

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА,  
ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем

## Пояснювальна записка

до дипломної роботи бакалавра

на тему: **«СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОГО ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ  
СМТ КОТЕЛЬВА ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ  
МАТЕРІАЛІВ АЕРОФОТОЗНІМАНЬ ТА ДЗЗ»**

Виконав: студент 4 курсу групи ГКЗ 2022-1  
спеціальності 193 Геодезія та землеустрій  
ОП Геодезія, картографія та землеустрій



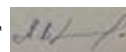
Гагієв Дмитро Георгійович

Керівник



Нестеренко Сергій Григорович

Рецензент



Воронков Олексій Олександрович

2026 року

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою та цивільної інженерії  
Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем  
Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр  
Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій  
Освітня програма Геодезія, картографія та землеустрій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЗА та ГІС  
проф. Мамонов К. А.

 Восстановимая подпись

X 

Подписано: f054cc53-ba06-45d3-8422-a8d59cd399bb

«25» травня 2026 року

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Гагієву Дмитру Георгійовичу

1. Тема проекту (роботи): Створення цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області з використанням матеріалів аерофотознімань та ДЗЗ

керівник проекту (роботи) к.т.н., доцент Нестеренко Сергій Григорович,  
затвержені наказом вищого навчального закладу від 22.05.2026 року № 441-03.




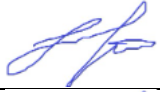


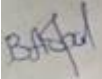
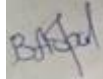
2. Строк подання студентом проекту (роботи): 18 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) нормативно-правові документи, картографічні матеріали, растрова підоснова, супутникові знімки, матеріали аерофотознімань.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) створення цифрової моделі місцевості та ортофотоплану; розробка цифрового топографічного плану території.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) цифрова модель місцевості; проміжні фрагменти цифрового топографічного плану.

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Нестеренко Сергій Григорович, доцент кафедри ЗА та ГІС		
2	Нестеренко Сергій Григорович, доцент кафедри ЗА та ГІС		
3	Нестеренко Сергій Григорович, доцент кафедри ЗА та ГІС		
4	Абракітов В. Е. доцент кафедри О.П. та БЖД		

7. Дата видачі завдання: 25 травня 2026 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Формування інформаційної бази	25.05.26	
2.	Розробка та написання першого розділу роботи	03.06.26	
3.	Розробка та написання другого розділу роботи	09.06.26	
4.	Розробка та написання третього розділу роботи	12.06.26	
5.	Розробка та написання розділу з охорони праці	15.06.26	
6.	Оформлення роботи та нормоконтроль	18.06.26	
7.	Попередній захист роботи	21.06.26	
8.	Захист дипломної роботи у ДЕК	26.06.26	

Студент



Гагієв Д. Г.

Керівник проекту (роботи)



Нестеренко С. Г.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 65 с., 0 табл., 24 рис., 30 джерел, 18 слайдів.

ТОПОГРАФІЧНИЙ ПЛАН, ДІЛЯНКА МІСЦЕВОСТІ, ОРТОФОТОПЛАН, ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ, ГЕОПРОСТОРОВІ ДАНІ, GNSS-ВИМІРЮВАННЯ, ЦИФРОВА МОДЕЛЬ МІСЦЕВОСТІ.

Об'єктом дослідження дипломної роботи є територія смт Котельва Полтавської області.

Предметом дипломної роботи є процеси створення цифрових топографічних планів із використанням матеріалів аерофотознімань та даних дистанційного зондування Землі.

Мета – створення цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області з використанням матеріалів аерофотознімань та дистанційного зондування Землі.

Методи дослідження – аерофотознімання із застосуванням безпілотних літальних апаратів; дистанційного зондування Землі на основі супутникових даних; фотограмметричні для обробки матеріалів знімань.

У дипломному проекті було описано процес створення цифрового топографічного плану території населеного пункту з використанням сучасних технологій.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання створеного цифрового топографічного плану для потреб містобудівного планування, землеустрою, управління територіями, ведення геоінформаційних систем, оновлення картографічної основи та підтримки прийняття управлінських рішень на місцевому рівні.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕРІАЛІВ АЕРОФОТОЗНІМАНЬ ТА ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ.....	9
1.1 Сучасні методи топографо-геодезичного забезпечення територій.....	9
1.2 Використання матеріалів аерофотозніманих та дистанційного зондування Землі при створенні цифрових топографічних планів.....	13
1.3 Нормативно-правове забезпечення створення цифрових топографічних планів.....	16
2 МЕТОДИКА ОТРИМАННЯ ТА ОБРОБКИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОГО ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ .....	20
2.1 Особливості застосування безпілотних літальних апаратів при створенні цифрових топографічних планів .....	20
2.2 Технічні характеристики безпілотних літальних апаратів для виконання аерофотозніманих.....	23
2.3 Методика проведення камеральної обробки матеріалів аерофотозніманих та дистанційного зондування Землі.....	26
3 СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОГО ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ СМТ КОТЕЛЬВА ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ .....	31
3.1 Фізико-географічна та просторова характеристика території дослідження .....	31
3.2 Здійснення аерофотознімальних робіт та отримання вихідних геопросторових даних .....	36
3.3 Створення цифрового топографічного плану території смт Котельва .....	39
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	48
4.1 Аналіз умов праці під час виконання аерофотознімальних та камеральних робіт.....	48
4.2 Заходи з охорони праці та виробничої безпеки під час використання БПЛА та комп'ютерної техніки .....	52
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях та цивільний захист під час виконання топографо-геодезичних робіт .....	56
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ДЖЕРЕЛ .....	63

## ВСТУП

Сучасний розвиток геоінформаційних технологій, фотограмметрії та дистанційного зондування Землі сприяє вдосконаленню методів створення цифрової картографічної продукції. Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку топографо-геодезичного виробництва є використання матеріалів аерофотознімань та даних дистанційного зондування Землі для формування актуальних цифрових моделей територій і створення цифрових топографічних планів. Застосування безпілотних літальних апаратів, сучасних супутникових систем спостереження та спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє значно підвищити точність, оперативність та економічну ефективність виконання топографо-геодезичних робіт.

Актуальність теми дослідження обумовлена необхідністю постійного оновлення картографічної основи населених пунктів України для забезпечення потреб містобудування, землеустрою, управління земельними ресурсами, розвитку інженерної інфраструктури та ведення геоінформаційних систем. СМТ Котельва Полтавської області є важливим адміністративним і господарським центром регіону, для якого актуальним завданням є отримання сучасних та достовірних геопросторових даних. Традиційні методи топографічного знімання характеризуються значними трудовими та часовими витратами, тоді як використання матеріалів аерофотознімань і даних дистанційного зондування Землі забезпечує можливість оперативного отримання великого обсягу просторової інформації з високою точністю та деталізацією.

Метою дипломної роботи є створення цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області з використанням матеріалів аерофотознімань та дистанційного зондування Землі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз сучасних методів створення цифрових топографічних планів на основі матеріалів аерофотознімань та дистанційного зондування Землі;

- здійснити збір та підготовку вихідних геопросторових даних для території дослідження;

- виконати обробку матеріалів аерофотознімань і супутникових даних у спеціалізованому програмному забезпеченні;

- провести геопросторову прив'язку та коригування отриманих даних відповідно до вимог чинних нормативних документів;

- створити цифровий топографічний план території смт Котельва із відображенням елементів ситуації та рельєфу;

- оцінити точність, повноту та якість отриманого цифрового топографічного плану.

Об'єктом дослідження є територія смт Котельва Полтавської області.

Предметом дослідження є технології та методи створення цифрових топографічних планів із використанням матеріалів аерофотознімань та даних дистанційного зондування Землі.

Для вирішення поставлених завдань у роботі використано такі методи дослідження:

- методи аерофотознімання із застосуванням безпілотних літальних апаратів;

- методи дистанційного зондування Землі на основі супутникових даних;

- фотограмметричні методи обробки матеріалів знімань;

- геоінформаційний аналіз та цифрове картографування;

- GNSS-технології для забезпечення геодезичної прив'язки даних;

- методи контролю точності та оцінювання якості цифрової картографічної продукції.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному застосуванні матеріалів аерофотознімань та дистанційного зондування Землі для створення цифрового

топографічного плану території населеного пункту з використанням сучасних геоінформаційних і фотограмметричних технологій.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання створеного цифрового топографічного плану для потреб містобудівного планування, землеустрою, управління територіями, ведення геоінформаційних систем, оновлення картографічної основи та підтримки прийняття управлінських рішень на місцевому рівні.

Дипломна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. У першому розділі розглянуто теоретичні основи використання матеріалів аерофотознімань і дистанційного зондування Землі при створенні цифрових топографічних планів. У другому розділі наведено методику збору, обробки та аналізу геопросторових даних. Третій розділ присвячено характеристиці території дослідження та безпосередньому створенню цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області. У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час виконання топографо-геодезичних робіт.

Таким чином, дипломна робота спрямована на впровадження сучасних геоінформаційних, фотограмметричних та дистанційних технологій у процес створення цифрової топографічної документації, що сприятиме підвищенню ефективності управління територіальним розвитком та використання земельних ресурсів смт Котельва Полтавської області.

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕРІАЛІВ АЕРОФОТОЗНІМАНЬ ТА ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

## 1.1 Сучасні методи топографо-геодезичного забезпечення територій

Топографо-геодезичне забезпечення є невід'ємною складовою процесів просторового планування, землеустрою, містобудування, управління територіальним розвитком та створення геоінформаційних систем. Основним завданням топографо-геодезичних робіт є отримання достовірної інформації про просторове положення об'єктів місцевості, їх геометричні характеристики, взаємне розташування та особливості рельєфу. Саме результати геодезичних вишукувань формують основу для створення топографічних карт, цифрових моделей місцевості, ортофотопланів і цифрових топографічних планів.

У сучасних умовах розвитку геоінформаційних технологій вимоги до точності, актуальності та повноти просторових даних постійно зростають. Це пов'язано із необхідністю забезпечення якісного функціонування земельного кадастру, містобудівного кадастру, систем моніторингу земельних ресурсів, інженерної інфраструктури та об'єктів нерухомості. Відповідно, значна увага приділяється вдосконаленню методів отримання геопросторової інформації та впровадженню новітніх технологій геодезичних вимірювань.

Інженерно-геодезичні вишукування являють собою комплекс робіт, спрямованих на отримання вихідних даних про територію для подальшого проектування, будівництва та експлуатації об'єктів різного призначення. Традиційно процес виконання геодезичних вишукувань поділяється на три взаємопов'язані етапи: підготовчий, польовий та камеральний.

Підготовчий етап включає отримання технічного завдання, збір та аналіз архівних картографічних матеріалів, вивчення результатів попередніх вишукувань, рекогностування території та розроблення програми виконання робіт. На цьому етапі визначаються масштаби майбутнього знімання, вимоги до

точності, методи виконання вимірювань та перелік обладнання, яке буде використовуватися під час польових робіт.

Польовий етап передбачає безпосередній збір геопросторової інформації на місцевості. Залежно від поставлених завдань можуть застосовуватися різні методи геодезичних вимірювань, починаючи від класичних тахеометричних і нівелірних робіт та завершуючи супутниковими технологіями позиціонування, лазерним скануванням і аерофотозніманням. Паралельно із виконанням польових робіт здійснюється попередній контроль якості отриманих результатів для своєчасного виявлення можливих помилок або недостатності даних.

На камеральному етапі виконується обробка результатів вимірювань, зрівнювання геодезичних мереж, створення цифрових моделей місцевості, побудова ортофотопланів та формування цифрової картографічної продукції. Саме камеральна обробка забезпечує перетворення польових вимірювань у повноцінний цифровий топографічний план, придатний для подальшого використання в проєктній та управлінській діяльності.

Сучасна система топографо-геодезичного забезпечення територій базується на використанні комплексу взаємодоповнюючих технологій, які відрізняються принципами отримання даних, точністю результатів та сферою застосування. Узагальнену класифікацію сучасних методів топографо-геодезичного забезпечення наведено на рисунку 1.1.

Серед традиційних методів особливе місце займають тахеометричні знімання, які тривалий час залишаються одним із найбільш поширених способів отримання просторових даних. Використання сучасних електронних тахеометрів дозволяє одночасно визначати планове та висотне положення об'єктів місцевості з високою точністю. Такі методи широко застосовуються при інженерних вишукуваннях, виконавчих зніманнях та створенні топографічних планів великих масштабів.



Рисунок 1.1 – Класифікація сучасних методів топографо-геодезичного забезпечення територій.

Значний розвиток упродовж останніх десятиліть отримали супутникові технології позиціонування. Використання глобальних навігаційних супутникових систем GNSS забезпечує оперативне визначення координат точок із сантиметровою точністю. Особливого поширення набули технології RTK та мережевого RTK-позиціонування, які дозволяють виконувати високоточні вимірювання у режимі реального часу та значно скорочують тривалість польових робіт.

Ще одним сучасним напрямом розвитку геодезичних технологій є лазерне сканування. Наземні та повітряні лазерні сканери забезпечують формування високодеталізованих тривимірних моделей території шляхом отримання хмар точок із мільйонами просторових координат. Такі технології особливо ефективні при моделюванні складних об'єктів інженерної інфраструктури, історичних споруд та територій зі складним рельєфом.

Особливу роль у сучасному топографо-геодезичному виробництві відіграє цифрова фотограмметрія та аерофотознімання. Використання

безпілотних літальних апаратів дозволяє отримувати знімки надвисокої просторової роздільної здатності, які після фотограмметричної обробки використовуються для створення ортофотопланів, цифрових моделей рельєфу та цифрових топографічних планів. Перевагами даної технології є висока продуктивність, оперативність виконання робіт та можливість отримання актуальної інформації навіть для важкодоступних територій.

