найближчими контурами.

Після вибору опорної точки її наколюють тонкою голкою тільки одному аерофотознімку. На його зворотній стороні накол обводять колом діаметром 2-3 см і поруч підписують її номер, який співпадає з номером аерофотознімка. Поблизу наколу в світлотінях зображення складають абрис опорної точки в 2-3 рази більшому масштабі в порівнянні з аерофотознімком. Поруч з абрисом

виконують необхідний підпис.

З лицевої сторони аерофотознімка опорну точку обводять червоним кружечком діаметром 1 см і тим же кольором підписують її номер

На місцевості опорну точку закріплюють стовпчиком або кілком, який забитий в рівень із землею і окопується канавкою.

У випадку малої кількості чітких контурів до початку аерофотозйомки на місцевості розташовують маркіровані знаки у ляді кружечка, хреста, трикутника тощо (їх оформляють вапном, вугіллям, крейдою тощо).

Після вибору опорної точки переходять до визначення їх геодезичних координат, використовуючи для цього завчасно рекогносцировані пункти геодезичного обґрунтування. Залежно від конкретних умов при визначенні координат можуть бути застосовані і геодезичні способи прив'язки.

Технологічний процес, що проводиться для отримання деякої кількості опорних точок з польових робіт, називають прив'язкою аерофотознімків. Отже, прив'язка знімків включає в себе:

- розпізнавання контурної точки об'єкта (місцевості) на знімку;
- проведення геодезичних робіт для визначення координат X, Y, H сукупності опорних точок.

Опорними точками можуть бути:

- натуральні об'єкти з чітко окресленими контурами, які безпомилково розпізнаються на знімках;
- за марковані перед аерофотозніманням точки на місцевості спеціальними знаками правильної геометричної форми; такі точки пізніше на знімках розпізнаються безпомилково.

Суцільна висотна підготовка виконується при створенні топографічних планів з висотою перетину рельєфу 0.25 м. Допускається також суцільна висотна підготовка при створенні планів масштабу 1:500 – 1:5000 з перетином рельєфу 0.5 м.

Розріджена прив'язка виконується, якщо точність послідуєчих фототріангуляційних робіт забезпечить необхідну точність створення плану або

карти. Це основний вид прив'язки при середньомасштабному і великомасштабному картографуванні незабудованих територій.

В залежності від вибраної технології робіт виконується розрахунок густоти планово-висотних і висотних опознаків, забезпечуючи точність плану або карти, що створюється.

Похибки взаємного положення точок на плані не повинні перевищувати 0.4 мм.

При складанні проєкту розташування опознаків враховується метод фотограмметричного згущення. При аналітичній і аналоговій фототріангуляції опозначки проєктують рядами, розташованими поперек аерофотознімального маршруту.

**Дослідження планово-висотної точності аерофотознімання для топографічних планів М 1:2000 за стандартною схемою.**

Процес обробки аерознімання було описано вище у розділі 2 п. 2.2. Прив'язкою для опознаків було використано чіткі контури місцевості, такі як:

- стик ліній пішогодного переходу (Рис. 5.1);
- верх парковочної бетонної півсфери (Рис. 5.2);
- клумба в автомобільній шині (Рис. 5.4);
- відтяжку для стовба високої напруги (Рис 5.3).

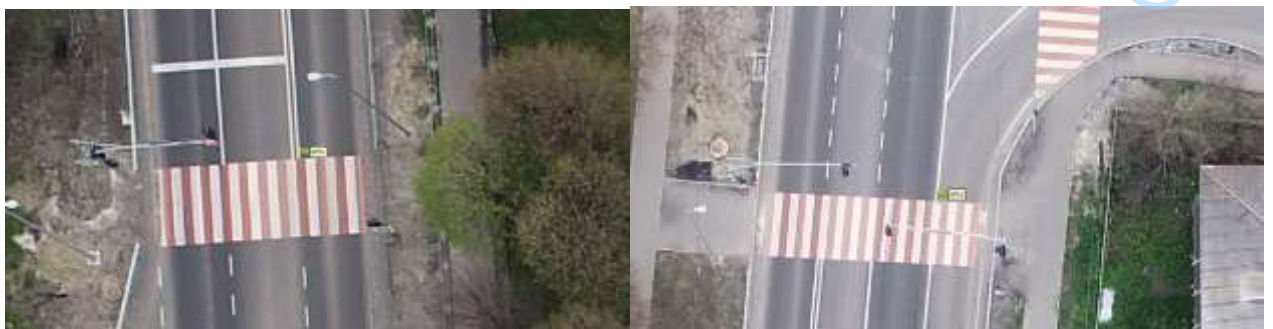
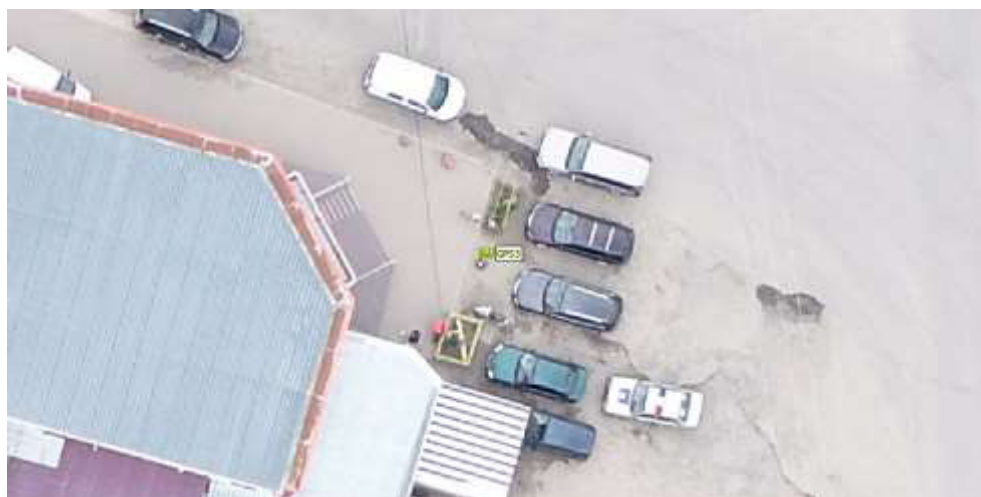


Рис. 5.1 Опорний знак № 1,2





*Рисунок 5.2. Опорний знак №3*



*Рисунок 5.3 Опорний знак №4*



*Рисунок 5.4 Опорний знак № 5*

Після вирівнювання знімків і прив'язки їх до контурів результатом розрахунків, отримали точність  $\Delta X - 0,0006$  м (рис. 5.5),  $\Delta Y - -0,0007$  (рис.5.6),  $\Delta Z - -0,0004$  (рис.5.7), що відповідає вимогам Інструкції [1] для топографічних планів М 1:2000.

