

Київський національний університет будівництва і архітектури

**ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ  
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

**НА ТЕМУ:**

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

Виконав: Вовна М.Ю.

Професор, доктор технічних наук

Перевірив: Шульц Р.В.

м. Київ-2023 р.

# Мета і завдання дослідження, наукова новизна

- **Метою роботи є:** дослідження точності створення топографічних планів масштабу 1:2000 за допомогою БПЛА знімання в режимі РТК.
- Для досягнення мети було поставлено наступні **завдання:**
  - - проаналізувати методи та технології сучасного топографічного знімання;
  - - проаналізувати технологію та методику топографічного БПЛА знімання;
  - - проаналізувати технологію та методику РТК знімання;
- **Наукова новизна роботи** полягає у розроблені методики застосування аерофотознімання та дослідження точності оновлення планів М 1:2000.



# АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ СУЧАСНОГО ТОПОГРАФІЧНОГО ЗНІМАННЯ

Найбільш поширеним на сучасному етапі наземних знімачів є:

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



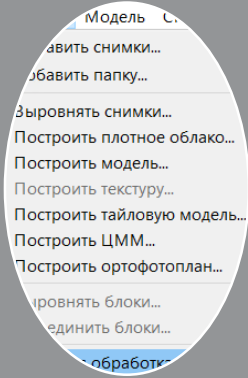
# Технологічна схема топографічного БПЛА знімання