Паралельно із аерофотозніманням активно розвиваються технології дистанційного зондування Землі. Сучасні супутникові системи забезпечують регулярне отримання даних про стан територій, що дозволяє виконувати моніторинг землекористування, аналізувати процеси забудови, виявляти зміни природного середовища та оновлювати картографічні матеріали. Поєднання супутникових даних із результатами аерофотознімання значно підвищує повноту та достовірність геопросторової інформації.

Залежно від поставлених завдань геодезичні знімання поділяються на планові, висотні та планово-висотні. Планові знімання забезпечують визначення координат об'єктів у горизонтальній площині, висотні дозволяють отримувати інформацію про рельєф місцевості, а планово-висотні поєднують обидва види вимірювань та забезпечують створення повноцінних цифрових моделей території. Саме планово-висотні знімання є основою розроблення сучасних цифрових топографічних планів населених пунктів.

Таким чином, сучасні методи топографо-геодезичного забезпечення територій характеризуються широким використанням цифрових технологій, супутникових систем позиціонування, лазерного сканування, аерофотознімання та дистанційного зондування Землі. Комплексне застосування зазначених технологій забезпечує отримання високоточних геопросторових даних, необхідних для створення цифрових топографічних планів, що є основою ефективного управління територіями та розвитку сучасних геоінформаційних систем.

## 1.2 Використання матеріалів аерофотознімань та дистанційного зондування Землі при створенні цифрових топографічних планів

Розвиток цифрових технологій збору просторових даних суттєво змінив підходи до виконання топографо-геодезичних робіт. Якщо раніше основним джерелом отримання інформації про місцевість були традиційні наземні вимірювання та пілотована аерофотозйомка, то сьогодні все більшого поширення набувають безпілотні літальні апарати та супутникові системи дистанційного зондування Землі. Їх використання дозволяє отримувати актуальні, високоточні та детальні просторові дані для створення цифрових топографічних планів різних масштабів [1].

Технології дистанційного зондування Землі базуються на отриманні інформації про об'єкти та явища земної поверхні без безпосереднього контакту з ними. Джерелами таких даних можуть бути супутникові системи спостереження, аерофотознімальні комплекси, лазерні сканери та безпілотні літальні апарати. Використання дистанційних методів спостереження дозволяє оперативно охоплювати значні території та отримувати геопросторову інформацію, необхідну для вирішення широкого спектра завдань у галузі геодезії, картографії, землеустрою та містобудування [2].

Особливого значення для створення цифрових топографічних планів набули безпілотні літальні апарати. Їх стрімке впровадження стало одним із найважливіших етапів розвитку сучасної цифрової фотограмметрії. Компактні розміри, висока мобільність, відносно невисока вартість експлуатації та можливість отримання знімків надвисокої роздільної здатності забезпечили безпілотним системам широке застосування при виконанні топографічних знімань територій різного призначення [3].

На відміну від традиційних методів наземного знімання, аерофотознімання з використанням БПЛА дозволяє отримати комплексне уявлення про територію дослідження. Під час виконання польотів фіксуються не лише окремі об'єкти, а й навколишня ситуація, рельєф, транспортна мережа,

забудова, рослинність та інші елементи місцевості. Це створює передумови для формування повноцінної цифрової моделі території та значно підвищує інформативність отриманих матеріалів [4].

Використання безпілотних технологій дозволяє ефективно виконувати широкий спектр геодезичних та картографічних завдань. Зокрема, аерофотознімання активно застосовується при створенні цифрових топографічних планів, оновленні картографічної основи населених пунктів, побудові цифрових моделей рельєфу, моніторингу інженерних споруд, контролі будівельних робіт, веденні земельного кадастру та аналізі стану природного середовища [5].

Технологічний процес виконання аерофотознімання з використанням безпілотних літальних апаратів включає декілька послідовних етапів. На першому етапі здійснюється підготовка до польотів. Виконується аналіз території дослідження, визначаються межі ділянки, обираються параметри польоту, розраховуються маршрути руху безпілотного літального апарата та здійснюється перевірка працездатності обладнання. Важливим елементом підготовчого етапу є забезпечення необхідного поздовжнього та поперечного перекриття аерофотознімків, що безпосередньо впливає на якість подальшої фотограмметричної обробки [6].

На другому етапі проводяться польові роботи. Безпілотний літальний апарат виконує політ за заздалегідь визначеним маршрутом та здійснює автоматизовану фотофіксацію території. Сучасні БПЛА оснащуються високоточними GNSS-приймачами, інерціальними навігаційними системами та цифровими камерами високої роздільної здатності, що дозволяє отримувати якісні вихідні дані для подальшого створення цифрових моделей місцевості [7].

Після завершення польових робіт виконується камеральна обробка матеріалів аерофотознімання. На цьому етапі здійснюється фотограмметрична обробка знімків, геодезична прив'язка, аеротриангуляція, побудова щільної хмари точок, створення цифрової моделі рельєфу та формування ортофотоплану. Крім того, виконується усунення геометричних спотворень, які

можуть виникати внаслідок коливань висоти польоту, нахилу камери або особливостей рельєфу місцевості [8].

Особливу роль у сучасних геодезичних роботах відіграє інтеграція матеріалів аерофотознімань та даних дистанційного зондування Землі. Супутникові знімки забезпечують можливість аналізу великих територій, тоді як БПЛА дозволяють отримати детальну інформацію про конкретні об'єкти та ділянки місцевості. Поєднання цих джерел інформації забезпечує підвищення точності картографічної продукції та дозволяє виконувати комплексний просторовий аналіз території [9].

Завдяки сучасним програмним комплексам фотограмметричної обробки та геоінформаційного аналізу стало можливим автоматизоване створення цифрових моделей місцевості, цифрових моделей рельєфу, ортофотопланів та цифрових топографічних планів. Загальна технологічна схема створення цифрового топографічного плану на основі матеріалів аерофотознімань та дистанційного зондування Землі наведена на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Технологічна схема створення цифрового топографічного плану з використанням матеріалів аерофотознімань та дистанційного зондування Землі

Отримані в результаті обробки геопросторові дані використовуються для створення топографічних планів, оновлення картографічних матеріалів, формування баз геоданих, виконання землепорядних робіт та підтримки процесів прийняття управлінських рішень. Для населених пунктів такі матеріали є основою ведення містобудівного кадастру, розвитку інженерної інфраструктури та планування територіального розвитку.

Таким чином, використання матеріалів аерофотозніманих та дистанційного зондування Землі є одним із найбільш ефективних напрямів розвитку сучасної геодезії та картографії. Поєднання безпілотних літальних апаратів, супутникових даних, GNSS-технологій та геоінформаційних систем забезпечує створення високоточних цифрових топографічних планів, які відповідають сучасним вимогам до якості та актуальності геопросторової інформації [10].

### 1.3 Нормативно-правове забезпечення створення цифрових топографічних планів

Створення цифрових топографічних планів в Україні здійснюється відповідно до чинної нормативно-правової бази у сфері геодезії, картографії, землеустрою, містобудування та геоінформаційної діяльності. Нормативне забезпечення визначає вимоги до точності виконання вимірювань, порядку проведення топографо-геодезичних робіт, використання державних систем координат і висот, структури цифрових геопросторових даних, а також правил створення та оновлення картографічної продукції [11].

Одним із базових нормативних актів є Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», який визначає правові та організаційні засади виконання топографо-геодезичних і картографічних робіт на території держави [12]. Документ встановлює вимоги до створення геодезичної основи, використання державних геодезичних мереж, порядку виконання картографічних робіт та ведення державних фондів геопросторових даних.

Важливе значення при створенні цифрових топографічних планів має Закон України «Про землеустрій», який регламентує використання геодезичних та картографічних матеріалів під час виконання землевпорядних робіт, формування земельних ділянок та ведення державного земельного кадастру [13]. Не менш важливим є Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності», який визначає необхідність використання актуальної топографічної основи при розробленні містобудівної документації різних рівнів [14].

Основою для виконання великомасштабних топографічних знімачь залишається Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000–1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) [15]. Саме цей нормативний документ визначає вимоги до точності польових вимірювань, створення знімальної основи, відображення елементів ситуації та рельєфу, а також порядок виконання контролю якості топографічної продукції.

Під час створення цифрових топографічних планів особлива увага приділяється використанню державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000. Порядок її застосування визначено наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України №509 «Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою» [16]. Використання єдиної системи координат забезпечує сумісність геопросторових даних, створених різними організаціями, та можливість їх інтеграції в сучасні геоінформаційні системи.

При виконанні інженерно-геодезичних вишукувань також використовуються положення ДБН А.2.1-1:2014 «Інженерні вишукування для будівництва» [17]. Цей нормативний документ встановлює загальні вимоги до організації та виконання інженерних вишукувань для проектування, будівництва та реконструкції об'єктів різного призначення.

Важливе значення мають нормативні документи, що регламентують зміст і структуру цифрових топографічних матеріалів. До них належать класифікатори об'єктів топографічного картографування, умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500, а також

нормативні документи щодо створення та приймання цифрової картографічної продукції [18].

Сучасні технології створення цифрових топографічних планів все частіше передбачають використання матеріалів аерофотознімань та дистанційного зондування Землі. У зв'язку з цим при виконанні робіт додатково враховуються вимоги нормативних документів щодо використання безпілотних літальних апаратів, супутникових технологій позиціонування GNSS та цифрових фотограмметричних методів обробки даних [19].

У процесі створення цифрових топографічних планів необхідно забезпечити відповідність результатів ряду основних вимог. Насамперед картографічна продукція повинна достовірно відображати фактичний стан території на момент виконання робіт. Крім того, необхідно забезпечити відповідність точності планових та висотних визначень вимогам обраного масштабу, повноту відображення об'єктів місцевості та узгодженість суміжних аркушів картографічних матеріалів [20].

Відповідно до чинних нормативів усі топографічні плани повинні створюватися в єдиній системі координат та висот. Для висотної основи в Україні традиційно використовується Балтійська система висот, а для визначення координат — державна геодезична референцна система УСК-2000. Такі вимоги забезпечують можливість сумісного використання геопросторових даних у межах державних кадастрових та геоінформаційних систем [21].

Зміст цифрового топографічного плану визначається його масштабом та призначенням. Незалежно від масштабу на топографічних планах відображаються елементи геодезичної основи, об'єкти гідрографії, транспортна інфраструктура, будівлі та споруди, інженерні мережі, рослинність, межі земельних ділянок, адміністративні межі та елементи рельєфу. Рівень деталізації окремих об'єктів залежить від масштабу картографування та вимог замовника [22].

Узагальнену структуру нормативно-правового забезпечення створення цифрових топографічних планів наведено на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Структура нормативно-правового забезпечення створення цифрових топографічних планів

Таким чином, сучасна система нормативного забезпечення топографо-геодезичної діяльності охоплює законодавчі акти, державні будівельні норми, інструкції, класифікатори та технічні регламенти, які визначають порядок виконання геодезичних робіт і створення цифрових топографічних планів. Дотримання вимог зазначених документів забезпечує високу якість, точність та достовірність геопросторової інформації, необхідної для ведення кадастрів, містобудівного планування та управління територіальним розвитком.

## 2 МЕТОДИКА ОТРИМАННЯ ТА ОБРОБКИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОГО ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ

### 2.1 Особливості застосування безпілотних літальних апаратів при створенні цифрових топографічних планів

Стрімкий розвиток безпілотних літальних апаратів став одним із найважливіших чинників модернізації сучасної геодезії та картографії. Впровадження технологій аерофотознімання на базі БПЛА дозволило суттєво підвищити ефективність збору геопросторових даних та забезпечити створення високоточних цифрових моделей місцевості. На сьогодні безпілотні літальні апарати широко використовуються під час виконання топографо-геодезичних, кадастрових, землевпорядних та містобудівних робіт [23].

На відміну від традиційних методів аерофотознімання, які потребують використання пілотованих літаків або вертольотів, безпілотні системи характеризуються значно нижчими витратами на виконання робіт, високою мобільністю та можливістю оперативного проведення знімань на територіях різної площі. Застосування БПЛА особливо ефективно під час створення цифрових топографічних планів населених пунктів, невеликих територіальних громад, будівельних майданчиків та окремих інженерних об'єктів [24].

Сучасний безпілотний літальний комплекс складається з літального апарата, навігаційної системи, цифрової камери або іншого сенсора дистанційного зондування, наземної станції керування та програмного забезпечення для планування польотів. Загальну структуру застосування БПЛА під час створення цифрового топографічного плану наведено на рисунку 2.1.

Однією з головних переваг використання безпілотних літальних апаратів є висока оперативність виконання робіт. Якщо традиційні наземні геодезичні знімання потребують значних трудових ресурсів та тривалого перебування виконавців на місцевості, то БПЛА дозволяють отримати повну інформацію про територію за декілька годин польових робіт. Це особливо актуально для

населених пунктів, де необхідно оперативно оновлювати топографічну основу та здійснювати моніторинг територіального розвитку [25].