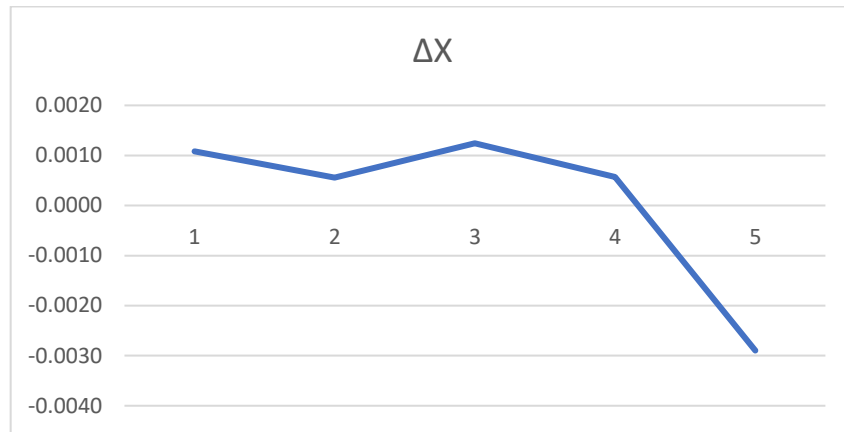


Рис. 5.5  $\Delta X$

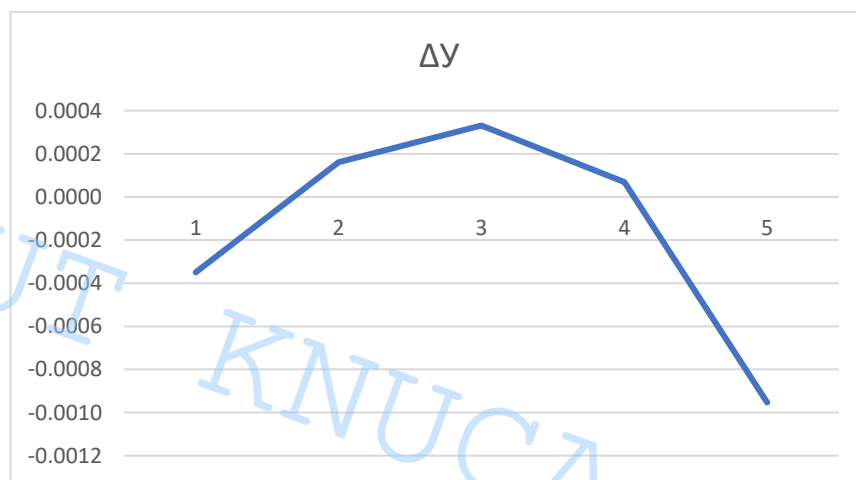


Рис. 5.6  $\Delta Y$

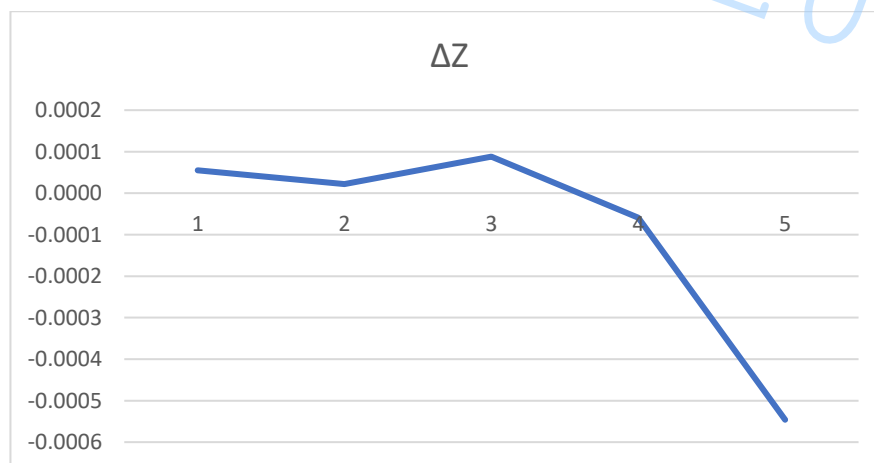


Рис. 5.7  $\Delta Z$

## Висновок до 5 розділу

В даному розділі було досліджено точність використання БПЛА з прив'язкою до опорних точок.

Для виконання дослідження було взято окремий контур польоту та виконано повний процес створення ортофотоплану за стандартною технологічною схемою.

Було досліджено, загальну похибку  $\Delta X = 0,0006$  м,  $\Delta Y = -0,0007$  ,  $\Delta Z = -0,0004$ , тому можна зробити висновок, що знімання за допомогою БПЛА за стандартною технологічною схемою відповідає вимогам інструкції для створення або оновлення топографічних планів М 1:2000.

GISUT  
KNUCA  
2023

# РОЗДІЛ 6. ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ 1:2000 СТВОРЕНИХ ЗА ДАНИМИ RTK ЗНІМАННЯ

## 6.1 Обробка та контроль RTK знімання. Порівняння точності RTK та РРК

Як було вказано у р. 3 п. 3.2 для аерофотознімальних робіт використовували квадрокоптер Autel Evo 2 Pro RTK.

Для використання в ньому потрібно налаштувати параметри NTRIP. Для підключення було вибрано використання послуг «Системнет».

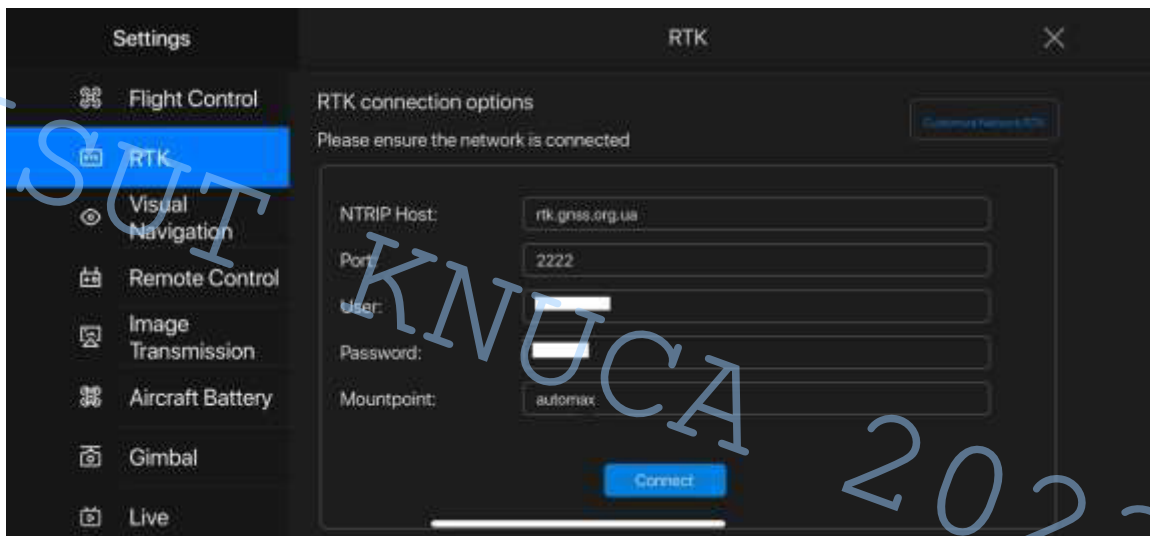


Рис. 6.1. Вікно налаштування параметрів NTRIP, в програмі «Autel Explorer v2»

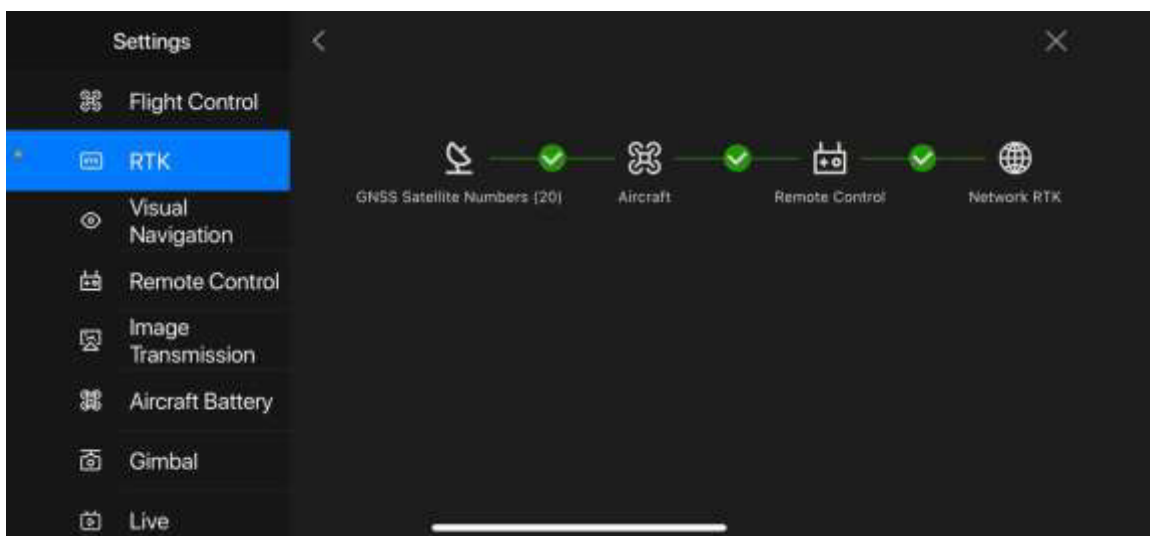


Рис. 6.2. Вікно контролю підключення NTRIP

Після підключення чекаємо на фіксоване рішення та починається політ.