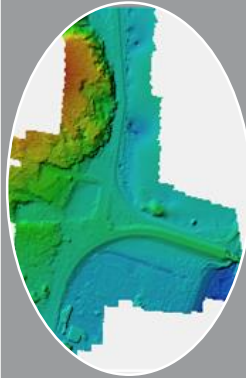
Підготовчі, камеральні роботи



Польові роботи. Виконання аерофотознімальних робіт



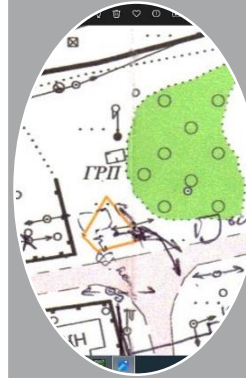
Обробка матеріалів АФЗ



Створення ЦММ



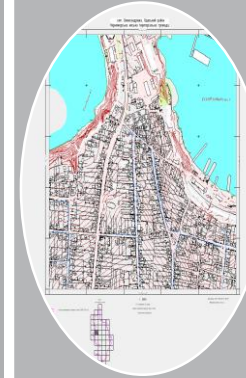
Обробка ортофото плану місцевості



Польове дешифрування



Внесення змін після польового дешифрування



Підготовка кінцевого варіанту робіт



Здача матеріалів замовнику

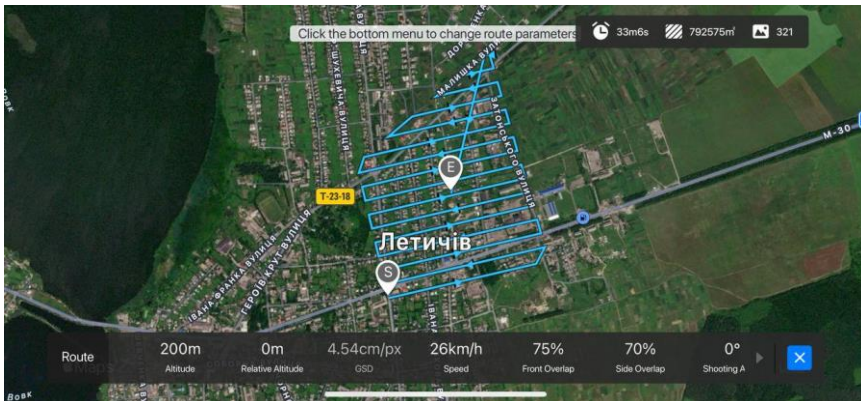
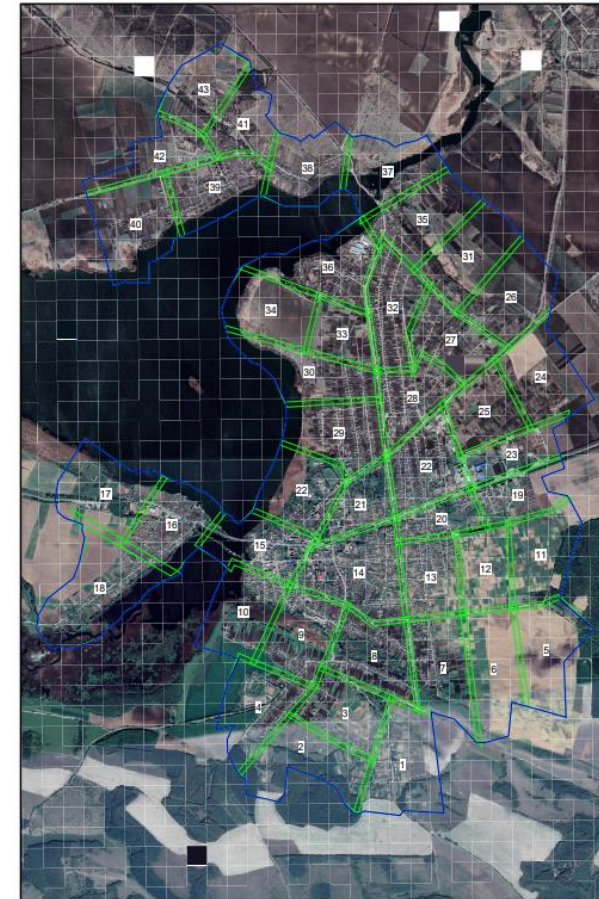
# Розрахунок параметрів БПЛА знімання

- Використовувався квадрокоптер Autel EVO 2 PRO RTK програму «Autel Explorer V2» для проектування та польотів.
- Висота 200 м, повздовжнє перекриття 75%, поперечне 70%.
- План польотів складається з окремих контурів, з буфером 10 м.
- Додатково встановлено GNSS-приймач у режимі статики.
- Для розрахунку візьмемо один з контурів польотів.



Autel Explorer V2 <sup>4+</sup>  
Autel Robotics Co., Ltd.

Безкоштовно

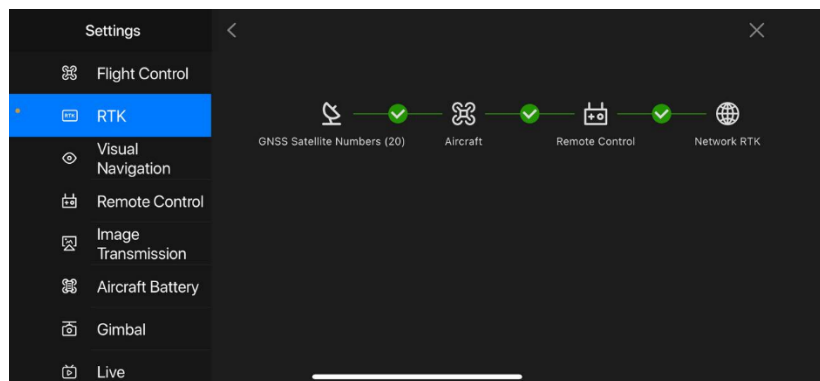
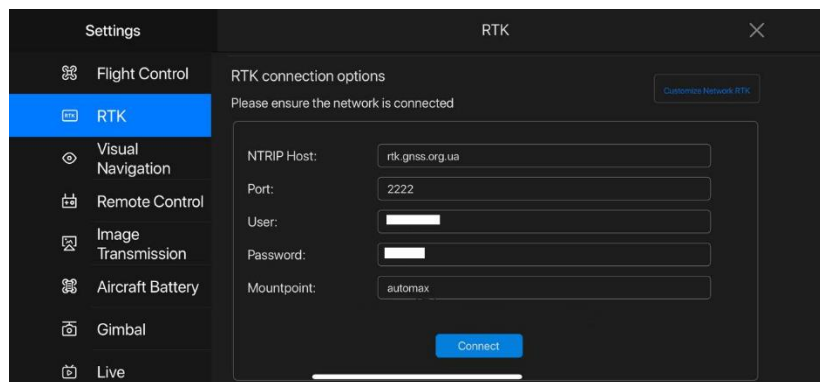