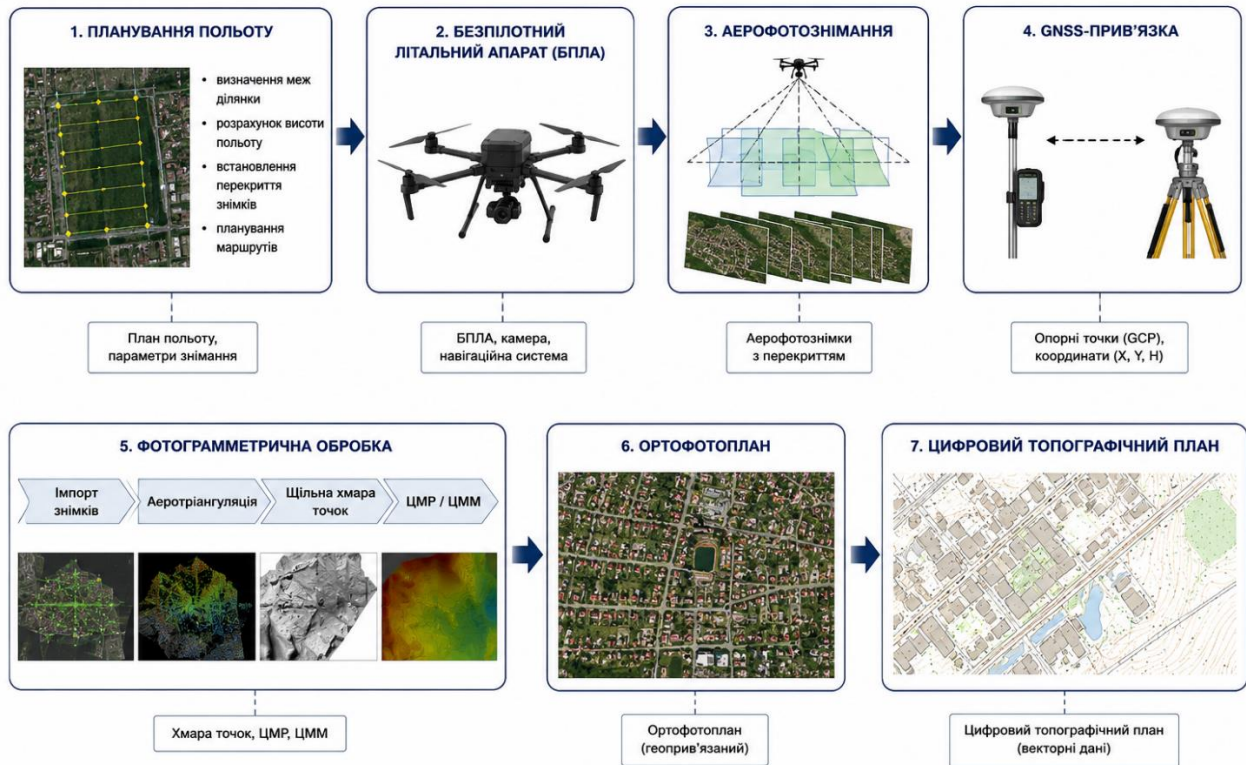


Рисунок 2.1 – Схема використання безпілотних літальних апаратів при створенні цифрового топографічного плану

Важливою перевагою аерофотознімання є можливість отримання зображень надвисокої просторової роздільної здатності. Сучасні цифрові камери, встановлені на безпілотних літальних апаратах, дозволяють отримувати знімки з розміром пікселя від 1 до 5 см на місцевості. Така деталізація забезпечує надійне розпізнавання будівель, споруд, дорожньої мережі, елементів благоустрою, рослинності та інших об'єктів, необхідних для створення цифрового топографічного плану [26].

Під час виконання аерофотознімання особлива увага приділяється плануванню польотів. На цьому етапі визначаються висота польоту, швидкість руху безпілотного літального апарата, параметри поздовжнього та поперечного перекриття знімків, а також розташування маршрутів знімання. Від

правильності вибору зазначених параметрів безпосередньо залежить якість фотограмметричної обробки та точність кінцевої картографічної продукції [27].

Для забезпечення нормативної точності цифрових топографічних планів результати аерофотознімання обов'язково доповнюються геодезичною прив'язкою. З цією метою використовуються GNSS-приймачі та мережі постійно діючих референцних станцій. На території об'єкта закладаються або визначаються опорні точки, координати яких використовуються для орієнтування фотограмметричної моделі та контролю точності результатів обробки [28].

Суттєвою перевагою безпілотних технологій є можливість автоматизованої фотограмметричної обробки отриманих матеріалів. Використовуючи сучасні програмні комплекси, виконавці можуть створювати щільні хмари точок, цифрові моделі рельєфу, цифрові моделі місцевості та ортофотоплани. Надалі ці матеріали використовуються як основа для векторизації ситуації та створення цифрового топографічного плану [29].

Використання БПЛА забезпечує не лише високу точність, але й підвищує безпеку виконання робіт. Багато об'єктів, які раніше вимагали перебування виконавців у важкодоступних або потенційно небезпечних місцях, можуть бути обстежені дистанційно. Це особливо важливо при виконанні робіт у зонах інтенсивної забудови, на транспортних об'єктах, промислових територіях та ділянках зі складним рельєфом [30].

Водночас застосування безпілотних літальних апаратів має певні обмеження. Якість отриманих результатів залежить від погодних умов, рівня освітленості території, характеристик бортового обладнання та кваліфікації операторів. Крім того, польоти БПЛА здійснюються відповідно до вимог чинного законодавства та правил використання повітряного простору України [30].

Особливої ефективності технології аерофотознімання набувають при поєднанні з даними дистанційного зондування Землі. Супутникові знімки забезпечують загальне охоплення території, тоді як безпілотні літальні апарати

дозволяють отримати деталізовану інформацію для окремих ділянок. Така інтеграція даних значно підвищує якість геопросторового забезпечення територій та створює передумови для формування сучасних цифрових топографічних планів [22].

Таким чином, безпілотні літальні апарати є одним із найбільш перспективних інструментів сучасної геодезії та картографії. Їх використання забезпечує оперативне отримання високоточних геопросторових даних, скорочення термінів виконання робіт, зниження витрат та підвищення якості цифрової картографічної продукції, що особливо важливо при створенні цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області.

## 2.2 Технічні характеристики безпілотних літальних апаратів для виконання аерофотознімаль

Ефективність створення цифрових топографічних планів значною мірою залежить від технічних характеристик безпілотних літальних апаратів, які використовуються під час аерофотознімання. Сучасні БПЛА являють собою високотехнологічні комплекси, що поєднують навігаційні системи, цифрові камери, бортові обчислювальні засоби та спеціалізоване програмне забезпечення для автоматичного виконання польотних завдань [23].

На світовому ринку представлена велика кількість виробників безпілотних систем, серед яких найбільшого поширення у сфері геодезії та картографії набули платформи компаній DJI, Parrot, Yuneec, senseFly та Leica Geosystems. В Україні найчастіше використовуються безпілотні комплекси серії DJI Phantom, DJI Mavic, DJI Matrice та DJI Enterprise, які поєднують високу точність позиціонування, надійність та простоту експлуатації [24].

При виборі безпілотного літального апарата для виконання топографо-геодезичних робіт враховується комплекс технічних характеристик, які безпосередньо впливають на якість отриманих результатів. До основних параметрів належать тривалість польоту, максимальна швидкість переміщення,

робоча висота знімання, вантажопідйомність, точність навігаційної системи та характеристики бортового сенсорного обладнання.

Одним із найважливіших показників є автономність польоту. Сучасні професійні квадрокоптери здатні перебувати у повітрі від 25 до 60 хвилин, що дозволяє виконувати аерофотознімання територій площею від декількох десятків до кількох сотень гектарів за один виліт [25].

Не менш важливою характеристикою є точність навігаційного забезпечення. Для виконання великомасштабних топографічних знімків використовуються БПЛА, обладнані двочастотними GNSS-приймачами з підтримкою технологій RTK (Real Time Kinematic) або PPK (Post Processing Kinematic). Застосування цих технологій дозволяє визначати координати центрів фотографування із сантиметровою точністю та значно зменшує кількість необхідних наземних опорних точок [26].

Технологія RTK забезпечує отримання поправок від базової станції або мережі референсних станцій у режимі реального часу. Завдяки цьому координати безпілотного літального апарата уточнюються безпосередньо під час польоту, що дозволяє досягати високої точності просторового позиціонування. Схему використання технології RTK під час аерофотознімання наведено на рисунку 2.2.

Альтернативою RTK є технологія PPK, яка передбачає післяпольотну обробку навігаційних спостережень. У цьому випадку координати центрів фотографування уточнюються після завершення польотів шляхом зрівнювання траєкторії польоту відносно базової станції. Дана технологія особливо ефективна на великих об'єктах або в умовах нестабільного радіозв'язку між базовою станцією та безпілотним літальним апаратом [27].

Особливе значення для якості аерофотознімання мають характеристики цифрових камер. Для створення топографічних планів використовуються камери з великою світлочутливою матрицею, високою роздільною здатністю та якісною оптикою. Сучасні фотограмметричні камери дозволяють отримувати знімки з просторовою роздільною здатністю менше 2–3 см на місцевості, що

повністю задовольняє вимоги до створення топографічних планів масштабів 1:5000–1:1000 [28].

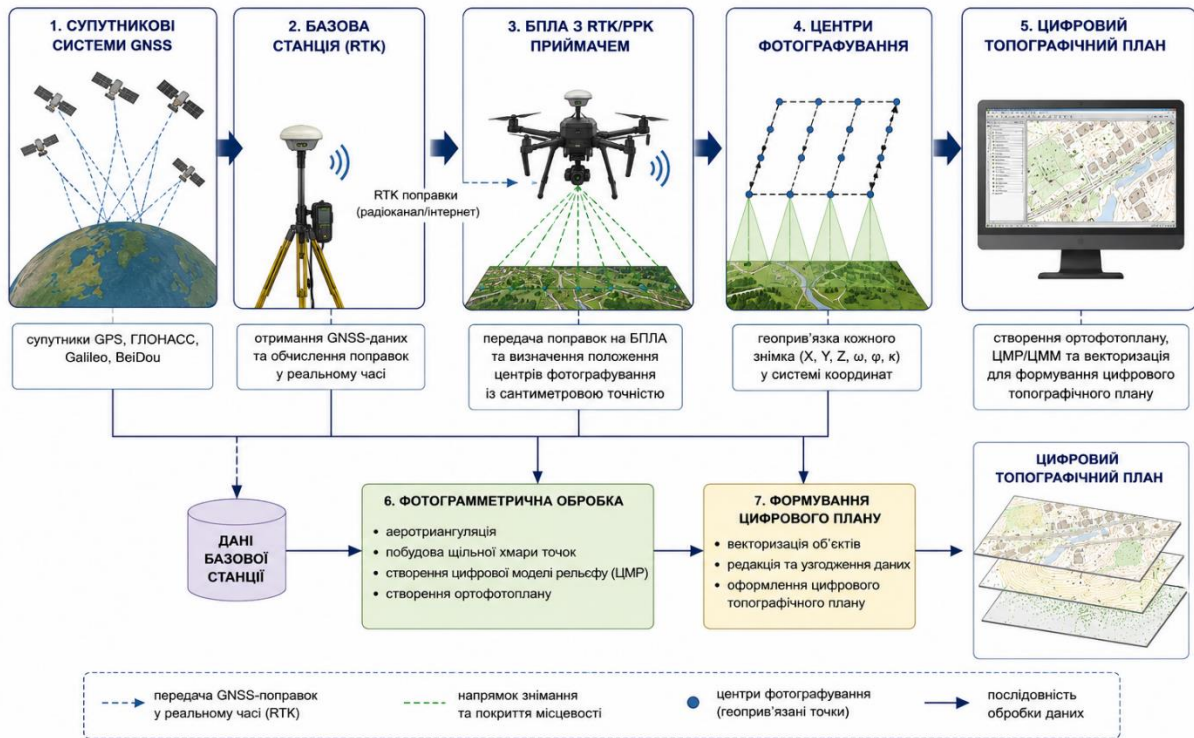


Рисунок 2.2 – Принцип використання RTK-технології при виконанні аерофотознімань з БПЛА

Останніми роками все більшого поширення набуває використання спеціалізованих сенсорів дистанційного зондування Землі. Крім традиційних RGB-камер, на безпілотних літальних апаратах можуть встановлюватися мультиспектральні, тепловізійні та лазерні сканувальні системи. Такі рішення значно розширюють можливості збору геопросторової інформації та дозволяють вирішувати складні інженерні завдання [29].

Однією з найбільш перспективних технологій є використання LiDAR-систем. Лазерне сканування з безпілотних літальних апаратів дозволяє отримувати високоточні тривимірні хмари точок та цифрові моделі місцевості навіть у складних умовах, зокрема на територіях із густою рослинністю або складним рельєфом. Принцип роботи LiDAR базується на вимірюванні часу

проходження лазерного імпульсу від випромінювача до об'єкта та назад, що забезпечує визначення просторових координат із високою точністю [30].

Прикладом сучасного інтегрованого рішення є автономний сканувальний комплекс Leica BLK2FLY, який поєднує функції безпілотного літального апарата та лазерного сканера. Використання подібних систем дозволяє автоматизувати процес збору просторових даних, підвищити продуктивність робіт та отримувати високоточні тривимірні моделі будівель, споруд і територій [11].

Для створення цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області доцільним є використання безпілотних літальних апаратів професійного класу з підтримкою RTK або РРК-позиціонування та цифрових фотограмметричних камер високої роздільної здатності. Такі технічні рішення забезпечують отримання вихідних даних, які відповідають вимогам чинних нормативних документів щодо точності та якості великомасштабного топографічного картографування [22].

Таким чином, сучасні безпілотні літальні апарати є багатофункціональними геодезичними платформами, що поєднують можливості високоточного позиціонування, цифрової фотограмметрії та дистанційного зондування Землі. Їх використання забезпечує ефективне створення цифрових топографічних планів та інших видів геопросторової продукції відповідно до сучасних вимог геодезії та картографії.

### 2.3 Методика проведення камеральної обробки матеріалів аерофотознімань та дистанційного зондування Землі

Камеральна обробка геопросторових даних є одним із найважливіших етапів створення цифрового топографічного плану. Саме на цьому етапі виконується перетворення первинних матеріалів аерофотознімання та дистанційного зондування Землі у структуровану геопросторову інформацію, придатну для подальшого використання у геоінформаційних системах,

містобудівному плануванні та кадастрових роботах. Від якості виконання камеральних робіт безпосередньо залежить точність, повнота та достовірність кінцевого цифрового топографічного плану [13].

Основою камеральної обробки є матеріали аерофотознімання, отримані за допомогою безпілотних літальних апаратів, а також додаткові геопросторові дані, представлені результатами GNSS-вимірювань, супутниковими знімками та архівними картографічними матеріалами. На початковому етапі виконується формування єдиного інформаційного середовища проєкту, що передбачає систематизацію вихідних даних, перевірку їх повноти та оцінку якості отриманих матеріалів.