Під час аерофотознімання важливо не втратити прямий зв'язок з квадрокоптеру, так як передача даних йде по сигналу антени пульта. Втрата зв'язку несе за собою втрату інтернету та при цьому фіксованого значення. Також на характеристику точності несе за собою віддаленість базових станцій від місця польоту. Слідкуючи за практикою робіт найкраща віддаленість базових станцій для роботи була в районі 15-20 км.

Тому перед початком роботи потрібно дослідити віддаленість базової станції до населеного пункту.

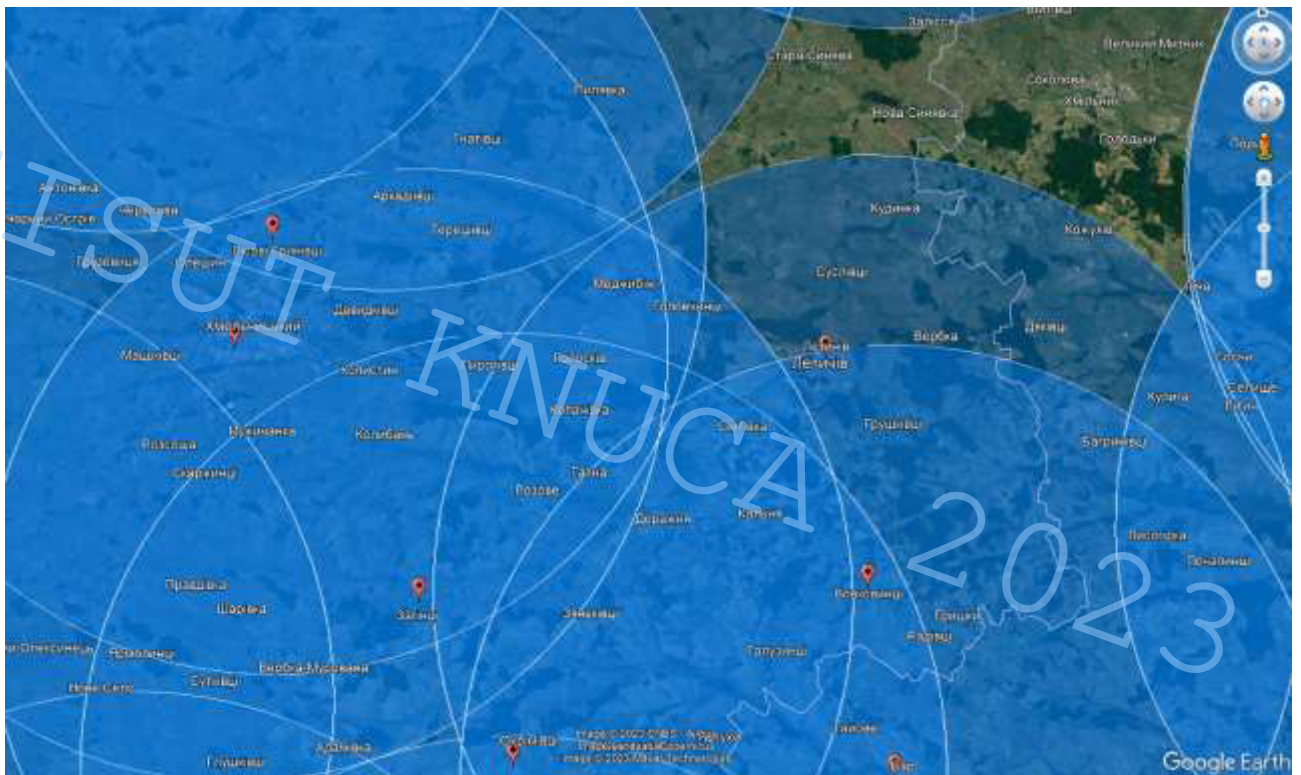


Рисунок 6.3. Покриття базових станцій біля с.мт. Летичів

Дослідивши це питання, було визначено відстань від базової станції до центру населеного пункту. З відстанню можна ознайомитися в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Базова станція	Відстань від станції до нас. пункту (центр), км
HMLN (Хмельницький)	48 км
ZAGI (Загінці)	38 км
VOVK (Вовковинці)	19 км



Порівняємо точність вимірювання за стандартною схемою (через встановлення опознаків) та за допомогою режимів RTK.

### **Дослідження планово-висотної точності аерофотознімання для топографічних планів М 1:2000 з технологією RTK.**

Під час аналізу було визначено, що використання RTK режиму за протоколом NTRIP, буде не доцільне, так як одна з 3 станцій потрапляє у зону 20 км, а для отримання точної прив'язки. потрібно мінімум 2 станції в радіусі 20 км від об'єкту роботи.

Тому було прийнято рішення, обробки центрів знімання через режим РРК.

Для РРК потрібно майже таке ж саме обладнання, що й для RTK, але робочий процес інший. РРК не вносить поправки в реальному часі. Замість цього безпілотник зберігає дані в своїй пам'яті, а програмні комплекси на ПК після польоту об'єднують інформацію з коптера й базової станції. Дані надаються з координатами від бортового GPS-пристрою та базової станції. Після завершення польоту інформацію можна порівнювати й аналізувати.

Позбавлена зручності коригування на ходу, система РРК цікава передачею меншого обсягу інформації та вмінням виконувати роботу навіть за умов поганого сигналу або перешкод.

Для обробки режиму РРК було встановлено прилад Hi-Target V30 plus в режим вимірювання статички на найближчому пункті ДГМ.

У загальному випадку набір вимірювань повинен включати:

1. файл вимірювань (розширення .YYO, де YY-номер року, а O - observation, наприклад .19O, або .obs)
2. файли ефемерид залежно від використовуваних систем:
  - .YYN – GPS;
  - YYC – BeiDou;
  - .YYL – Galileo;
  - .YYJ – QZSS;
  - .YYI – IRNSS;
  - .nav, .YYN – змішані ефемериди.

<input checked="" type="checkbox"/>		100FTASK_PPKRAW.23C	02.06.2023 21:25	Файл 23С	11 КБ
<input checked="" type="checkbox"/>		100FTASK_PPKRAW.23G	02.06.2023 21:25	Файл 23G	3 КБ
<input checked="" type="checkbox"/>		100FTASK_PPKRAW.23L	02.06.2023 21:25	Файл 23L	9 КБ
<input checked="" type="checkbox"/>		100FTASK_PPKRAW.23N	02.06.2023 21:25	Файл 23N	14 КБ
<input checked="" type="checkbox"/>		100FTASK_PPKRAW.23O	02.06.2023 21:25	Файл 23O	11 092 КБ
<input checked="" type="checkbox"/>		100FTASK_PPKRAW.bin	02.06.2023 16:41	Файл BIN	2 186 КБ

Рис. 6.4 Формат конвертованих файлів «PPK\_RAW.bin»

У шапці вказується версія RINEX, зразкові координати точки стояння (у разі вказівки точних координат у шапці їх можна використовувати за замовчуванням при імпорті вимірювань у ПЗ для постобробки), модель та номер антени, модель та номер приймача, типи вимірювань у файлі та інше.