pelianit.prom.ua



# Технологія RTK знімання

- Для використання режиму RTK та PPK, потрібно налаштувати параметри NTRIP
- Втрата зв'язку з пультом несе за собою втрату інтернету та при цьому фіксованого значення.
- Після польоту на флешку записується файл сирих даних «NNNTASK\_PPKRAW.bin», «NNNTASK\_ PPKRAW.obs» - файл вимірів, «NNNTASK\_ PPKRAW.mkr» - файл зберігання інформації про експозицію та час.



100FTASK_PPKRAW.bin	17.11.2023 12:24	Файл BIN	6 895 KB
100FTASK_PPKRAW.obs	05.12.2023 22:21	Файл OBS	36 740 KB
100FTASK_Timestamp.mkr	17.11.2023 12:24	Файл MKR	45 KB
MAX_0001.JPG	17.11.2023 12:01	Файл JPG	14 143 KB
MAX_0002.JPG	17.11.2023 12:01	Файл JPG	14 948 KB
MAX_0003.JPG	17.11.2023 12:01	Файл JPG	14 918 KB
MAX_0004.JPG	17.11.2023 12:01	Файл JPG	14 844 KB
MAX_0005.JPG	17.11.2023 12:01	Файл JPG	14 787 KB
MAX_0006.JPG	17.11.2023 12:01	Файл JPG	14 657 KB
MAX_0007.JPG	17.11.2023 12:01	Файл JPG	14 601 KB
MAX_0008.JPG	17.11.2023 12:01	Файл JPG	16 531 KB
MAX_0009.JPG	17.11.2023 12:01	Файл JPG	14 529 KB
MAX_0010.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	14 792 KB
MAX_0011.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	14 864 KB
MAX_0012.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 007 KB
MAX_0013.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 049 KB
MAX_0014.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 190 KB
MAX_0015.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 329 KB
MAX_0016.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 553 KB
MAX_0017.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 767 KB
MAX_0018.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 873 KB
MAX_0019.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 926 KB
MAX_0020.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 926 KB
MAX_0021.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 948 KB
MAX_0022.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 911 KB
MAX_0023.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 865 KB
MAX_0024.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 922 KB
MAX_0025.JPG	17.11.2023 12:02	Файл JPG	15 848 KB
MAX_0026.JPG	17.11.2023 12:03	Файл JPG	15 743 KB

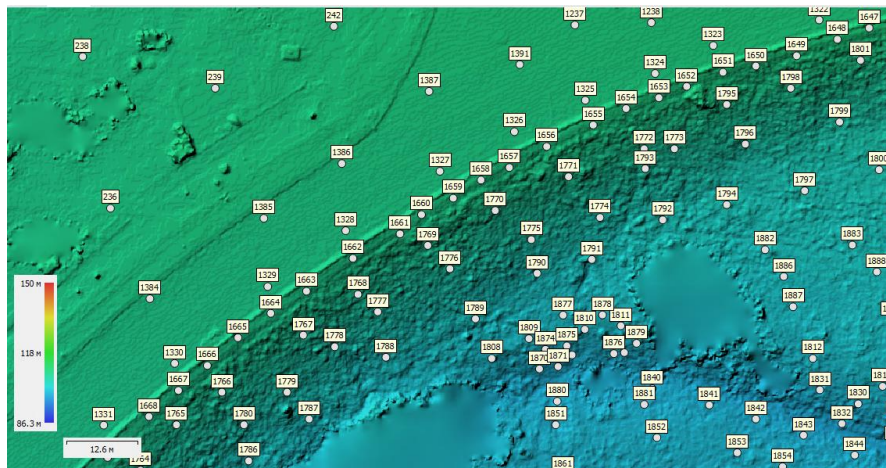
# Топографічні плани 1:2000 за матеріалами БПЛА знімання

Топографічні плани М 1:2000 складаються в умовних знаках затверджені Наказом №295 від 03.08.2001 р. Міністерством екології та природних ресурсів України.