Після завершення польових робіт здійснюється імпорт аерофотознімків до спеціалізованого фотограмметричного програмного забезпечення. Одночасно завантажуються дані супутникового позиціонування, координати опорних точок та результати геодезичних вимірювань. Перед початком обробки проводиться візуальний контроль якості фотоматеріалів, під час якого виявляються можливі дефекти зображень, зумовлені несприятливими погодними умовами, коливаннями безпілотного літального апарата або технічними особливостями роботи камери [14].

Наступним етапом є фотограмметрична орієнтація знімків. Для цього використовуються алгоритми автоматичного пошуку спільних точок на перекривних фотографіях. У результаті виконується взаємне орієнтування знімків та формується просторова фотограмметрична модель території. Точність орієнтування додатково підвищується шляхом використання координат опорних точок, визначених за допомогою GNSS-технологій [5].

Важливим етапом камеральної обробки є аеротриангуляція, під час якої виконується математичне зрівнювання фотограмметричної мережі. Результатом цього процесу є визначення точного просторового положення кожного аерофотознімка та уточнення координат центрів фотографування. Узагальнену технологічну схему камеральної обробки матеріалів аерофотознімання наведено на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Технологічна схема камеральної обробки матеріалів аерофотознімання та дистанційного зондування Землі

Після завершення аеротриангуляції здійснюється побудова щільної хмари точок. Даний етап передбачає автоматичне визначення просторових координат великої кількості точок земної поверхні та об'єктів місцевості. Сучасні фотограмметричні програмні комплекси дозволяють формувати хмари точок, які містять мільйони просторових елементів та забезпечують детальне відображення рельєфу і ситуації [6].

На основі щільної хмари точок створюється цифрова модель рельєфу (ЦМР) та цифрова модель місцевості (ЦММ). Цифрова модель рельєфу відображає лише поверхню землі без урахування будівель, рослинності та інших надземних об'єктів. Цифрова модель місцевості, навпаки, включає всі елементи ситуації, що знаходяться на території дослідження. Використання цих моделей дозволяє виконувати аналіз рельєфу, визначати ухили поверхні, здійснювати розрахунок об'ємів земляних робіт та створювати горизонталі [47].

Наступним етапом є формування ортофотоплану. Ортотрансформування забезпечує усунення геометричних спотворень, які виникають внаслідок перспективних деформацій, особливостей рельєфу та відхилень положення камери під час польоту. У результаті створюється геометрично коректне зображення території, придатне для проведення вимірювань та подальшого картографування [8].

Створений ортофотоплан використовується як основа для виконання векторизації об'єктів місцевості. У процесі дешифрування виділяються будівлі та споруди, дорожня мережа, гідрографічні об'єкти, інженерні комунікації, межі землекористувань, рослинність та інші елементи ситуації. Для кожного об'єкта формується відповідний векторний шар, який надалі використовується під час створення цифрового топографічного плану [9].

Після завершення векторизації здійснюється контроль якості отриманих результатів. Перевіряється відповідність створених об'єктів фактичному стану місцевості, правильність топологічних зв'язків між елементами плану, повнота атрибутивної інформації та точність координатних визначень. У разі виявлення помилок виконується коригування цифрової моделі та повторна перевірка результатів [10].

Фінальним етапом камеральних робіт є оформлення цифрового топографічного плану відповідно до вимог чинних нормативних документів. На план наносяться умовні позначення, елементи математичної основи, горизонталі, підписи об'єктів та інші картографічні елементи. Готовий матеріал експортується у формати, придатні для використання в геоінформаційних системах, системах автоматизованого проектування та електронних архівах.

Для забезпечення довготривалого зберігання результатів проекту виконується архівування вихідних матеріалів, проміжних результатів обробки та фінальних картографічних продуктів. Крім того, формується технічний звіт, який містить опис застосованих методів, характеристику використаного обладнання, результати оцінки точності та рекомендації щодо подальшого використання створених геопросторових даних [21].

Таким чином, камеральна обробка матеріалів аерофотознімання та дистанційного зондування Землі є складним багатоступеневим процесом, результатом якого є створення високоточного цифрового топографічного плану. Комплексне використання GNSS-технологій, цифрової фотограмметрії, геоінформаційних систем та сучасного програмного забезпечення забезпечує отримання геопросторової інформації, яка відповідає вимогам сучасного

топографічного картографування та може бути використана для потреб землеустрою, містобудування й управління територіальним розвитком смт Котельва Полтавської області.

### 3 СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОГО ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ СМТ КОТЕЛЬВА ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

#### 3.1 Фізико-географічна та просторова характеристика території дослідження

Об'єктом дослідження в даній роботі є територія селища міського типу Котельва Полтавської області, для якої виконується створення цифрового топографічного плану з використанням матеріалів аерофотозніманих та дистанційного зондування Землі. Сmt Котельва є адміністративним центром Котелевської селищної територіальної громади Полтавського району та належить до важливих населених пунктів північно-східної частини Полтавської області. Розташування населеного пункту забезпечує його транспортну доступність та сприяє розвитку житлової забудови, сільськогосподарського виробництва й об'єктів соціальної інфраструктури.

Територія сmt Котельва розташована в межах лісостепової природно-кліматичної зони України та характеризується помірно континентальним кліматом із достатнім рівнем зволоження та сприятливими умовами для ведення сільського господарства. Географічне положення населеного пункту в межах долини річки Ворскла зумовлює різноманітність природних ландшафтів та особливості рельєфу місцевості. Схему розташування Котелевської територіальної громади в межах Полтавської області наведено на рисунку 3.1.

Рельєф території дослідження переважно рівнинний, однак окремі ділянки характеризуються наявністю балок, долин водотоків та локальних форм ерозійного походження. Абсолютні відмітки поверхні змінюються поступово, що створює сприятливі умови для виконання аерофотознімальних робіт та подальшої фотограмметричної обробки матеріалів. Водночас наявність природних нерівностей рельєфу вимагає використання цифрових моделей місцевості та рельєфу під час створення цифрового топографічного плану.



Рисунок 3.1 – Схема розташування Котелевської територіальної громади Полтавської області

Значна частина території населеного пункту представлена житловою забудовою садибного типу, громадськими будівлями, транспортною інфраструктурою та об'єктами інженерного забезпечення. Поряд із забудованими територіями розташовані сільськогосподарські угіддя, лісові масиви, водні об'єкти та рекреаційні зони. Така різноманітність об'єктів місцевості потребує створення актуальної та високоточної топографічної основи для подальшого використання в системах управління територіальним розвитком.

Транспортна мережа населеного пункту представлена автомобільними дорогами місцевого та регіонального значення, які забезпечують зв'язок із сусідніми громадами та районними центрами. Крім того, територія характеризується наявністю розгалуженої мережі інженерних комунікацій, що також підлягають відображенню на цифровому топографічному плані. Схему

розташування смт Котельва та його основних транспортних зв'язків наведено на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Географічне положення смт Котельва та основні транспортні зв'язки

Враховуючи площу території дослідження, різноманітність об'єктів ситуації та необхідність отримання актуальних просторових даних, для виконання топографо-геодезичних робіт було обрано технологію аерофотознімання з використанням безпілотних літальних апаратів. У порівнянні з традиційними наземними методами знімання дана технологія дозволяє суттєво скоротити терміни виконання робіт, забезпечити високу деталізацію зображень та отримати повну інформацію про територію незалежно від особливостей забудови чи наявності важкодоступних ділянок.

Вихідними даними для створення цифрового топографічного плану смт Котельва стали матеріали дистанційного зондування Землі, результати аерофотознімання з безпілотних літальних апаратів, архівні картографічні

матеріали, а також відкриті геопросторові дані. Комплексне використання зазначених джерел дозволило сформувати повну інформаційну основу для подальшого створення цифрової моделі місцевості та цифрового топографічного плану.

На початковому етапі робіт було виконано аналіз наявних картографічних матеріалів та геопросторових даних. Для оцінки сучасного стану території використовувалися супутникові знімки високої просторової роздільної здатності, які дозволили уточнити межі забудови, транспортної мережі та інших об'єктів місцевості. Фрагмент території дослідження за матеріалами дистанційного зондування Землі наведено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Територія виконання топографо-геодезичних робіт за матеріалами дистанційного зондування Землі

Для забезпечення необхідної точності створення цифрового топографічного плану основним джерелом вихідної інформації стали результати аерофотознімання, виконаного за допомогою безпілотного

літального апарата. Отримані аерофотознімки характеризуються високою просторовою роздільною здатністю та дозволяють виконувати детальне дешифрування елементів ситуації, необхідних для формування топографічного плану великого масштабу. Приклад ортофотографічного покриття території дослідження наведено на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Ортофотозображення території смт Котельва, отримане за результатами аерофотознімання

Таким чином, територія смт Котельва характеризується сприятливими умовами для виконання аерофотознімальних робіт та створення цифрового топографічного плану. Використання сучасних технологій дистанційного зондування Землі та безпілотних літальних апаратів дозволяє отримати актуальні та високоточні геопросторові дані, необхідні для подальшого формування цифрової моделі місцевості та розроблення цифрового топографічного плану населеного пункту.

### 3.2 Здійснення аерофотознімальних робіт та отримання вихідних геопросторових даних

Одним із основних етапів створення цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області стало виконання аерофотознімальних робіт із застосуванням безпілотних літальних апаратів. Саме результати аерофотознімання стали основним джерелом вихідної просторової інформації для подальшого створення ортофотоплану, цифрової моделі місцевості та цифрового топографічного плану.

Вибір технології аерофотознімання був обумовлений необхідністю отримання актуальних геопросторових даних для значної за площею території населеного пункту. Традиційні наземні методи топографічного знімання потребували б значних часових та трудових витрат, особливо з урахуванням складної конфігурації забудови, наявності приватних земельних ділянок, інженерної інфраструктури та обмеженого доступу до окремих територій. Застосування безпілотних літальних апаратів дозволило забезпечити швидке покриття всієї території дослідження та отримати високоточні цифрові зображення місцевості.

Аерофотознімання виконувалося відповідно до попередньо розробленого польотного завдання. На підготовчому етапі було здійснено аналіз території дослідження, визначено межі знімання, розраховано параметри польоту та сформовано маршрути руху безпілотного літального апарата. Особлива увага приділялася забезпеченню необхідного поздовжнього та поперечного перекриття аерофотознімків, що є обов'язковою умовою якісної фотограмметричної обробки та створення тривимірної моделі місцевості.

Для виконання аерофотознімальних робіт використовувався безпілотний літальний апарат професійного класу, обладнаний високоточною цифровою камерою та навігаційною системою GNSS. Завдяки автоматизованому режиму польоту забезпечувалося рівномірне покриття території та дотримання запроєктованих параметрів знімання. Схему виконання аерофотознімальних

робіт наведено на рисунку 3.5.

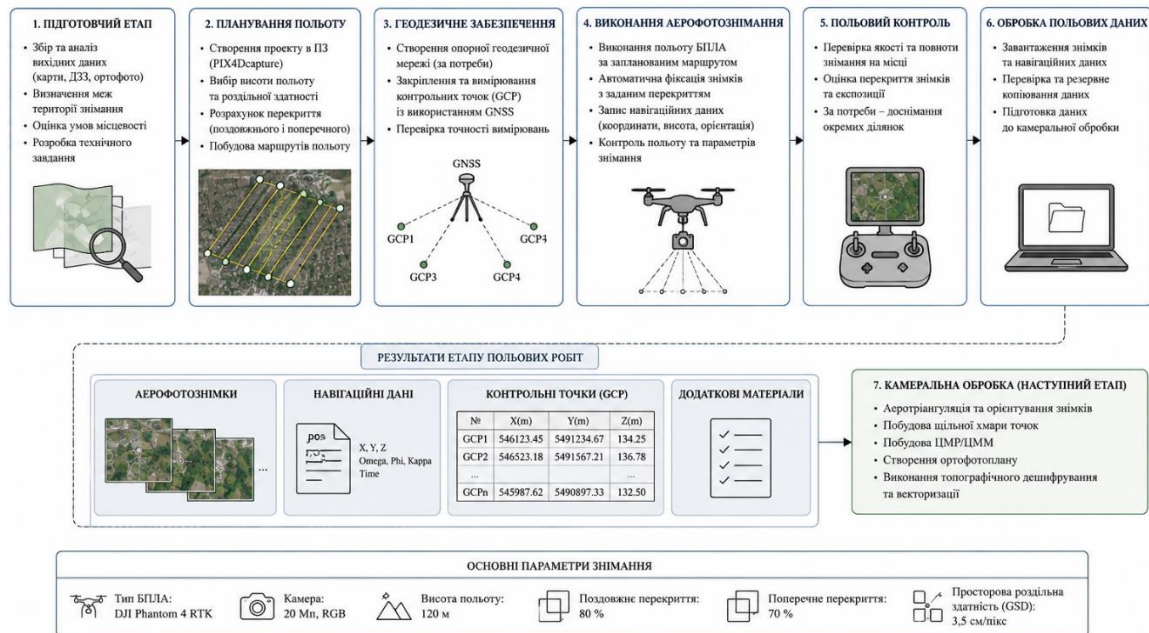


Рисунок 3.5 – Технологічна схема виконання аерофотознімальних робіт на території смт Котельва

Польоти здійснювалися за заздалегідь визначеними маршрутами з використанням спеціалізованого програмного забезпечення для автоматичного керування безпілотним літальним апаратом. У процесі знімання система автоматично фіксувала координати центрів фотографування, висоту польоту, параметри орієнтації камери та інші необхідні навігаційні дані. Такий підхід дозволив забезпечити високу точність просторової прив'язки аерофотознімків та мінімізувати вплив людського фактора на результати вимірювань.

Отримані під час польотів цифрові зображення характеризувалися високою просторовою роздільною здатністю, що дозволило виконувати детальне дешифрування елементів ситуації. На аерофотознімках чітко ідентифікувалися житлові будинки, господарські споруди, транспортна інфраструктура, водні об'єкти, елементи благоустрою та інші об'єкти, необхідні для створення цифрового топографічного плану великого масштабу.