The screenshot shows the header of a RINEX file. It includes fields for version (2.11.1), station name (100FTASK), antenna model (ASHTON 100), antenna height (1.11), receiver model (ASHTON 100), and various other technical specifications. The data is presented in a structured, multi-column format typical of RINEX headers.

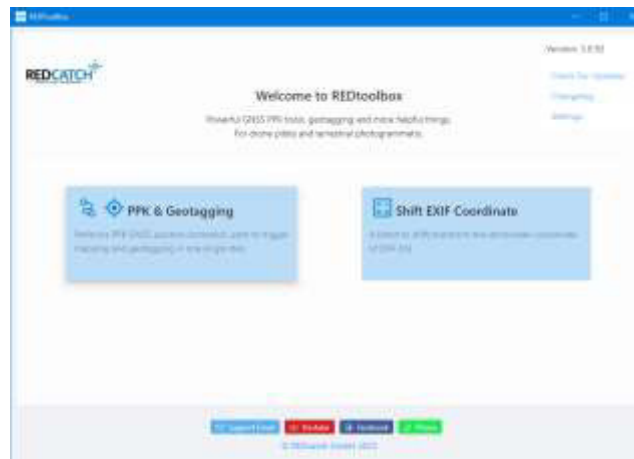
Рисунок 6.5 Рінекс файл з квадрокоптеру

Основна частина файлу вимірів є блоковою. Кожен блок відповідає одному виміру (епосі). Тут вказується точний час і дата, наводиться список супутників та значення вимірів по кожному з них. При цьому дані значення перераховуються в порядку, зазначеному у шапці файлу. Прив'язка центрів фотографій виконувалась через ПЗ «RedCatch REDToolBox».

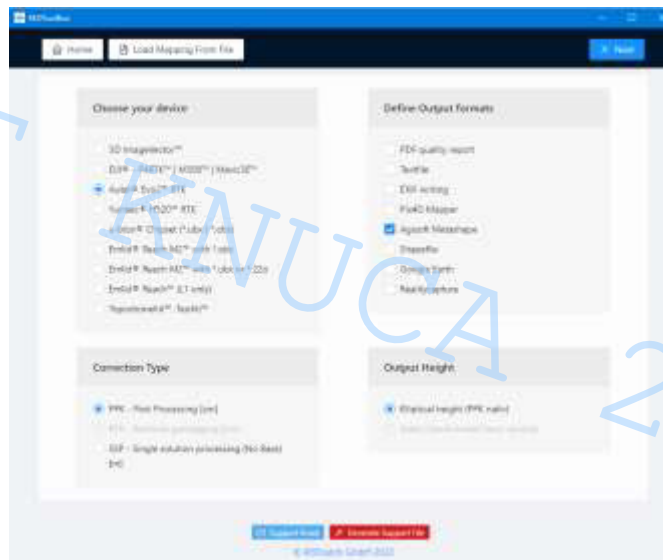
Далі описано покроковий процес застосування даних дрона з файлами GNSS коптера, та записана статика з приладу, щоб розпочати процес РРК. Для прикладу було використано фрагмент ортофотоплану населеного пункту.

1. Для початку потрібно відкрити RedCatch REDToolBox і вибрати опцію РРК & Geotagging.



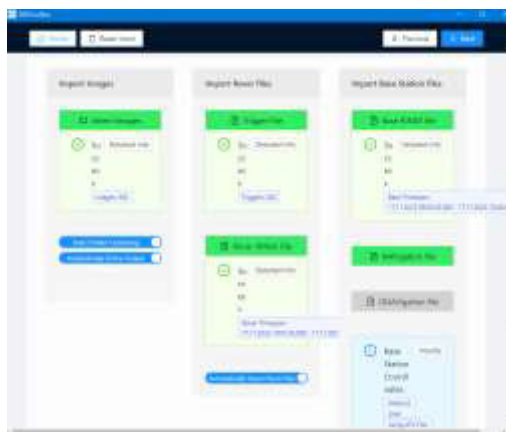


2. Опція запропонує вибрати Autel як пристрій і вибрати створення проекту в ПЗ «Agisoft Metashape» і текстовий файл як вихідні формати. Потім вибираємо опцію «РРК як тип корекції» та «Еліптичну висоту» (PPK native) як висоту виводу. Після цього натискаємо «Далі».



3. Щоб імпортувати зображення, переходимо до розділу «Імпорт зображень» і «Вибрати зображення», щоб вказати папку з необробленими зображеннями. Це гарантує, що зображення будуть правильно імпортовані й можуть бути використані в процесі РРК.

4. Далі потрібно вибрати розділ «Імпортувати файли ровера» (Import Rover files) і вибрати опцію «Файл тригера». Тут можна імпортувати файл MRK із назвою XXX\_Stamp.MRK до папки з необробленим зображенням. Цей файл містить важливу інформацію про мітки часу зображення, які будуть використані у процесі РРК.

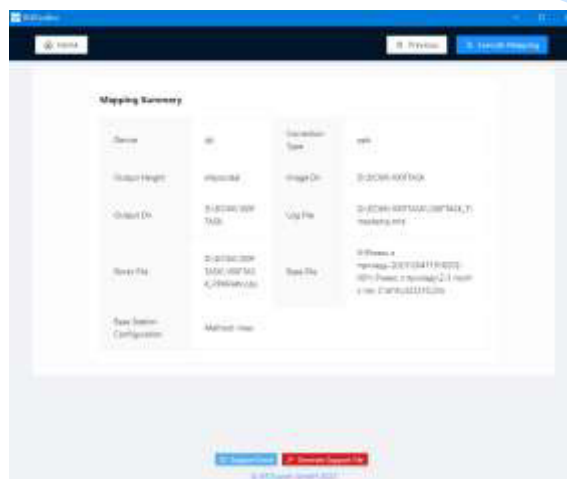


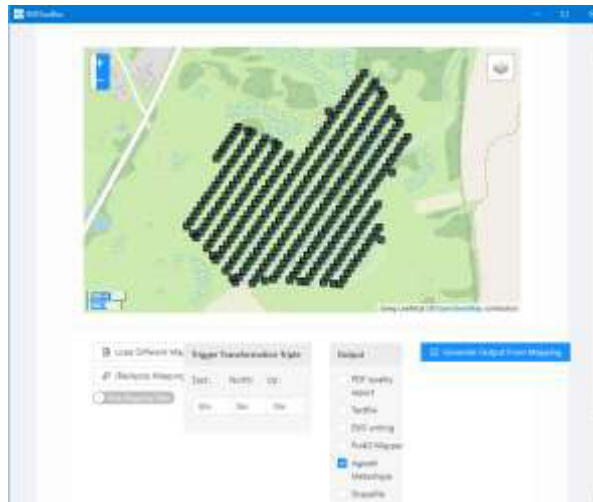
5. Після імпорту файлу MRK потрібно буде знову вибрати опцію Rover RINEX file та імпортувати файл RINEX з ім'ям XXX\_PPKRAW.bin у папку з необробленим зображенням.

6. Переходимо до розділу «Імпорт файлів базової станції» (Import Base Station Files), виберіть опцію Base RINEX file та імпортуйте файл RINEX із назвою XXX.xho з папки необроблених супутникових даних, завантаженої з приладу.