При розробці топографічного плану для створення рельєфу використовуємо ЦММ з ПЗ «Agisoft Metashape»

Цифрування ситуації місцевості виконується за допомогою ортофотоплану.

При наявності питань пов'язаних з визначенням спірних питань на ортофотоплані, проводиться додатково польове дешифрування.



# Топографічні плани 1:2000 за матеріалами БПЛА знімання

Нормативна точність для топографічних планів М 1:2000

$$\delta x, \delta y = \frac{0,4 \times M}{\sqrt{2}}$$

$$\delta z = \frac{1}{3} h$$

Масштаб плану	Похибка в плані по Х, $\delta x$ , м	Похибка в плані по У, $\delta y$ , м	Похибка по висоті Z, $\delta z$ , м
2000	0,57	0,57	0,33

Точність для аерофотознімання

$$S_z = \frac{H}{b} \times \frac{H}{f} S_{px'}$$

$$S_{px'} = S_{x'} \times \sqrt{2}$$

$$S_x = \sqrt{\left(\frac{x'}{f} S_z\right)^2 + \left(\frac{H}{f} S_{x'}\right)^2}$$

$$S_y = \sqrt{\left(\frac{y'}{f} S_z\right)^2 + \left(\frac{H}{f} S_{y'}\right)^2}$$

Похибка в плані по Х, $\delta x$ , м	Похибка в плані по У, $\delta y$ , м	Похибка по висоті Z, $S_z$ , м
0,0506	0,0506	0,0141

# Дослідження планово-висотної точності аерофотознімання для топографічних планів 1:2000 створених за стандартною технологічною схемою



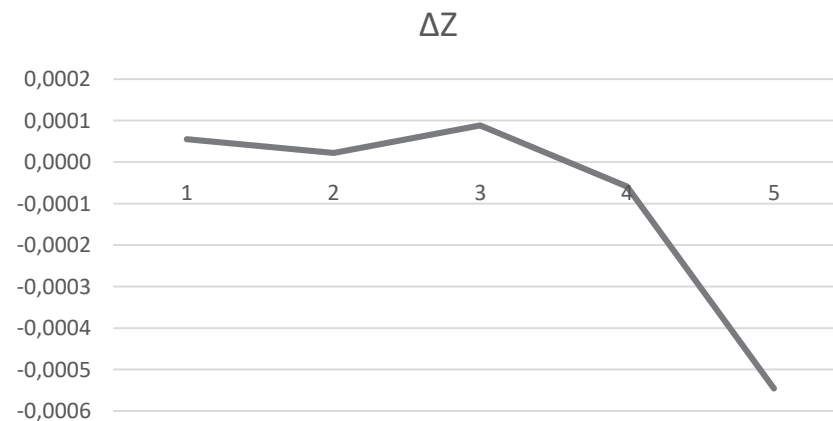
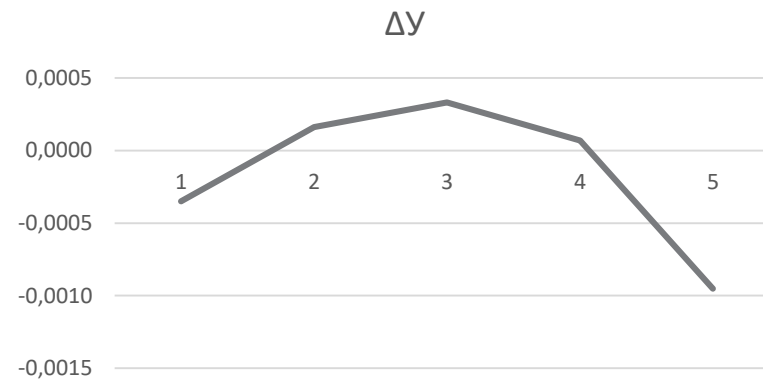
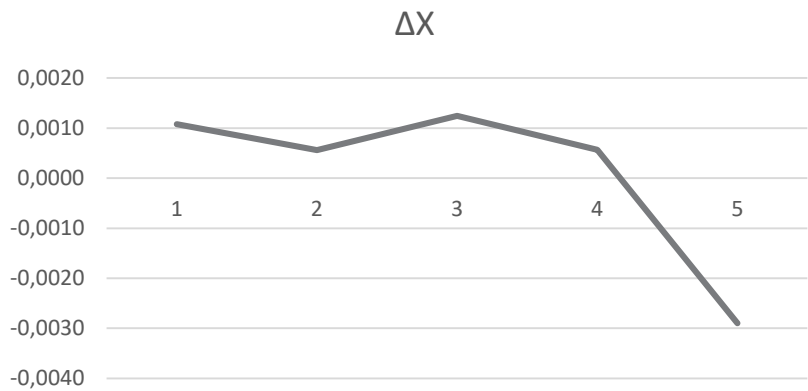
# Дослідження планово-висотної точності аерофотознімання для топографічних планів 1:2000 створених за стандартною технологічною схемою