Для забезпечення нормативної точності топографічного плану було

виконано геодезичне забезпечення аерофотознімання. На території дослідження використовувалися контрольні точки, координати яких визначалися із застосуванням GNSS-технологій. Отримані координати використовувалися під час фотограмметричної обробки для контролю якості орієнтування знімків та оцінки точності створеної просторової моделі.

Після завершення польових робіт було сформовано масив вихідних даних, який включав аерофотознімки, навігаційні GNSS-дані, координати контрольних точок та допоміжні картографічні матеріали. Зазначені дані стали основою для подальшої фотограмметричної обробки та створення цифрової моделі місцевості.

Фрагмент результатів аерофотознімання та приклад розміщення контрольних точок на території дослідження наведено на рисунку 3.6.

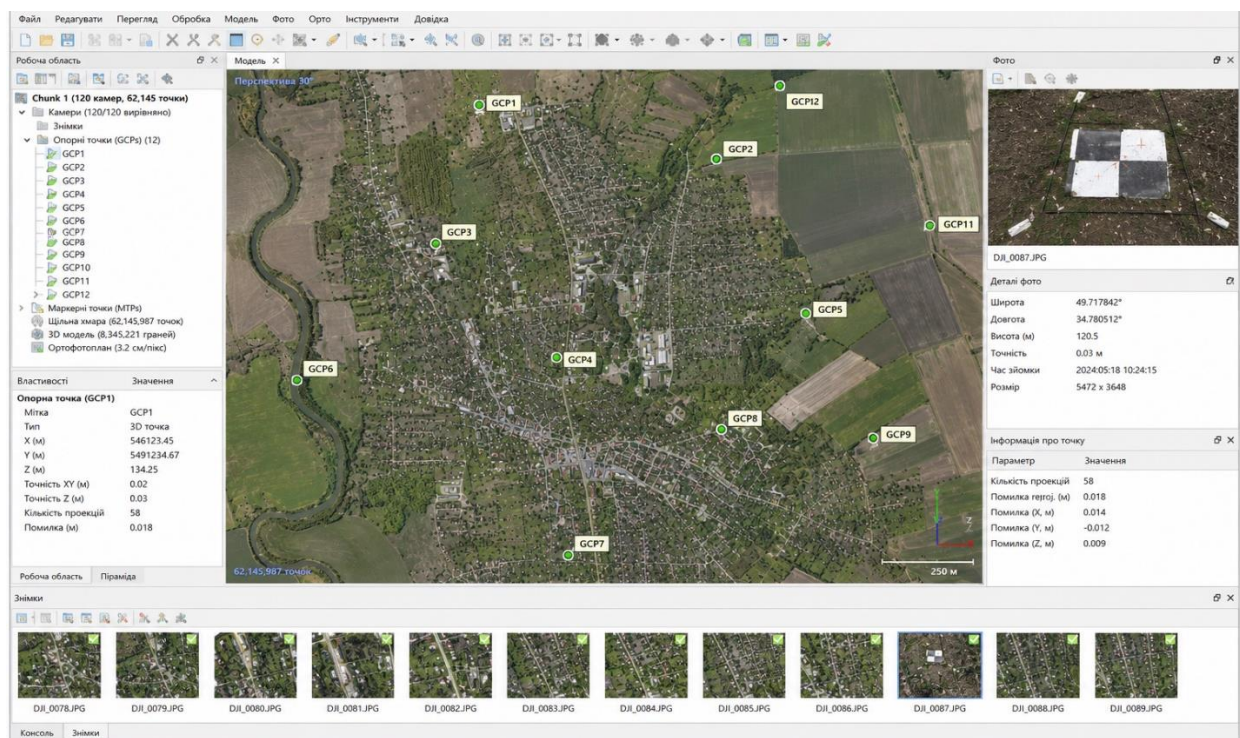


Рисунок 3.6 – Фрагмент результатів аерофотознімання та розташування контрольних точок на території дослідження

Використання безпілотних літальних апаратів дозволило отримати повний набір актуальних геопросторових даних для території смт Котельва та

забезпечило високу якість вихідних матеріалів для подальшого створення цифрової моделі місцевості. Порівняно з традиційними методами топографічного знімання застосування БПЛА забезпечило значне скорочення тривалості польових робіт, підвищення деталізації отриманих матеріалів та оптимізацію витрат на виконання проєкту.

Таким чином, аерофотознімальні роботи стали основою формування цифрової геопросторової бази даних території смт Котельва. Отримані матеріали забезпечили можливість переходу до наступного етапу робіт — фотограмметричної обробки та створення цифрового топографічного плану населеного пункту.

### 3.3 Створення цифрового топографічного плану території смт Котельва

Після завершення польового етапу та отримання матеріалів аерофотознімання було розпочато процес створення цифрового топографічного плану території смт Котельва Полтавської області. Основою для виконання даного етапу стали результати аерофотознімання, дані GNSS-вимірювань, координати контрольних точок та матеріали дистанційного зондування Землі. Комплексне використання зазначених джерел інформації дозволило сформувати високоточну геопросторову основу для подальшого картографування території.

Першим етапом робіт стало планування та підготовка фотограмметричної обробки отриманих матеріалів. Для цього було виконано імпорт аерофотознімків до спеціалізованого програмного забезпечення, здійснено перевірку якості отриманих зображень та аналіз навігаційної інформації, зафіксованої під час польотів безпілотного літального апарата. Особлива увага приділялася контролю перекриття знімків, що є необхідною умовою побудови якісної фотограмметричної моделі території. Фрагмент планування польотного завдання наведено на рисунку 3.7.

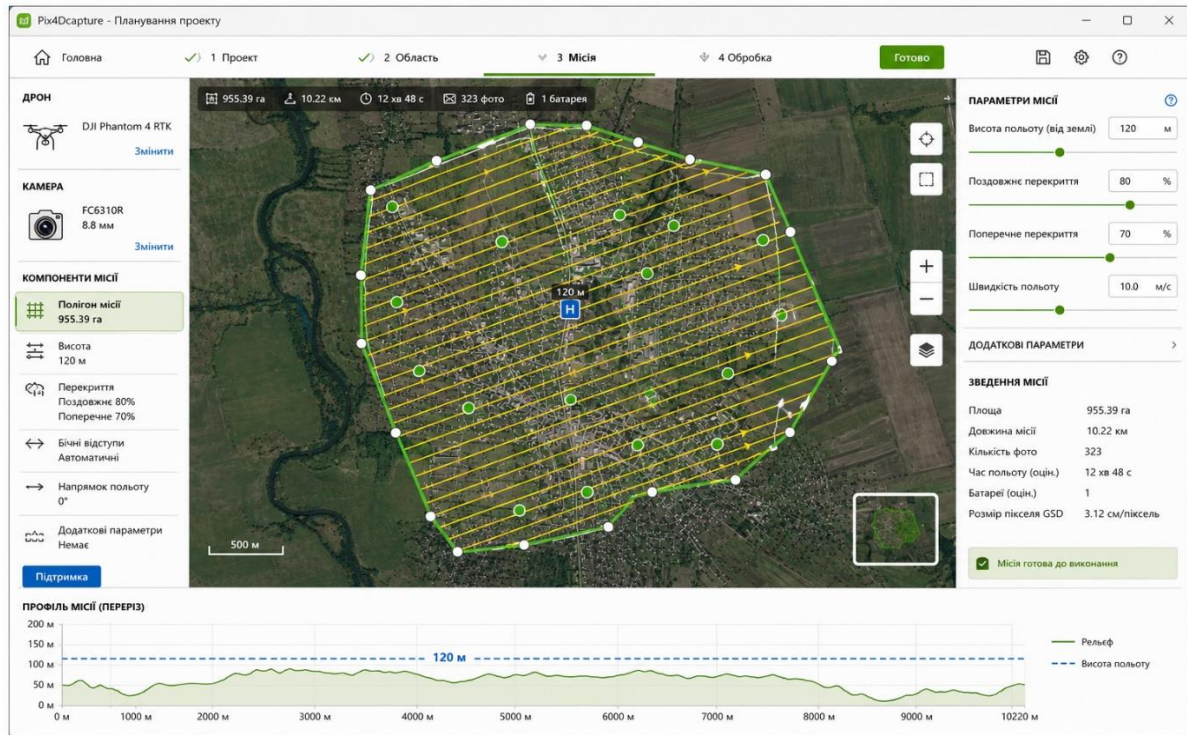


Рисунок 3.7 – Планування маршрутів аерофотознімання в середовищі Pix4D Capture

Наступним етапом стало використання контрольних точок, координати яких були визначені за допомогою GNSS-технологій. Контрольні точки використовувалися для орієнтування фотограмметричної моделі, підвищення точності аеротриангуляції та подальшого контролю якості отриманих результатів. Розташування контрольних точок на території дослідження наведено на рисунку 3.8.

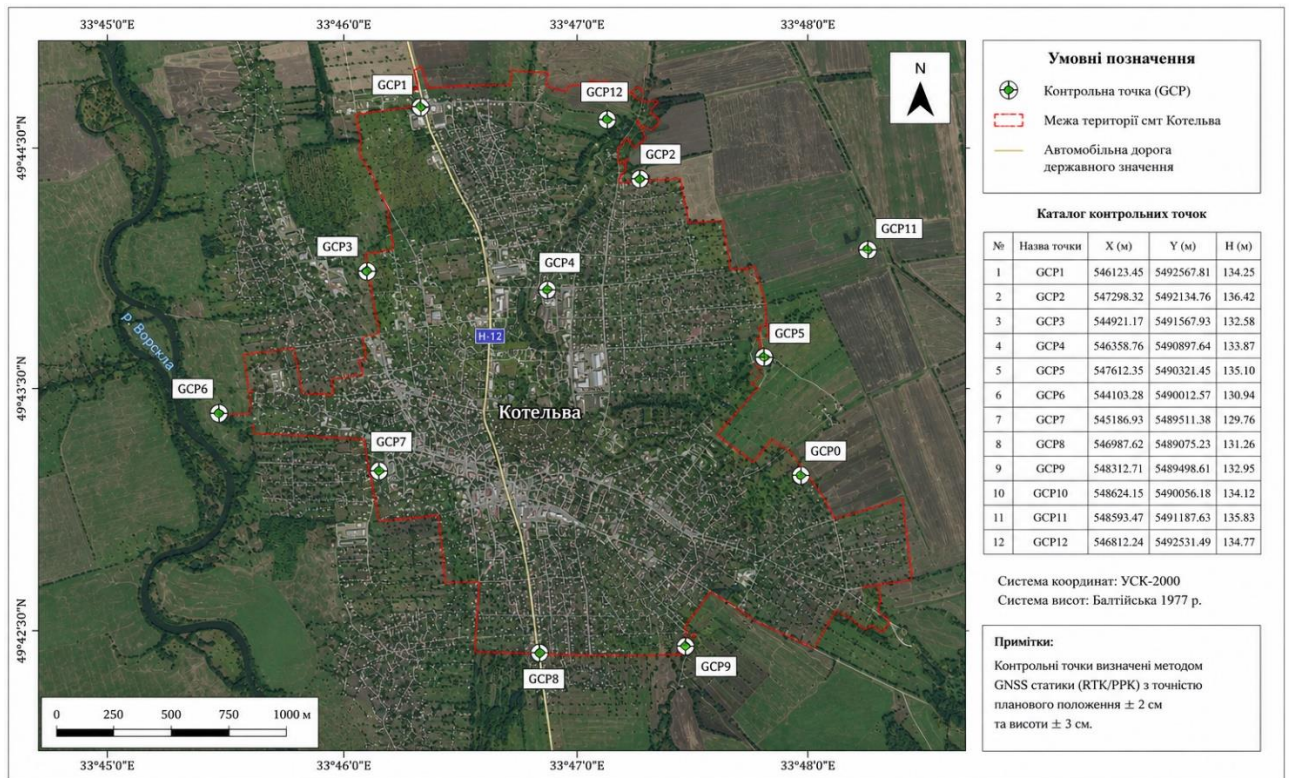


Рисунок 3.8 – Схема розташування контрольних точок на території смт Котельва

Після завантаження координат контрольних точок було виконано процес аеротриангуляції. На даному етапі здійснювалося взаємне орієнтування аерофотознімків, визначення просторового положення камер та математичне зрівнювання фотограмметричної мережі. Для підвищення точності використовувалися результати GNSS-вимірювань та контрольні точки наземного забезпечення. Схему прив'язки аерофотознімків до результатів GNSS-вимірювань наведено на рисунку 3.9.