7. Після того, як Ви обрали файл XXX.xho з папки з необробленими супутниковими даними, файли навігації мають бути імпортовані автоматично.

8. Перегляньте підсумок мапування й виберіть Execute Mapping (Виконати мапування), щоб розпочати процес PPK.





9. Щоб переконатися, що виправлені POS-дані (REDToolbox\_Raw.txt) і було створено проект в ПЗ «Agisoft Metashape», відкриваємо папку вихідних даних. Пізніше використовуватимемо перший файл мітки часу з виправленими POS-даними зображення для обробки фотограмметрії.

Ім'я	Дата збереження	Тип	Розмір
REDToolbox_Agisoft_Project	04.11.2023 21:53	Папка папки	
100FTASK_Timestamp.poc	04.11.2023 21:53	Файл POS	348 КБ
100FTASK_Timestamp_342_events.poc	04.11.2023 21:53	Файл POS	48 КБ
REDToolbox_Agisoft_v13.txt	04.11.2023 21:53	Текстовий документ	29 КБ



Програма записала точність кожного знімку, і для урівняння потрібно виконати вирівнювання знімків та урівняти значення поправок.

Фотограмметрична обробка аерофотознімків виконувалася за допомогою програмного забезпечення «Agisoft Metashape Pro», яке використовує передові фотограмметричні технології. Це ПЗ дозволяє створити докладну текстуровану тривимірну модель місцевості, прив'язати її до центрів фотографування та/або наземних точок, створити ортофотоплани та висотні матриці на основі отриманої моделі. Результати можуть бути експортовані у різноманітних форматах.

Завдяки програмі можна отримати ортофотоплани та висотні матриці, що відповідають вимогам точності топографічних планів масштабу 1:2000. Процес обробки даних в програмі максимально автоматизований, лише потрібно вибрати режим роботи. Першим кроком є створення проекту в «Agisoft Metashape Pro» та завантаження знімків, вибір системи координат WGS-84 та завантаження координат центрів знімків. ПЗ автоматично виконує аеротриангуляцію, формує модель у вигляді розрідженої хмари точок, уточнює координати центрів фотографування та визначає елементи орієнтації знімків.

Після вирівнювання знімків маємо такий результат (рис. 6.5)

Камери	Восточное уклан	Северное уклан	Высота (м)	Точность (м)	Ошибка (м)	Курс (°)	Тангаж (°)
MAX_...	5546717.117492	5472887.801857	466.352652	<b>0.071000</b>	0.004832	<input type="checkbox"/> 69.400	0.000
MAX_...	5346723.044734	5473265.671175	466.468080	<b>0.073000</b>	0.015434	<input type="checkbox"/> 68.000	0.000
MAX_...	5546727.745062	5473080.221854	465.649493	<b>0.070000</b>	0.007493	<input type="checkbox"/> 70.400	0.000
MAX_...	5346739.559835	5473179.083731	464.854042	<b>0.066000</b>	0.002345	<input type="checkbox"/> 244.300	0.000
MAX_...	5546748.817812	5472996.286861	464.331602	<b>0.052000</b>	0.003954	<input type="checkbox"/> 245.500	0.000
MAX_...	5546755.114356	5472903.557982	466.306408	<b>0.069000</b>	0.007744	<input type="checkbox"/> 69.100	0.000
MAX_...	5346765.949278	5473096.121321	466.150241	<b>0.069000</b>	0.012582	<input type="checkbox"/> 68.400	0.000
MAX_...	5546768.525088	5473095.712475	466.106299	<b>0.069000</b>	0.007104	<input type="checkbox"/> 65.900	0.100
MAX_...	5346781.347803	5473009.694533	464.441248	<b>0.064000</b>	0.005331	<input type="checkbox"/> 243.000	0.100
MAX_...	5546793.792517	5472919.731263	466.405177	<b>0.068000</b>	0.008165	<input type="checkbox"/> 69.000	0.100
MAX_...	5546812.235309	5472929.089118	467.330549	<b>0.066000</b>	0.008483	<input type="checkbox"/> 66.700	0.100
Общая ошибка					<b>0.009105</b>		

Рисунок 6.6. Результат вирівнювання знімків після пост-обробки

Загальна похибка вимірювання складає  $\Delta X$  – -0,0043 м (рис. 6.7),  $\Delta Y$  – -0,0049 (рис.6.8),  $\Delta Z$  – -0,0064 (рис.6.9)