Для дослідження планово-висотної точності за стандартною схемою було використано прив'язку по опорних точках.



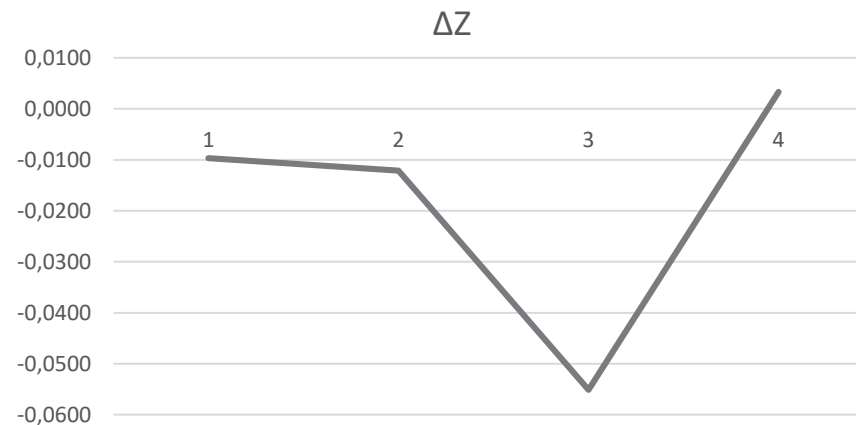
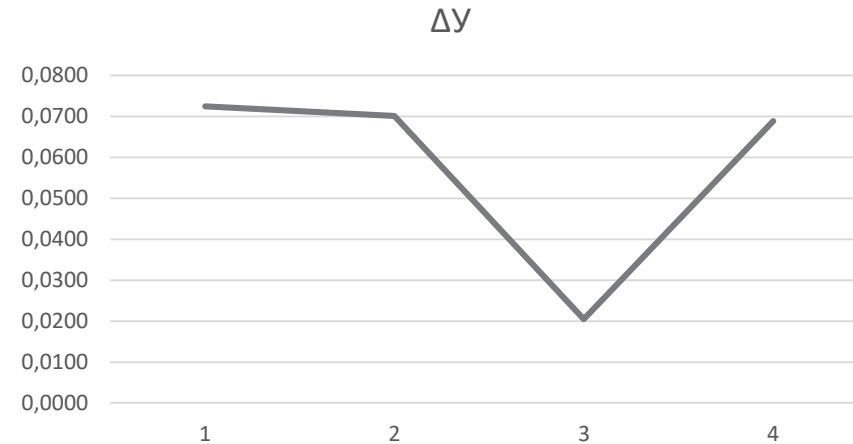
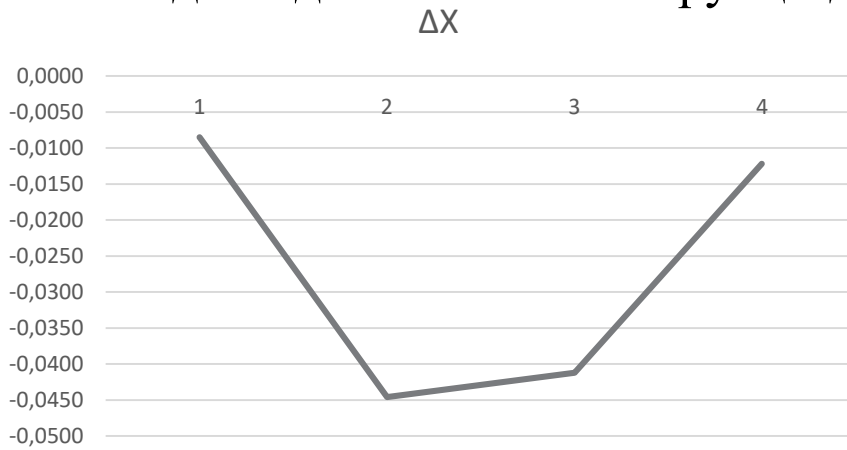
# Дослідження планово-висотної точності аерофотознімання для топографічних планів 1:2000 створених за стандартною технологічною схемою