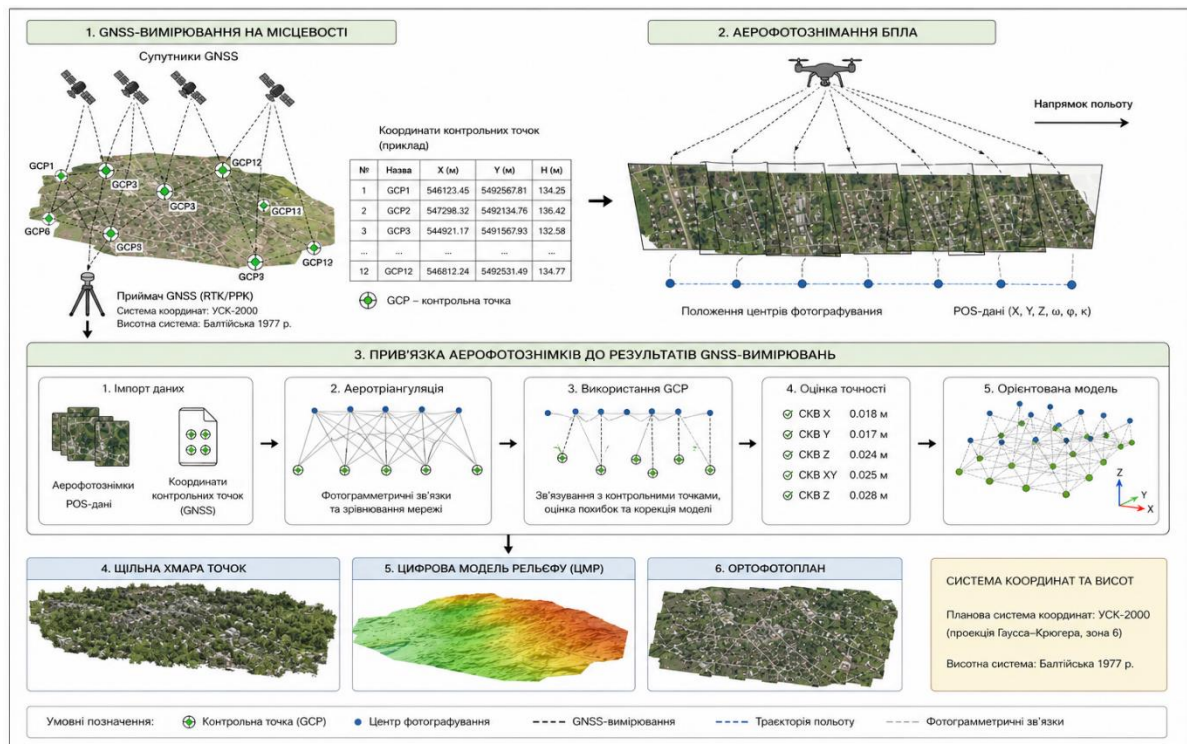


Рисунок 3.9 – Схема прив'язки аерофотознімків до результатів GNSS-вимірювань

Результатом аеротріангуляції стало формування просторово орієнтованої фотограмметричної моделі території. На її основі було побудовано щільну хмару точок, яка містить інформацію про просторове положення мільйонів точок земної поверхні та об'єктів місцевості. Використання щільної хмари точок дозволило сформувати цифрову модель рельєфу та цифрову модель місцевості, необхідні для подальшого створення ортофотоплану та топографічного плану.

Після побудови цифрової моделі місцевості було виконано ортотрансформування аерофотознімків. Дана процедура забезпечила усунення перспективних та рельєфних спотворень, що виникають під час фотографування місцевості. У результаті було створено геометрично коректний ортофотоплан території смт Котельва, який став основою для виконання топографічного дешифрування та векторизації об'єктів.

На наступному етапі проводилося виділення та векторизація основних елементів ситуації. За матеріалами ортофотоплану були оцифровані житлові та

громадські будівлі, дорожня мережа, водні об'єкти, межі землекористувань, елементи благоустрою, рослинність та інші об'єкти місцевості. Приклад фрагмента створеного цифрового топографічного плану наведено на рисунку 3.10.

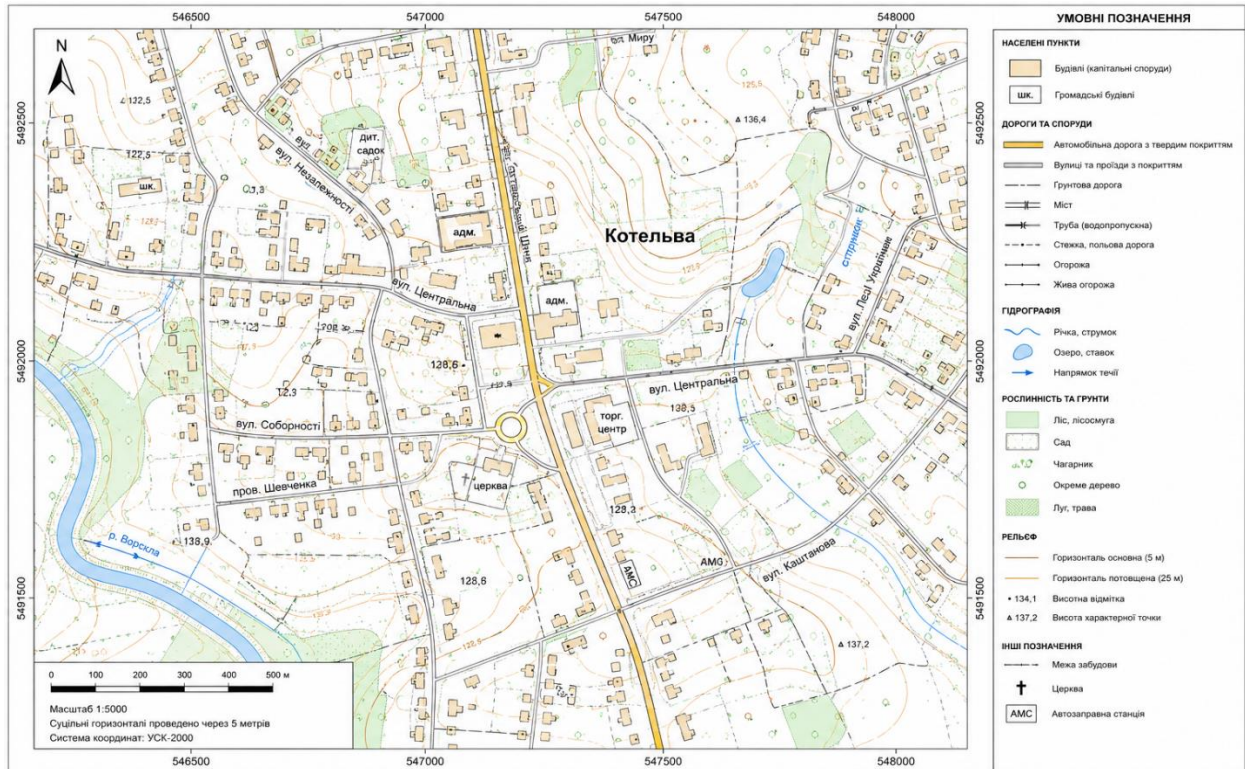


Рисунок 3.10 – Фрагмент цифрового топографічного плану смт Котельва

Для формування картографічної продукції використовувалося спеціалізоване програмне забезпечення Digital, яке дозволяє здійснювати редагування просторових даних, побудову горизонталей, формування умовних позначень та оформлення цифрових топографічних планів відповідно до вимог чинних нормативних документів. Загальний вигляд створеного топографічного плану наведено на рисунку 3.11.



Рисунок 3.11 – Топографічний план території смт Котельва

Особлива увага приділялася відображенню рельєфу місцевості. На основі цифрової моделі рельєфу були побудовані горизонталі, визначені висотні відмітки та сформовано елементи висотної основи плану. Це дозволило отримати повноцінне відображення просторових характеристик території та забезпечити можливість подальшого використання плану для інженерних і проєктних робіт. Кінцевий вигляд цифрового топографічного плану з елементами рельєфу наведено на рисунку 3.12.



Рисунок 3.12 – Кінцевий вигляд цифрового топографічного плану с/мт Котельва

Після завершення графічної частини робіт було виконано створення цифрової геопросторової бази даних. Для цього сформовано окремі класи просторових об'єктів, створено файлову базу геоданих та виконано структурування інформації відповідно до прийнятого класифікатора топографічних об'єктів. Значна увага приділялася наповненню атрибутивної інформації, що дозволяє використовувати цифровий план не лише як графічний документ, але і як основу геоінформаційної системи. Приклад структури атрибутивної бази даних наведено на рисунку 3.13.

**Атрибутивна таблиця цифрової геопросторової бази даних смт Котельва**

1. Будівлі							2. Дорожня мережа								
ID	Тип будівлі	Назва	Площа, кв.м	Матеріал стін	Призначення	Стан	Рік побудови	ID	Тип дороги	Назва вулиці	Покриття	Ширина, м	Довжина, м	Клас	Стан
B001	Житлова	вул. Центральна, 15	2	цегла	житлове	добрий	1985	R001	Автомобільна	вул. Центральна	асфальт	12.0	3200	місцеве	добрий
B002	Громадська	Котельвська ЗОШ І-ІІІ ст.	3	цегла	освітня	добрий	1978	R002	Автомобільна	вул. Соборності	асфальт	10.0	2100	місцеве	добрий
B003	Адміністративна	Селищна рада	2	цегла	адмін.	добрий	1965	R003	Автомобільна	вул. Галарна	цегла	8.0	1800	місцеве	задовільний
B004	Ковалівська	Магазин "АТЕ"	1	метал	торгівля	добрий	2016	R004	Польова	польова дорога	грунт	6.0	4120	гольове	задовільний
B005	Голодовська	Котельва №1	1	цегла	технічне	задовільний	1990	R005	Грива	прое. Швейцарія	асфальт	6.0	450	пріля	добрий

3. Гідрографія							4. Рослиність та ґрунти								
ID	Тип об'єкта	Назва	Тип водотіку	Ширина, м	Площа, га	Берег	Примітка	ID	Тип об'єкта	Вид рослин	Площа, га	Тип рослинності	Щільність	Грунт	Примітка
H001	Річка	р. Ворскла	потоковий	35.0	—	обидва	—	V001	Ліс	листяний	12.45	листяні ліси	середня	чорнозем	—
H002	Струмок	балка Котельвська	тектичний	2.5	—	обидва	порізані	V002	Ліс	урочище	45.30	змішаний	висока	світлі лісові	—
H003	Озеро	стакан №1	статичне	120.0	3.21	—	—	V003	Сад	сад	3.18	плодні дерева	середня	чорнозем	—
H004	Стая	стакан №2	статичне	95.0	2.15	—	—	V004	Луг	луг	18.90	розносортові	висока	лучний	—
H005	Канал	іригаційний канал	штучний	6.0	—	обидва	—	V005	Поле	одні землі	156.75	с.г. культури	—	чорнозем	—

5. Інженерні мережі							Класифікатор об'єктів				
ID	Тип мережі	Матеріал	Діаметр/Глибина	Глибина/Висота	Довжина, м	Призначення	Стан	Будівлі	Дорожня мережа	Гідрографія	Інженерні мережі
U001	Водопровід	ПЕ	110 мм	1.6 м	4250	підземні водопроводи	добрий	1 – Житлові	1 – Автомобільна (вигнестральна)	1 – Річка	1 – Водопровід
U002	Каналізація	ГБК	200 мм	3.0 м	3980	лоткова	добрий	2 – Громадські	2 – Автомобільна (вигнестральна)	2 – Струмок	2 – Каналізація
U003	Газопровід	сталь	159 мм	1.2 м	3130	розподільний	добрий	3 – Адміністративні	3 – Вулиці та проїзди	3 – Озеро	3 – Газопровід
U004	ЛПЕ (110-10 кВ)	СП	10 кВ	8.0 м	2750	електролінійні	добрий	4 – Ковалівські	4 – Польові дороги	4 – Стая	4 – Електромережі
U005	ЛПЕ (110-0.4 кВ)	СП	0.4 кВ	7.0 м	3130	електролінійні	задовільний	5 – Воробинські	5 – Польові дороги	5 – Воноста	5 – Тепломережі
								6 – Голодовські	6 – Мости, шляхопроводи	6 – Канали	6 – Газок
								7 – Інші			

Система координат: УСК-2000 (зона 6)  
 Система висот: Балтицька 1977 р.  
 Умовні позначення типу об'єкта: Будівлі, Дороги, Гідрографія, Рослиність та ґрунти, Інженерні мережі  
 Дата формування БД: 20.05.2024  
 Масштаб плану: 1:10 000

Рисунок 3.13 – Атрибутивна таблиця цифрової геопросторової бази даних

На завершальному етапі було виконано інтеграцію просторових та атрибутивних даних, що дозволило сформуванню єдиної цифрової моделі території. Отримані результати були експортовані у форматі, придатні для використання у сучасних геоінформаційних системах та програмних комплексах просторового аналізу. Фрагмент цифрової геопросторової бази даних наведено на рисунку 3.14.

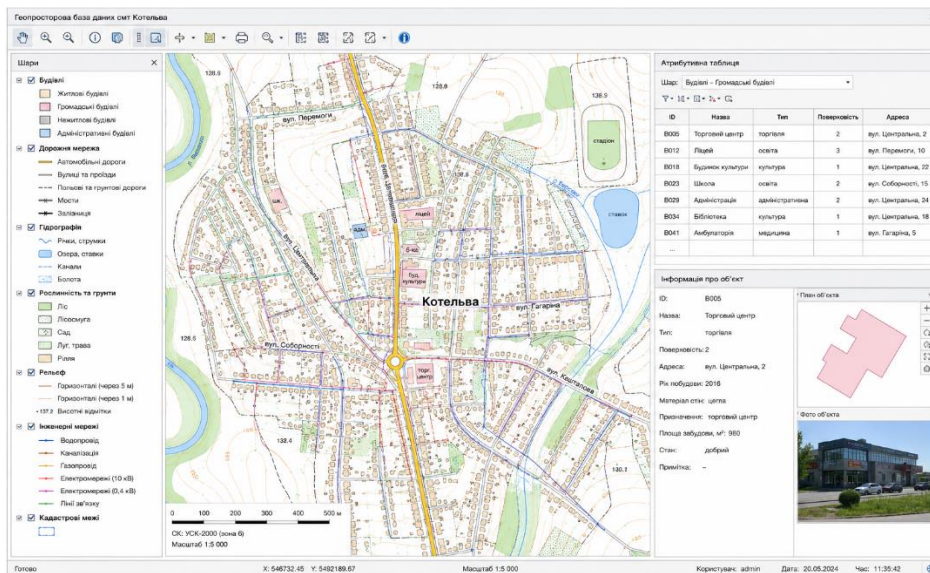


Рисунок 3.14 – Фрагмент цифрової геопросторової бази даних території смт Котельва

Завершальним результатом роботи став цифровий топографічний план смт Котельва, створений на основі матеріалів аерофотознімання та дистанційного зондування Землі. План містить повний набір просторових даних про територію населеного пункту та відповідає вимогам чинних нормативних документів щодо створення великомасштабних топографічних планів. Загальний вигляд створеного цифрового топографічного плану наведено на рисунку 3.15.