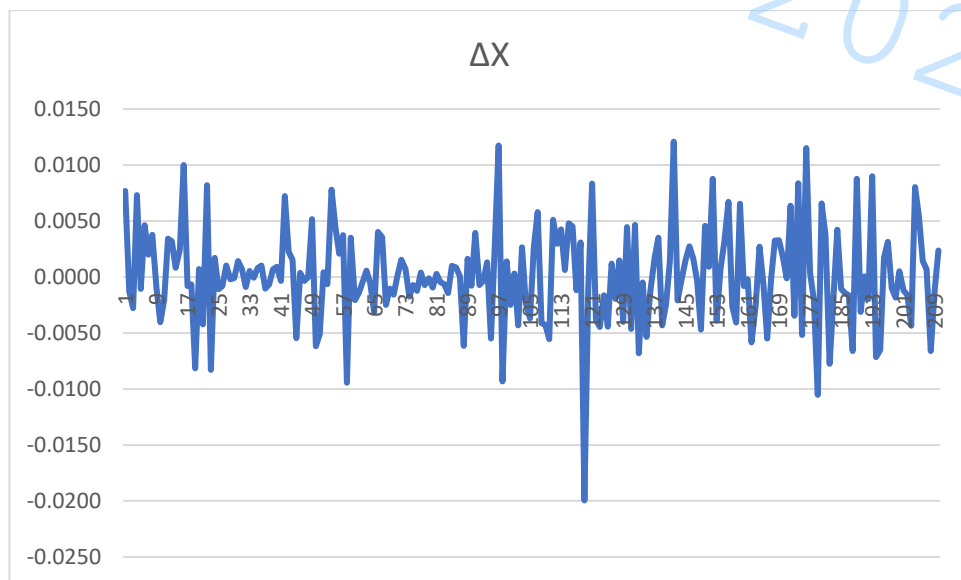


Рис. 6.7  $\Delta X$

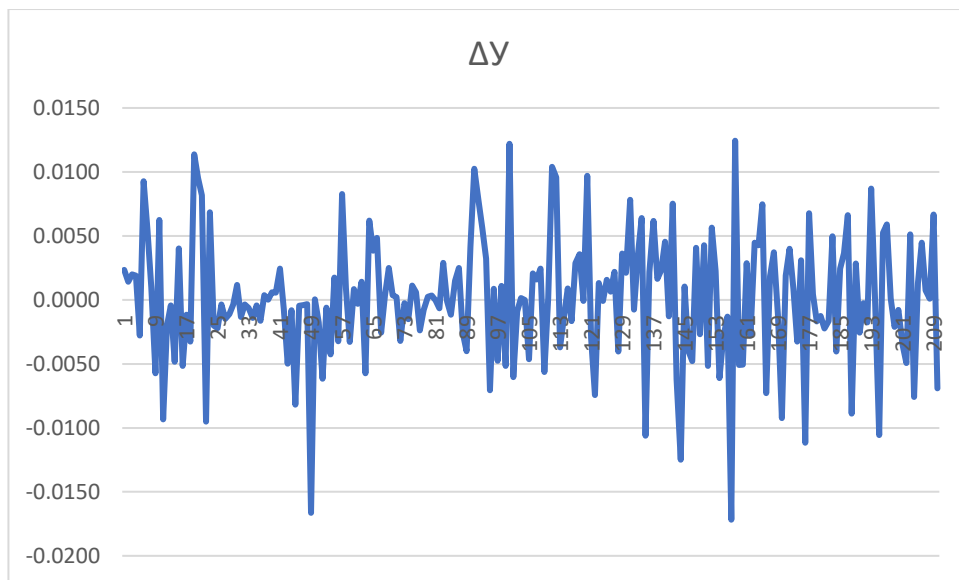


Рисунок 6.8  $\Delta Y$

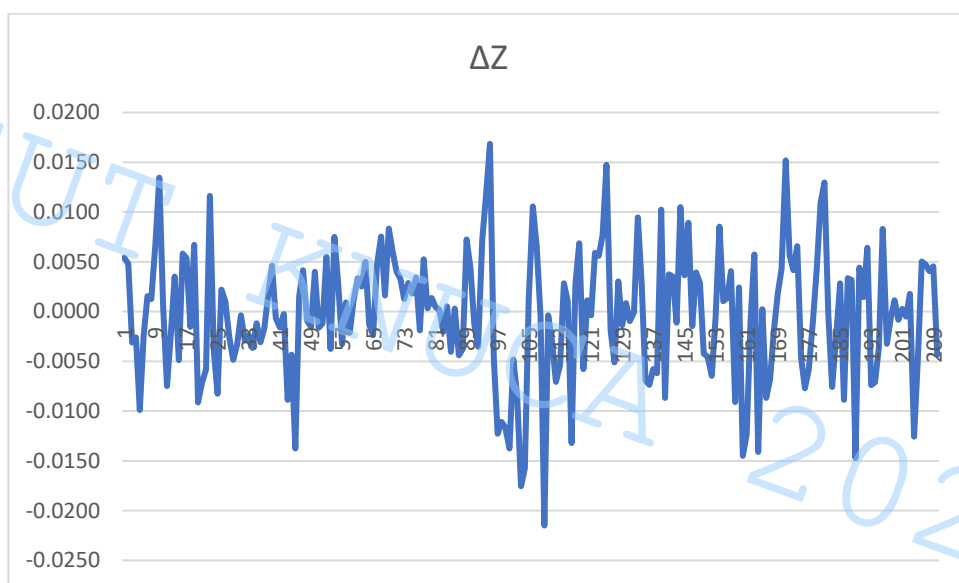


Рисунок 6.9  $\Delta Z$

6.2 Створення топографічного знімання М 1:2000 смт. Летичів Хмельницького району Хмельницької області.

Процес подальшого створення топографічного плану М 1:2000, виконується, так само як по стандартній технологічній схемі. Але процес польових робіт скорочується на значний термін, так само як і фінансові витрати на польові роботи.

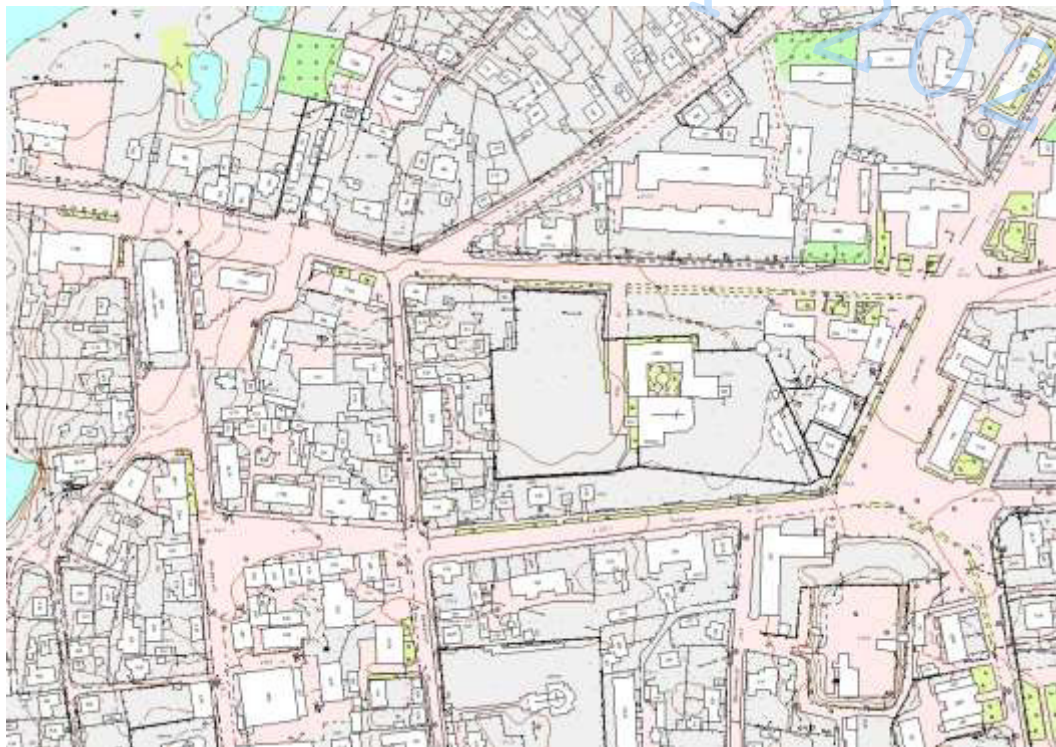
Опрацювання ортофотоплану виконувалось в програмному середовищі Digitals.



Digitals - це програмне забезпечення, яке надає автоматизацію геодезичних робіт, розпочинаючи з обробки польових вимірів і закінчуючи створенням обмінних файлів, кадастрових планів і технічної документації.

Digitals здатна створювати графічні і текстові документи на основі шаблонів, які можуть бути вбудовані в програму. Це дозволяє максимально автоматизувати процес роботи і легко адаптувати його під будь-які вимоги. Інтерфейс програми є універсальним і простим, і він дозволяє одночасно обробляти кілька операцій. Це забезпечує зручність і ефективність роботи з програмою.

Редактор має беззаперечну перевагу у наявності умовних знаків, які відповідають українському класифікатору, та багато інструментів, корисних для побудови топографічних планів. Програма також дозволяє обчислювати засічки, працювати з ортофотопланами, виконувати запити до реєстрів та перераховувати координати. Завдяки цифровим моделям рельєфу та автоматизованому викреслюванню горизонталей на їх основі, Digitals стала основним інструментом багатьох професіоналів, що займаються побудовою топографічних планів та землеустроєм загалом.



*Рис. 6.2. Фрагмент топографічного плану М 1:2000*

## Висновки до 6 розділу

У даному розділі було описано дослідження точності БПЛА знімання з RTK технологією.

Для виконання дослідження було взято контур з розділу 5 п. 5.2. та виконано повний процес створення ортофотоплану з привязкою центрів знімків по даних пост-обробки.

Під час виконання підготовчих польових робіт було досліджено питання використання RTK поправок, та через великі дистанції рефертних базових станцій було прийнято рішення використати метод пост-обробки даних (PPK).

Загальна похибка вимірювання відкорегованих координат знімків складає  $\Delta X - -0,0043$  м,  $\Delta Y - -0,0049$ ,  $\Delta Z - -0,0064$ . Тому можна зробити висновок, що технологія PPK, для створення топографічних планів М 1:2000, відповідає вимогам Інструкції.

GISUIT  
KNUCA  
2023



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Сучасний розвиток геодезії характеризується широким використанням сучасних технологій, зокрема глобальної системи позиціонування (GPS) та інших супутникових систем, лазерного сканування, аерофотозйомки, геоінформаційних систем (ГІС) та інших сучасних інструментів. Це дозволяє отримувати високу точність даних, прискорює процеси вимірювань та забезпечує більш ефективне використання ресурсів.