Загальна похибка після вирівнювання фотографій та опознаків складає  $\Delta X = 0,0011$  м,  $\Delta Y = -0,0004$ ,  $\Delta Z = -0,0002$ .

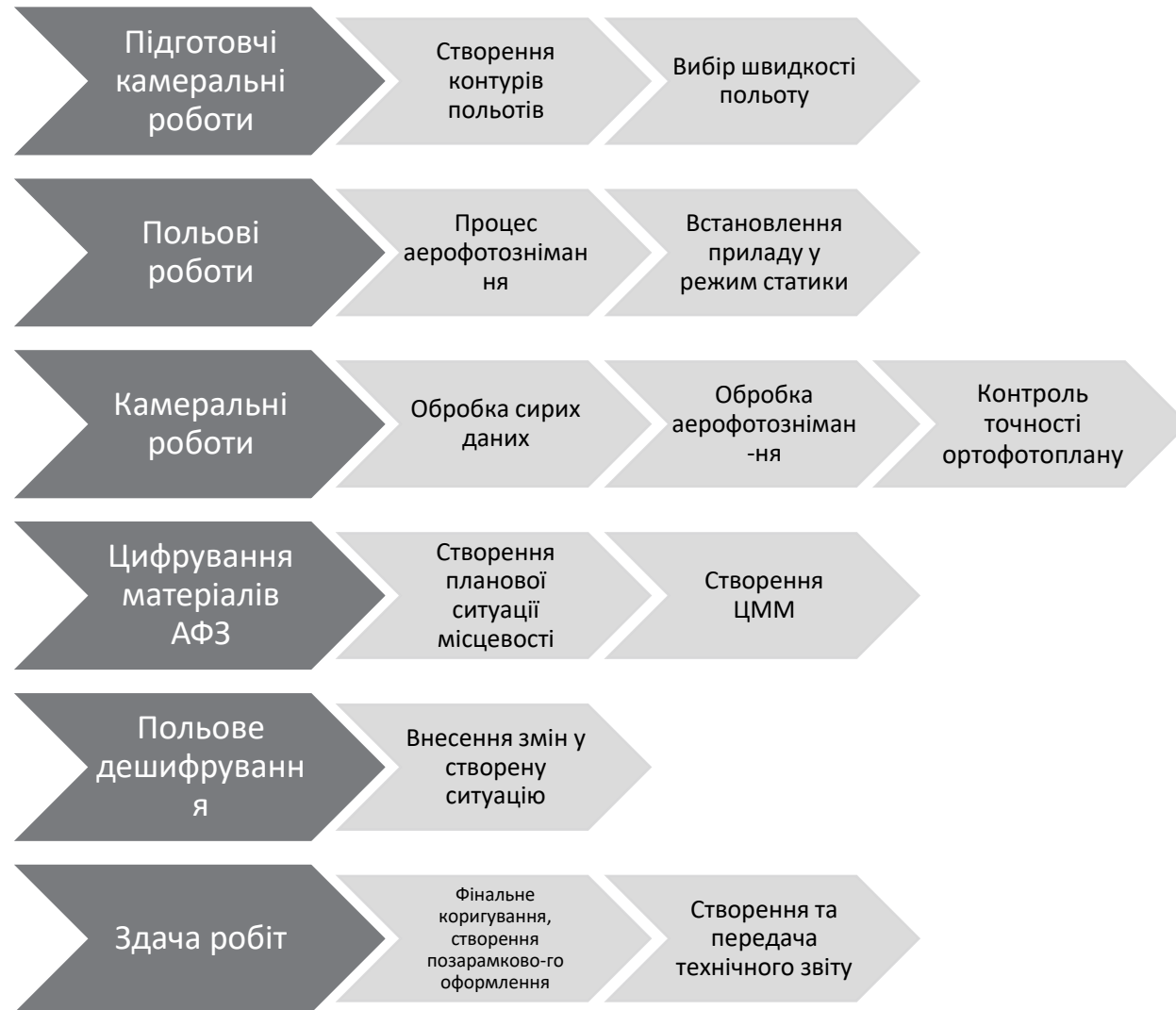


# Дослідження планово-висотної точності аерофотознімання для топографічних планів 1:2000 створених за стандартною технологічною схемою

Загальна похибка по опознаках, по яких не було здійснено прив'язку  $\Delta X$  – -0,1065 м,  $\Delta Y$  – 0,2320 м,  $\Delta Z$  – -0,0736 м. тому можна зробити