Рисунок 3.15 – Цифровий топографічний план смт Котельва масштабу 1:10000

Таким чином, застосування сучасних технологій аерофотознімання, GNSS-позиціонування, цифрової фотограмметрії та геоінформаційних систем дозволило створити актуальний цифровий топографічний план території смт Котельва Полтавської області. Отримана картографічна продукція може використовуватися для ведення містобудівного та земельного кадастрів, проектування інженерних мереж, моніторингу територіального розвитку та вирішення широкого кола завдань просторового планування.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз умов праці під час виконання аерофотознімальних та камеральних робіт

Створення цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області з використанням матеріалів аерофотознімальних та дистанційного зондування Землі передбачає виконання комплексу польових та камеральних робіт, які супроводжуються впливом різноманітних виробничих факторів на працівників. Забезпечення належних умов праці під час виконання геодезичних, фотограмметричних та картографічних робіт є важливою складовою організації виробничого процесу, оскільки безпосередньо впливає на безпеку персоналу, якість отриманих результатів та ефективність виконання поставлених завдань.

Особливістю даного виду діяльності є поєднання польових робіт, що виконуються безпосередньо на території дослідження, та камеральних робіт, які проводяться в офісних приміщеннях із використанням комп'ютерної техніки та спеціалізованого програмного забезпечення. Кожен із зазначених видів робіт характеризується власними виробничими ризиками та потребує відповідних заходів з охорони праці.

Під час виконання аерофотознімальних робіт основними виконавцями є оператор безпілотного літального апарата та спеціалісти, які забезпечують геодезичну прив'язку території шляхом визначення координат контрольних точок. Роботи виконуються на відкритій місцевості та залежать від погодних умов, рельєфу території, наявності транспортної інфраструктури та інших зовнішніх факторів.

Відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» та ДБН А.2.1-1:2014 працівники, які виконують польові топографо-геодезичні роботи, повинні бути забезпечені безпечними умовами праці, необхідними засобами індивідуального захисту та пройти відповідні інструктажі з техніки безпеки.

Особлива увага приділяється роботам, які виконуються на територіях поблизу автомобільних доріг, ліній електропередач, водних об'єктів та інших потенційно небезпечних зон.

Під час проведення аерофотознімання із застосуванням безпілотних літальних апаратів основними небезпечними факторами є ризик втрати керування літальним апаратом, можливість падіння дрона, вплив електромагнітних завад на навігаційне обладнання, а також небезпека контакту з обертовими елементами пропелерів. Для мінімізації таких ризиків оператор повинен виконувати передпольотний контроль технічного стану обладнання, перевіряти заряд акумуляторів, працездатність систем навігації та зв'язку, а також оцінювати безпечність району польотів.

Особливе значення має врахування метеорологічних умов під час виконання аерофотознімання. Сильний вітер, атмосферні опади, туман або недостатня видимість можуть призвести до погіршення якості знімання та створити додаткові небезпеки для експлуатації безпілотного літального апарата. Тому виконання польотів допускається лише за сприятливих погодних умов та відповідно до технічних характеристик використовуваного обладнання.

Під час геодезичного забезпечення аерофотознімання працівники виконують встановлення та визначення координат контрольних точок на місцевості. Такі роботи часто супроводжуються тривалим перебуванням на відкритому повітрі, що може викликати вплив підвищеної або зниженої температури, сонячного випромінювання, опадів та інших природних факторів. Для захисту працівників використовуються спеціальний одяг, головні убори, засоби захисту від ультрафіолетового випромінювання та інші засоби індивідуального захисту.

Під час виконання польових робіт на території населених пунктів додатковими джерелами небезпеки можуть бути транспортні засоби, будівельна техніка, інженерні споруди та об'єкти інфраструктури. Саме тому маршрути пересування виконавців повинні плануватися заздалегідь з урахуванням

можливих небезпечних ділянок та шляхів евакуації у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Значну частину часу під час реалізації проєкту займають камеральні роботи, які включають фотограмметричну обробку аерофотознімків, створення цифрових моделей місцевості, формування ортофотопланів та розроблення цифрового топографічного плану. Такі роботи виконуються із застосуванням персональних комп'ютерів, графічних станцій та спеціалізованого програмного забезпечення.

Основними шкідливими факторами під час камеральної обробки даних є тривале статичне навантаження, напруження органів зору, недостатня рухова активність, психоемоційне навантаження та вплив електромагнітних полів від комп'ютерної техніки. Тривала робота за монітором може призводити до зорового стомлення, головного болю, порушення постави та зниження працездатності.

Відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 робочі місця користувачів персональних електронно-обчислювальних машин повинні бути обладнані таким чином, щоб забезпечувати ергономічні умови праці. Монітор повинен розташовуватися на відстані 60–70 см від очей користувача, верхня межа екрана повинна знаходитися на рівні очей або трохи нижче. Робочий стіл і крісло повинні забезпечувати правильне положення тіла працівника та можливість зміни робочої пози протягом робочого дня.

Особливу увагу під час організації камеральних робіт необхідно приділяти параметрам мікроклімату приміщення. Температура повітря повинна підтримуватися в межах 22–24 °С у холодний період року та 23–25 °С у теплий період року. Відносна вологість повітря повинна становити 40–60 %, а швидкість руху повітря не перевищувати нормативних значень. Недотримання зазначених параметрів може негативно впливати на самопочуття працівників та якість виконуваних робіт.

Важливим фактором забезпечення безпечних умов праці є організація освітлення робочих приміщень. Під час роботи з цифровими картографічними

матеріалами та фотограмметричними моделями необхідне якісне комбіноване освітлення, яке поєднує природне та штучне світло. Рівень освітленості робочої поверхні повинен відповідати вимогам чинних будівельних норм та забезпечувати комфортне сприйняття графічної інформації.

У процесі створення цифрового топографічного плану значна кількість операцій виконується у спеціалізованих програмних середовищах, таких як Pix4D, QGIS, ArcGIS та Digitals. Робота з великими обсягами геопросторових даних потребує високої концентрації уваги та тривалого аналізу інформації, що створює додаткове психоемоційне навантаження на виконавців. Для профілактики перевтоми рекомендується дотримуватися раціонального режиму праці та відпочинку, передбачати технологічні перерви та чергування різних видів діяльності.

Сучасні умови виконання геодезичних робіт в Україні додатково вимагають врахування факторів безпеки, пов'язаних із воєнним станом. Перед виконанням польових робіт необхідно перевіряти інформацію щодо можливих обмежень доступу до території, наявності потенційно небезпечних об'єктів, а також дотримуватися вимог органів місцевої влади та цивільного захисту. Особливої актуальності набуває використання засобів зв'язку та систем оперативного оповіщення персоналу.

Отже, аналіз умов праці під час виконання аерофотознімальних та камеральних робіт свідчить про наявність комплексу виробничих факторів, які можуть впливати на безпеку та здоров'я працівників. Дотримання вимог чинного законодавства з охорони праці, застосування сучасних засобів індивідуального захисту, правильна організація робочих місць та виконання профілактичних заходів дозволяють мінімізувати виробничі ризики та забезпечити безпечне виконання робіт зі створення цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області.

#### 4.2 Заходи з охорони праці та виробничої безпеки під час використання БПЛА та комп'ютерної техніки

Безпечне виконання робіт зі створення цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області потребує впровадження комплексу організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на зниження рівня виробничих ризиків. Особливістю даного виду діяльності є поєднання польових аерофотознімальних робіт із застосуванням безпілотних літальних апаратів та тривалих камеральних робіт, пов'язаних із використанням комп'ютерної техніки і спеціалізованого програмного забезпечення. Саме тому система охорони праці повинна охоплювати всі етапи виробничого процесу та забезпечувати безпечні умови праці для персоналу.

Одним із головних напрямів забезпечення виробничої безпеки є правильна організація виконання аерофотознімальних робіт. Перед початком польотів безпілотного літального апарата необхідно провести комплекс підготовчих заходів, які включають перевірку технічного стану обладнання, оцінку району виконання робіт, аналіз метеорологічних умов та уточнення маршруту польоту. Відповідальність за безпечну експлуатацію безпілотного літального апарата покладається на оператора, який повинен пройти відповідну підготовку та володіти практичними навичками керування літальним апаратом.

Перед виконанням польоту здійснюється перевірка стану акумуляторних батарей, пропелерів, навігаційної системи, камери та засобів зв'язку. Особлива увага приділяється оцінці надійності кріплення конструктивних елементів безпілотного літального апарата, оскільки навіть незначні пошкодження можуть призвести до аварійної ситуації під час польоту. Також перевіряється працездатність програмного забезпечення та правильність завантаження польотного завдання.

Під час експлуатації БПЛА необхідно дотримуватися вимог авіаційної безпеки та чинного законодавства щодо використання повітряного простору. Польоти повинні виконуватися лише в дозволених районах із дотриманням

встановлених обмежень щодо висоти польоту та безпечної відстані від людей, транспортних засобів, будівель та інженерних споруд. Забороняється виконання польотів поблизу ліній електропередач, аеродромів, об'єктів критичної інфраструктури та інших потенційно небезпечних зон без відповідних погоджень.

Одним із найважливіших заходів виробничої безпеки є організація безпечної зони запуску та посадки безпілотного літального апарата. Майданчик для виконання польотів повинен бути рівним, очищеним від сторонніх предметів та достатньо віддаленим від місць перебування людей. Під час запуску та посадки стороннім особам забороняється перебувати в зоні роботи БПЛА. Оператор повинен контролювати безпечність виконання маневрів та бути готовим до екстреного припинення польоту в разі виникнення небезпечної ситуації.

Для захисту працівників під час польових робіт використовуються засоби індивідуального захисту. До них належать сигнальні жилети підвищеної видимості, захисні головні убори, захисне взуття, рукавички та засоби захисту органів зору від сонячного випромінювання. При виконанні робіт поблизу автомобільних доріг обов'язковим є використання світловідбивних елементів на одязі працівників.

Окремим напрямом забезпечення безпеки є організація роботи з акумуляторними батареями безпілотних літальних апаратів. Літій-полімерні акумулятори характеризуються високою енергоємністю, але потребують дотримання спеціальних правил експлуатації. Заряджання акумуляторів повинно виконуватися лише штатними зарядними пристроями в спеціально обладнаних місцях. Забороняється використовувати пошкоджені акумулятори, а також залишати їх без нагляду під час заряджання.

Важливою складовою охорони праці є забезпечення пожежної безпеки під час роботи з електронним обладнанням. Приміщення, де здійснюється зберігання та заряджання акумуляторних батарей, повинні бути оснащені первинними засобами пожежогасіння, зокрема вуглекислотними або

порошковими вогнегасниками. Працівники повинні бути ознайомлені з порядком дій у разі виникнення займання та місцями розташування засобів пожежогасіння.

Не менш важливими є заходи охорони праці під час виконання камеральних робіт. Створення цифрових топографічних планів передбачає тривалу роботу за комп'ютером, що може негативно впливати на організм працівника. Саме тому організація робочого місця повинна відповідати вимогам ергономіки та санітарно-гігієнічним нормам.

Робоче місце оператора комп'ютерної техніки повинно бути обладнане сучасними моніторами з високою роздільною здатністю та низьким рівнем мерехтіння. Екран монітора необхідно розташовувати таким чином, щоб уникнути появи відблисків від джерел природного або штучного освітлення. Відстань від очей користувача до екрана повинна становити приблизно 60–70 см.

Важливе значення має правильний вибір робочих меблів. Робочий стіл повинен забезпечувати достатню площу для розміщення монітора, клавіатури, графічних матеріалів та допоміжного обладнання. Робоче крісло має бути регульованим за висотою та кутом нахилу спинки, що дозволяє підтримувати правильне положення хребта та зменшувати статичне навантаження на опорно-руховий апарат.

Під час виконання фотограмметричних та картографічних робіт рекомендується дотримуватися режиму праці та відпочинку. Для профілактики перевтоми через кожні 50–60 хвилин роботи необхідно робити короткі перерви тривалістю 5–10 хвилин. У цей час доцільно виконувати вправи для очей, змінювати положення тіла та здійснювати нетривалі фізичні навантаження.

Значну роль у забезпеченні безпечних умов праці відіграє мікроклімат приміщення. Температура повітря повинна підтримуватися на комфортному рівні, а система вентиляції має забезпечувати достатній повітрообмін. Підвищена температура, недостатня вологість або погана вентиляція можуть призводити до швидкої втоми працівників та зниження їх працездатності.

Особливу увагу слід приділяти електробезпеці. Усі комп'ютери, монітори, серверне обладнання та периферійні пристрої повинні бути підключені через справні електромережі із захисним заземленням. Забороняється експлуатація обладнання з пошкодженими кабелями живлення або несправними розетками. Персонал повинен проходити інструктаж з правил безпечної роботи з електрообладнанням та знати порядок надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

Сучасні геоінформаційні системи та фотограмметричні комплекси використовують великі обсяги даних, що потребує надійного функціонування комп'ютерної інфраструктури. Для запобігання втраті інформації необхідно регулярно виконувати резервне копіювання результатів обробки та використовувати системи безперебійного живлення. Такі заходи не лише підвищують надійність виконання робіт, але й забезпечують безпеку виробничого процесу.

Важливим організаційним заходом є проведення інструктажів з охорони праці. Працівники повинні проходити вступний, первинний та періодичний інструктажі, під час яких ознайомлюються з потенційними небезпеками, правилами безпечної роботи та діями у випадку аварійних ситуацій. Належний рівень підготовки персоналу є одним із головних чинників запобігання виробничому травматизму.

Таким чином, забезпечення охорони праці та виробничої безпеки під час використання безпілотних літальних апаратів і комп'ютерної техніки базується на комплексному підході, який поєднує організаційні, технічні та санітарно-гігієнічні заходи. Дотримання вимог безпеки під час виконання польових і камеральних робіт дозволяє мінімізувати професійні ризики, забезпечити збереження здоров'я працівників та створити необхідні умови для якісного виконання робіт зі створення цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області.