В Україні процес регулювання топографо-геодезичних робіт та картографічних робіт відбувається на основі: ЗУ «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98), основних положень створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500, умовних знаків для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500.

В даній роботі було проведено дослідження використання БПЛА з RTK технологією, як майбутній вклад у використання точного аерофотознімання, економічно-доцільного та мінімально затратного як по часу, так і фінансово.

Так як в Україні пройшла реформа децентралізації та активно об'єдналися нові громади, виникла потреба в оновленні як топографічних даних так і містобудівної документації.

Об'єктом дослідження є смт. Летичів, Хмельницького району, Хмельницької області. Площа об'єкту дослідження, в розрізі населеного пункту складає 2486 га. Сmt. Летичів має розширену водну систему та розташований при впадині р. Вовк та Південний Буг. В межах об'єкту є пам'ятки архітектури: Летичівський замок, Домініканський оборонний костел з кляштором, Михайлівська церква (Летичів), достатня кількість природоохоронних об'єктів: Долина (заказник), Щедрівський заказник, Летичівська (пам'ятка природи), Модрина європейська (пам'ятка природи), Старий ясен (пам'ятка природи).

У роботі було проведено аерофотознімання з використанням RTK-режиму

в БПЛА з метою розробки генерального плану населеного пункту смт. Летичів. Потреба у топографо-геодезичних роботах настала у зв'язку, з тим, що дане селище мало старий цифровий топографічний план 2013 року, який втратив свою актуальність. Постало питання в оновленні даних топографічної зйомки та розробці генерального плану населеного пункту.

В ході проведення робіт досліджувався процес використання RTK за протоколом NTRIP та пост-обробки файлів зйомки. Шляхом порівняння виявлено та розрахунків зроблений висновок, що доцільніший на теперішній час використання обробки аерофотознімання у режимі пост-обробки (PPK).

Під час дослідження виявлено, що відстань від базової станції до центру міста не відповідає вимогам для проведення зйомки в RTK-режимі, адже лише одна зі станцій виконує дотримання вимог і не перевищує відстань 20 км.

Для виконання робіт у режимі реального часу було досліджено, що на період знімання покриття базових станцій замале для ефективної точності, а пост-обробка даних БПЛА знімання було ефективніше та більш точніше.

Після проведення аерофотознімальних робіт, було встановлено, що точність при використанні стандартної схеми БПЛА загальна похибка складає  $\Delta X - 0,0006$  м,  $\Delta Y - -0,0007$  м,  $\Delta Z - -0,0004$  м, а загальна похибка після постобробки та зшивки ортофотоплану складає  $\Delta X - -0,0043$  м,  $\Delta Y - --0,0049$  м,  $\Delta Z - -0,0064$  м.

Знімання за допомогою БПЛА в режимі RTK відповідає вимогам інструкції, хоча похибка більше, ніж за стандартною технологічною схемою, але для топографічних планів М 1:2000 планова точність складає 2 см в масштабі плану, а висотна 1/3 перерізу рельєфу (переріз рельєфу 2 м), тобто у планові 0,4 м, висотна 0,66 м.

Для польових робіт було залучено, 2 інженера-геодезиста, 1 інженер-фотограметрист, 1 технік-геодезист, 2 картографа. Термін польових робіт склав 5 робочих днів, обробка матеріалів аерофотознімання – 5 робочих днів, складання топографічного плану та створення ЦММ – 20 робочих днів.

Отже, можемо зробити висновок, що використання БПЛА з режимом

RTK(або РРК), дає можливість виконання польових робіт у 2 рази швидше, ніж старими методами, так як швидкість робіт не впливає на точність. Від оператора залежить тільки правильне налаштування приладу, перевірка даних зйомки (в цьому випадку аерофотознімання).

GISUT KNUCA 2023

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Інструкції з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98). Інтернет ресурс : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98#Text>
2. Аналіз експериментальних робіт з створення великомасштабних планів сільських населених пунктів при застосуванні БПЛА / Галецький В., Глотов В., Колесніченко В. [та інші] // Геодезія, картографія і аерофотознімання. - 2012. - № 76. - С.85-93
3. Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарату / Глотов В., Церклевич А.Л., Збруцький О. [та ін.] // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2014. - №I(27). – С.131-136
4. Бабій В. В. Використання безпілотних літальних апаратів в геодезії та картографії. – С. 332. URL: <http://www.readera.org/other/vyekoryestannja-bezpi lotnyekh-litalnyekh-apatativ-v-heodeziye-ta -kartohra fiye-10185074.html> (дата звернення – 10.02.2021)
5. Булакевич С.В. Геоінформаційне забезпечення землевпорядного проектування для управління земельними ресурсами АПК. – Матеріали міжнародн. наук. конференції. – К.: Рада продуктивних сил НАНУ. – 2006, част.2, С.262-265
6. Вовк А. Аналіз результатів для створення ортофотопланів та цифрових моделей рельєфу з застосуванням БПЛА TRIMBLE UX-5 / Вовк А., Глотов В., Гуніна А., Маліцький А., Третяк К., Церклевич А. – 2015. – № 81. – С. 90–103.
7. Восвило Щ. Щ. Дослідження можливості великомасштабного картографування місцевості з використанням безпілотних авіаційних систем / Восвило Щ. Щ., Котляр А. М. // Екологічна безпека. – С. 310, <http://www.readera.org/ other/vyekoryestannja-bezpi lotnyekh-litalnyekh-apatativ-v-heodeziye-ta-kartohrafiye-10185074.html>.

8. Галецький В. Аналіз експериментальних робіт зі створення великомасштабних планів сільських населених пунктів при застосуванні БПЛА / Галецький В., Глотов В., Колесніченко В., Прохорчук О., Церклевич А. // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2012. – Вип. 76. – С. 85–93.

9. Геодезичний енциклопедичний словник / [ред.-упоряд. В. Літинський].

–

Львів: Євро світ, 2001. – 668с

10. Глотов В. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів / Глотов В., Гуніна А. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2014. - №II(28). – С.65-70.

11. Глотов В., Гуніна А. Аналіз сучасних методів знімання під час опрацювання великомасштабних планів // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Вип. 83, 2016. – с. 53-62

12. Глотов В.М. Застосування стереофотограмметричного методу для створення картматеріалів при проектуванні генеральних планів сільських населених пунктів / Глотов В.М., Кордуба Ю.Г. // Геодезія, картографія і аерофотознімання. - 2011. - № 74. - С.97-101

13. Глотов В., Церклевич А. Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарата // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – Сер.: Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка». – 2014. – Вип. I (27). – С. 131-136.