висновок, що знімання за допомогою БПЛА за стандартною технологічною схемою відповідає вимогам інструкції для створення або оновлення топографічних планів М 1:2000.



# Дослідження планово-висотної точності топографічних планів 1:2000 створених за даними РТК знімання



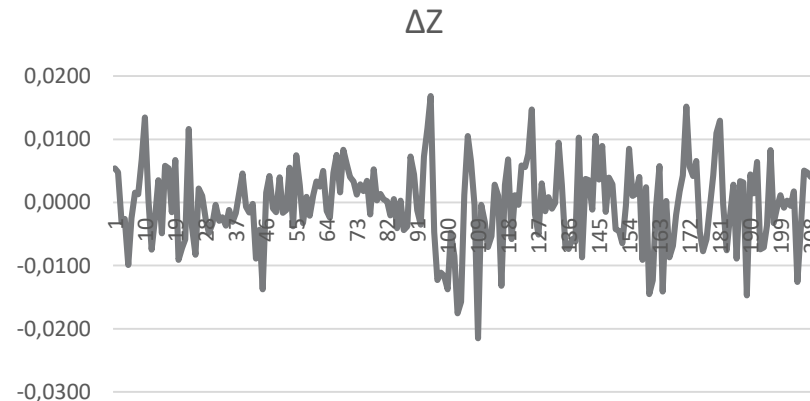
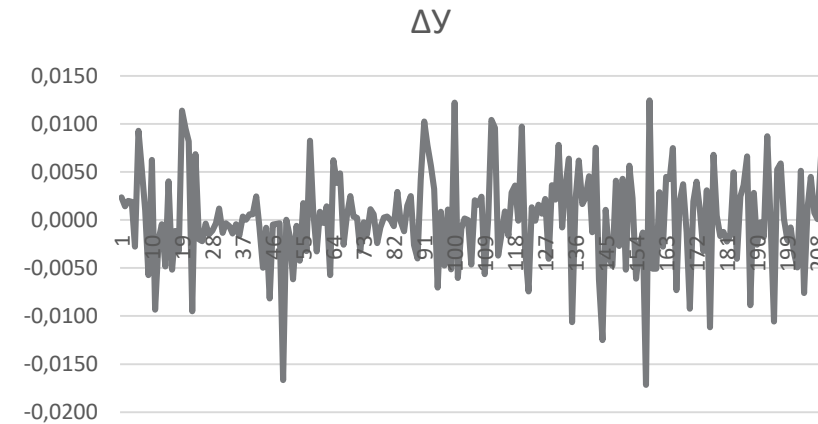
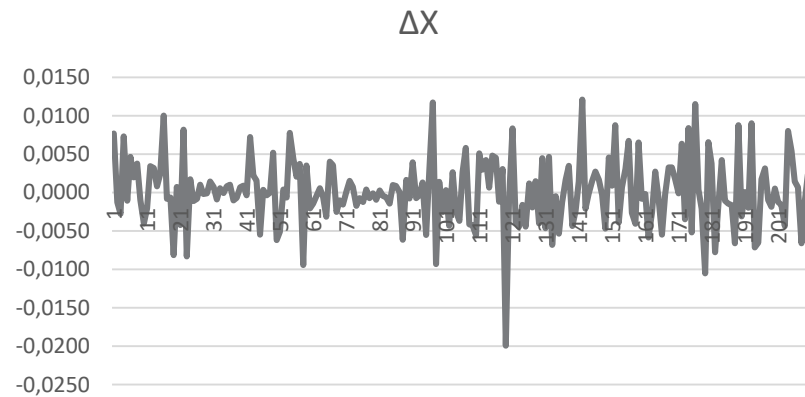
# Дослідження планово-висотної точності топографічних планів 1:2000 створених за даними RTK знімання