#### 4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях та цивільний захист під час виконання топографо-геодезичних робіт

У сучасних умовах питання забезпечення безпеки працівників під час виконання топографо-геодезичних робіт набуває особливої актуальності. Роботи зі створення цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області передбачають виконання польових та камеральних етапів, кожен з яких може супроводжуватися виникненням надзвичайних ситуацій природного, техногенного або воєнного характеру. Тому організація цивільного захисту та підготовка персоналу до дій в умовах надзвичайних ситуацій є обов'язковою складовою системи безпеки праці.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України надзвичайною ситуацією вважається порушення нормальних умов життєдіяльності населення внаслідок аварії, катастрофи, стихійного лиха, пожежі, епідемії, застосування засобів ураження або іншої небезпечної події, що може призвести до загибелі людей, значних матеріальних втрат чи негативного впливу на довкілля. У процесі виконання топографо-геодезичних робіт працівники можуть опинитися під впливом різних небезпечних факторів, тому повинні бути підготовленими до оперативного реагування на подібні події.

Під час виконання польових робіт на території населеного пункту найбільш імовірними є надзвичайні ситуації природного характеру. До них належать сильні грози, шквальні вітри, град, зливи, підтоплення територій, аномально високі або низькі температури повітря. Використання безпілотних літальних апаратів особливо чутливе до несприятливих погодних умов, тому перед початком польотів необхідно здійснювати моніторинг метеорологічної обстановки та аналізувати прогнози погоди.

При виникненні грози або різкому погіршенні погодних умов усі польоти безпілотних літальних апаратів повинні бути негайно припинені. Працівники мають залишити відкриту місцевість і переміститися до безпечного укриття. Особливу небезпеку становлять роботи поблизу високих дерев, металевих

конструкцій та ліній електропередач, які можуть виступати природними блискавкоприймачами. У разі неможливості швидко дістатися укриття персонал повинен дотримуватися правил поведінки під час грози та уникати перебування на підвищених ділянках місцевості.

Одним із можливих джерел небезпеки є виникнення пожеж. Під час польових робіт пожежі можуть виникати внаслідок займання сухої рослинності, короткого замикання електрообладнання або неправильного поводження з акумуляторними батареями безпілотних літальних апаратів. Для мінімізації ризику виникнення пожеж працівники повинні дотримуватися правил пожежної безпеки, не використовувати пошкоджене обладнання та мати доступ до первинних засобів пожежогасіння.

У разі виявлення пожежі працівник зобов'язаний негайно повідомити відповідні служби за номером 101, попередити інших членів бригади про небезпеку та вжити заходів щодо локалізації загоряння, якщо це не створює загрози для життя та здоров'я людей. При неможливості самостійного гасіння необхідно організувати евакуацію персоналу до безпечної зони та забезпечити зустріч пожежно-рятувальних підрозділів.

Особливу увагу під час виконання геодезичних робіт слід приділяти техногенним надзвичайним ситуаціям. До них належать аварії на транспорті, пошкодження інженерних мереж, аварії на об'єктах енергетики, витіки небезпечних речовин та інші події, які можуть становити загрозу для працівників. При виконанні робіт поблизу автомобільних доріг необхідно враховувати ризик дорожньо-транспортних пригод, а під час робіт у межах населеного пункту — можливість аварій на комунальних мережах.

У разі виявлення пошкоджених газопроводів, електричних кабелів або інших інженерних комунікацій роботи повинні бути негайно припинені. Персонал має відійти на безпечну відстань та повідомити відповідні аварійні служби. Самостійне втручання в роботу інженерних мереж категорично забороняється.

Сучасні умови виконання робіт в Україні потребують врахування ризиків, пов'язаних із воєнним станом. Незважаючи на те, що Полтавська область знаходиться відносно далеко від лінії бойових дій, існує потенційна загроза повітряних атак та інших небезпечних подій воєнного характеру. Тому під час організації робіт необхідно враховувати сигнали цивільного захисту та порядок дій під час оголошення повітряної тривоги.

Перед початком польових робіт керівник бригади повинен визначити найближчі захисні споруди цивільного захисту, укриття або інші безпечні місця, до яких працівники можуть оперативно евакуюватися. Усі члени бригади повинні бути ознайомлені з маршрутами евакуації та порядком дій у разі надзвичайної ситуації.

При отриманні сигналу «Повітряна тривога» всі польові роботи негайно припиняються. Безпілотний літальний апарат за можливості переводиться в режим аварійної посадки або повернення до точки старту. Після цього працівники повинні організовано переміститися до найближчого укриття та перебувати там до офіційного сигналу про відбій повітряної тривоги.

Важливою складовою цивільного захисту є забезпечення працівників засобами зв'язку та оперативного інформування. Для цього використовуються мобільні телефони, радіостанції, системи оповіщення та офіційні мобільні додатки цивільного захисту. Наявність стабільного зв'язку дозволяє своєчасно отримувати інформацію про потенційні загрози та координувати дії персоналу.

Особливе значення має підготовка працівників до надання домедичної допомоги. Під час виконання топографо-геодезичних робіт можливі випадки травмування внаслідок падінь, теплових ударів, ураження електричним струмом або інших нещасних випадків. Усі члени бригади повинні знати основні правила надання домедичної допомоги та вміти користуватися аптечкою першої допомоги.

Аптечка повинна містити перев'язувальні матеріали, антисептичні засоби, джгут для зупинки кровотечі, засоби для надання допомоги при опіках та інші необхідні медичні препарати. Крім того, працівники повинні володіти

інформацією про номери екстрених служб та порядок виклику швидкої медичної допомоги.

Для підвищення рівня безпеки під час виконання робіт рекомендується проводити регулярні інструктажі та навчання персоналу щодо дій у надзвичайних ситуаціях. Практичне відпрацювання алгоритмів евакуації, користування засобами пожежогасіння та надання домедичної допомоги дозволяє суттєво знизити ризики виникнення тяжких наслідків у разі реальної небезпеки.

Важливим елементом системи цивільного захисту є також забезпечення збереження геопросторових даних та результатів виконаних робіт. У сучасних умовах значна частина інформації зберігається в цифровому вигляді, тому необхідно регулярно виконувати резервне копіювання матеріалів аерофотознімання, цифрових моделей місцевості та топографічних планів. Резервні копії повинні зберігатися на незалежних носіях інформації або в захищених хмарних сховищах.

Таким чином, забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях під час виконання топографо-геодезичних робіт є важливою складовою загальної системи охорони праці. Виконання вимог цивільного захисту, своєчасне реагування на потенційні загрози, належна підготовка персоналу та використання сучасних засобів оповіщення дозволяють мінімізувати ризики для життя і здоров'я працівників. Реалізація комплексу організаційних і технічних заходів забезпечує безпечне виконання робіт зі створення цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області навіть в умовах підвищеного рівня небезпеки та сприяє збереженню безперервності виробничого процесу.

## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі виконано створення цифрового топографічного плану смт Котельва Полтавської області з використанням матеріалів аерофотознімань та дистанційного зондування Землі. У процесі дослідження було розглянуто сучасні технології збору, обробки та аналізу геопросторових даних, а також визначено їх практичне значення для створення актуальної картографічної продукції.

Проаналізовано теоретичні основи виконання топографо-геодезичних робіт та створення цифрових топографічних планів. Проведено аналіз сучасних методів геодезичних вишукувань, особливостей застосування аерофотознімання та безпілотних літальних апаратів у геодезії. Встановлено, що використання технологій дистанційного зондування Землі та безпілотних літальних систем є одним із найбільш ефективних напрямів отримання актуальної геопросторової інформації для потреб землеустрою, містобудування та управління територіальним розвитком. Також досліджено нормативно-правове забезпечення виконання топографо-геодезичних робіт в Україні та визначено основні вимоги до створення цифрових топографічних планів.

Розглянуто технологічне забезпечення процесу створення цифрового топографічного плану. Проаналізовано особливості застосування безпілотних літальних апаратів для виконання аерофотознімання, наведено характеристику сучасних платформ та навігаційних технологій RTK і PPK, що використовуються для забезпечення високої точності визначення координат. Окрему увагу приділено методиці камеральної обробки матеріалів аерофотознімання та дистанційного зондування Землі. Встановлено, що комплексне використання GNSS-технологій, цифрової фотограмметрії та геоінформаційних систем забезпечує отримання високоякісних геопросторових даних, придатних для створення цифрових топографічних планів великого масштабу.

Виконано практичну реалізацію поставленої мети дослідження. Проведено аналіз фізико-географічних та просторових особливостей території смт Котельва Полтавської області. На основі матеріалів аерофотознімання та даних дистанційного зондування Землі сформовано фотограмметричну модель території, виконано побудову ортофотоплану, цифрової моделі рельєфу та цифрової моделі місцевості. За результатами дешифрування та векторизації створено цифровий топографічний план населеного пункту, що містить інформацію про забудову, транспортну мережу, гідрографію, рослинність, інженерні комунікації та інші об'єкти місцевості.

У процесі виконання роботи сформовано цифрову геопросторову базу даних території смт Котельва, яка поєднує просторову та атрибутивну інформацію про об'єкти місцевості. Створена база даних забезпечує можливість подальшого використання результатів у геоінформаційних системах, системах автоматизованого проєктування, земельному та містобудівному кадастрах.

Використання аерофотознімання з безпілотних літальних апаратів дозволило значно скоротити тривалість польових робіт порівняно з традиційними методами топографічного знімання, забезпечити високу деталізацію матеріалів та отримати актуальну інформацію про територію дослідження. Застосування сучасних фотограмметричних технологій дало змогу автоматизувати значну частину процесів обробки даних і підвищити ефективність створення цифрової картографічної продукції.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання створеного цифрового топографічного плану для розроблення містобудівної документації, проєктування інженерних мереж, ведення земельного кадастру, моніторингу змін території, управління земельними ресурсами та прийняття управлінських рішень на рівні територіальної громади.

Отже, поставлена мета бакалаврської роботи досягнута повністю. У результаті проведених досліджень та практичних робіт створено цифровий топографічний план смт Котельва Полтавської області на основі матеріалів аерофотознімань та дистанційного зондування Землі, який відповідає сучасним вимогам до точності, повноти та актуальності геопросторових даних і може бути використаний як ефективна інформаційна основа для вирішення широкого кола прикладних завдань територіального розвитку.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» від 23.12.1998 р. № 353-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14>
2. Закон України «Про землеустрій» від 22.05.2003 р. № 858-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15>
3. Закон України «Про Державний земельний кадастр» від 07.07.2011 р. № 3613-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17>
4. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» від 17.02.2011 р. № 3038-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>
5. ДБН А.2.1-1:2014. Інженерні вишукування для будівництва. Київ : Мінрегіон України, 2014. 126 с.
6. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000–1:500 (ГКНТА-2.04-02-98). Київ : Укргеодезкартографія, 1999. 155 с.
7. Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. Київ : Укргеодезкартографія, 1994. 54 с.
8. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 509 від 02.12.2016 р. «Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16>
9. Постанова Кабінету Міністрів України від 25.05.2011 р. № 559 «Про містобудівний кадастр». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/559-2011-п>
10. Перович Л. М., Губар Ю. П. Кадастр територій : підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. 264 с.
11. Тревого І. С., Перій С. С. Геодезія : підручник. Львів : Львівська політехніка, 2018. 540 с.
12. Шевченко Т. Г., Мороз О. І. Основи фотограмметрії : навчальний посібник. Київ : КНУБА, 2020. 278 с.
13. Лященко А. А., Шевченко В. О. Геоінформаційні системи в кадастрових технологіях : навчальний посібник. Київ : НАУ, 2021. 312 с.

14. Burrough P. A., McDonnell R. A. Principles of Geographical Information Systems. Oxford : Oxford University Press, 2015. 429 p.
15. Lillesand T., Kiefer R., Chipman J. Remote Sensing and Image Interpretation. 7th ed. New York : Wiley, 2015. 756 p.
16. Wolf P. R., Dewitt B. A., Wilkinson B. E. Elements of Photogrammetry with Applications in GIS. New York : McGraw-Hill, 2014. 624 p.
17. Aber J. S., Marzloff I., Ries J. Small-Format Aerial Photography and UAS Imagery. Amsterdam : Elsevier, 2019. 382 p.
18. Colomina I., Molina P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2014. Vol. 92. P. 79–97.
19. Nex F., Remondino F. UAV for 3D mapping applications: A review. Applied Geomatics. 2014. Vol. 6. No. 1. P. 1–15.
20. Remondino F., Barazzetti L., Nex F., Scaioni M., Sarazzi D. UAV Photogrammetry for Mapping and 3D Modeling. ISPRS Archives. 2017. Vol. XLII-2/W6. P. 25–31.
21. Pix4Dmapper User Manual. URL: <https://support.pix4d.com>
22. Esri. Drone2Map for ArcGIS Documentation. Redlands, CA : Environmental Systems Research Institute (ESRI), 2024. URL: <https://doc.arcgis.com/en/drone2map/>
23. QGIS Documentation. QGIS Geographic Information System. URL: <https://docs.qgis.org>
24. DJI Phantom Series User Manual. URL: <https://www.dji.com>
25. OpenStreetMap Project. URL: <https://www.openstreetmap.org>
26. European Space Agency. Sentinel-2 User Guide. URL: <https://sentinel.esa.int>
27. United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management. Integrated Geospatial Information Framework (IGIF). New York : UN-GGIM, 2020. URL: <https://ggim.un.org/igif>

28. Mather P. M., Koch M. Computer Processing of Remotely-Sensed Images. 5th ed. Chichester : Wiley, 2018. 498 p.

29. Jensen J. R. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. 4th ed. New York : Pearson, 2016. 544 p.

30. Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. Geographic Information Systems and Science. 4th ed. Hoboken : Wiley, 2015. 516 p.