14. Губар Ю. Аналіз доцільності застосування безпілотних літальних апаратів для масової оцінки нерухомості населених пунктів / Губар Ю. // Матеріали II Всеукраїнської наукової конференції «Геодезія, землеустрій, геоінформатика в Південному регіоні: сучасний стан та перспективи розвитку». – Одеса. – 2017. – С.131-135

15. Губар Ю. Визначення необхідної точності координат межових знаків для оцінки земель населених пунктів / Губар Ю. // Геодезія, картографія та аерофотознімання. Міжвідомчий наук.-техн. зб. – 2011. – № 74 – С.132–135
16. Губар Ю.П. Геодезичне забезпечення та удосконалення методів і моделей оцінки нерухомості // дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Національний університет «Львівська Політехніка». Львів, 2018, 370 с. УДК 528.44:332.64:332.38
17. Губар Ю. Застосування геоінформаційних технологій для кадастру та оцінки нерухомості / Губар Ю., Хавар Ю. та ін. // Науковий журнал «Молодий вчений». – 2017. - №3(43) – С. 714-720.
18. Губар Ю. Розробка підходів і методів кадастрової оцінки нерухомості населених пунктів / Губар Ю. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2012. – № II (24) – С. 146–150
19. Гуцуляк Ю. Основні засади впорядкування еколого-ландшафтної та економічної типології земель / Землевпорядний вісник, 2018. – с. 45-51
20. Дацюк Г. Безпілотні літальні апарати – це важливий інструмент для мудрого і ефективного господарювання на землі / Землевпорядний вісник. 2019. № 9. С. 26–34.
21. Державний контроль земель як механізм ефективного управління земельними ресурсами на території Львівської області / Хавар Ю.С., Губар Ю.П., Сай В.М., Винарчик Л.В. // Науково-практичний журнал «Збалансоване природокористування». – 2/2018. – С. 106-112
22. Дорожинський О.Л. Наземне лазерне сканування в фотограмметрії: навчальний посібник / Дорожинський О.Л. – Львів: Національний університет „Львівська політехніка», 2014. – 96 с.
23. Закон України «Про Державний земельний кадастр» / Верховна Рада України. – Офіц. вид. // Офіційний вісник України. – 2011. – № 60.– 24с.
24. Закон України «Про оцінку земель» / Верховна Рада України. – Офіц. вид. // Відомості Верховної Ради України. – 2004. – № 15. – 29с

25. Земельний кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення: 05.02.2021)
26. Землевпорядне проектування : Навчальний посібник / Т.С. Одарюк та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 292 с.
27. Карпінський Ю. О. Формування національної інфраструктури просторових даних – пріоритетний напрям топографо-геодезичної та картографічної діяльності / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко // Вісник геодезії та картографії. –2001. – № 3. – С. 65-74
28. Книш Б.П., Бровко П.В., Попіль Д.С. Класифікація відомих видів безпілотних літальних апаратів / Б.П. Книш, П.В. Бровко, Д.С. Попіль //МИРОВЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ. Приладобудування, метрологія та інформаційно-вимірювальні прилади та системи. 2017
29. Козуб А. М. Аналіз засобів збору інформації для географічних інформаційних систем / Козуб А. М., Суворова Н. О., Чернявський В. М. // Системи озброєння і військова техніка. – 2011. – № 3(27). – С. 42–47
30. Кулачек І.С. Використання БПЛА при інвентаризації земель ОТГ // Матеріали 82-ї міжнародної студентської наукової конференції (14 травня 2020 року. ХНАДУ. Харків: с. 156-159
31. Лазарева О.В. Організація і управління землевпорядним виробництвом : навчальний посібник. Миколаїв : ЧНУ ім. Петра Могили, 2018. 160 с
32. Луцький М.Г. Розвиток міжнародного регулювання та нормативної бази використання безпілотних літальних апаратів / М.Г. Луцький, В.П. Харченко, Д.О. Бугайко // Вісник НАУ. – 2015. – № 4. – С. 5-14
33. Майбутнє аерофотогеодезії: проблеми застосування безпілотників та лазерного сканування. URL:<https://nubip.edu.ua/node/59233>(дата звернення: 15.02.2021)
34. Матійчик М.П. Тенденції застосування безпілотних повітряних суден в цивільній авіації / Матійчик М.П., Качало І.А // Матеріали XI міжнародної наук.-техн. конфер. «АВІА 2013». - 2013. - 97с



35. Мельничук О. Ю. Сучасні задачі ГІС та ДЗЗ у сфері землеустрою / О. Ю. Мельничук // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS і GIS-технології: зб. матеріалів XV міжнар. ювілейного наук.-техн. симпозиуму 13-18 вересня 2010 р. / Міністерство екології та природних ресурсів, Держслужба геодезії, картографії та кадастру України, НУ «Львівська політехніка» [та ін.]. – Львів. – 2010. – С.217–220
36. Проблемы создания беспилотных авиационных комплексов в Украине / Гребеников А.Г., Журавский А.Г., Мяслица А.К. [и др.] // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. - 2009. -№ 42. – С.111-119
37. Про затвердження Авіаційних правил України «Правила використання повітряного простору України»: наказ державної авіаційної служби України № 430/210 від 11.05.2018 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1056-18#Text> (дата звернення: 10.02.2021)
38. Про охорону земель : Закон України від 19.06.2003. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text> (дата звернення: 05.02.2021)
39. Про схвалення Стратегії розвитку вітчизняної авіаційної промисловості на період до 2020 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2008 р. № 1656-р URL:<http://zakon3.rada.gov.ua> (дата звернення: 10.02.2021)
40. Ростопчин В.В. Безпілотні авіаційні системи: основні поняття / В.В. Ростопчин, І.Е. Бурдун / ЕЛЕКТРОНІКА: Наука, Технологія, Бізнес. – 2016. – №7. – С. 82-88.
41. Станкевич С. А. Застосування сучасних технологій аерокосмічного знімання в аграрній сфері / Станкевич С. А., Васько А. В. // Наукові аспекти геодезії, землеустрою та інформаційних технологій: матер. наук.-практ. конфер. – 2011. – С. 44–50.
42. Техніка авіаційна військової призначеності. Апарати літальні безпілотні. Основні терміни, визначення понять і класифікація: ДСТУ В 7371:2013 /

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України [Наказ № 1010 від 22.08.2013]. – К., 2014. – С. 2.

43. Цицихов Д. А. Виконання топографо-геодезичних робіт з використанням безпілотних літальних апаратів / Цицихов Д. А., Бойко О. Л. // Київ. Друга Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих учених, “Молодь: наука та інновації”, 2–3 грудня 2014 р. // Зб. пр. – Т. 5. – Секція 6: Геодезія та землеустрій. [http://science.nmu.org.ua/ua/conference/molod-nauka-ta-innov/pdf-](http://science.nmu.org.ua/ua/conference/molod-nauka-ta-innov/pdf-2014/20150204-06.pdf)

2014/20150204-06.pdf

44. Черняга П. Г. Земельно-інформаційні системи як засіб управління земельними ресурсами / П. Г. Черняга, О. Ю. Мельничук, О. І. Качановський // Науковий вісник національного аграрного університету.–2006.–Вип. 104. – С.60–64

45. Meier G., Frank S. Dokumentation und Überwachung einer Rutschung mittels UAV (Unmanned Aerial Vehicle), Geodäsie/Vermessung, Geomatik Schweiz, 2014. – P.449–452.

46. Rinaudo F., Chiabrando F., Lingua A. M., Spanò A. T. Archaeological site monitoring: UAV photogrammetry can be an answer. The International archives of the photogrammetry, Remote sensing and spatial information sciences, 39(B5), 2012. –. 583–588

47. Introduction To UAV Photogrammetry And Lidar Mapping Basics

48. Cartographic Bases. Accurate information about space for making reliable decisions with all the necessary infrastructure and efficient planning

49. Засосування безпілотних літаючих систем при вирішенні задач землеустрою Бутенко Є.В., Кулаковський О.В. С.7-8.

50. Аналіз і перспективи аерофотознімання з БПЛА / В. Глотов, А. Церклевич, В. Колісніченко, О. Прохорчук

51. Інструкція з техніки безпеки при проведенні капітальних маркшейдерських та спеціальних топографо-геодезичних робіт.

52. Конвенція про міжнародну цивільну авіацію 1944 р. №995\_038 від 07.12.1944.
53. Європейський інформаційно-дослідницький центр / Світовий досвід правового регулювання використання безпілотників // Світлана Беловол /// інтерн Програми USAID «РАДА»
54. Забезпечення фотограмметричних проектів опорною інформацією, отриманою з великомасштабних аерознімків І. З. КОЛБ

GISUT KNUCA 2023