Для дослідження планово-висотної точності топографічних планів 1:2000 за даними RTK порівняння точності по точках знятих з GNSS – приймача, по яких не виконувалась прив'язка.



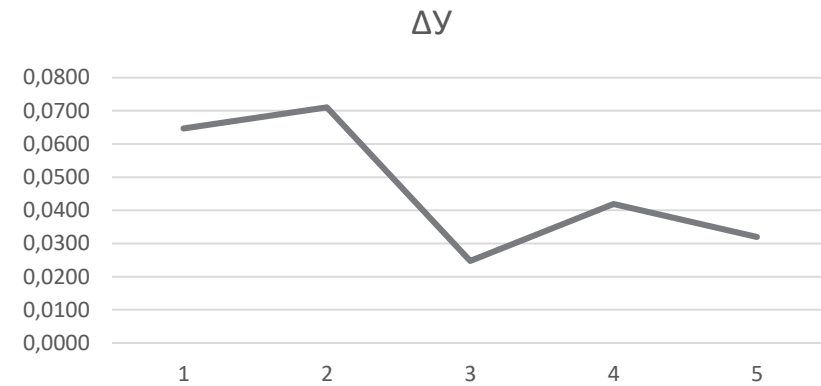
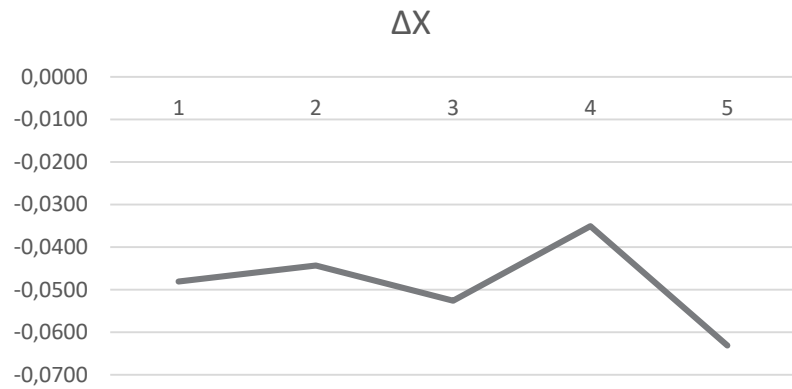
# Дослідження планово-висотної точності топографічних планів 1:2000 створених за даними РТК знімання

Загальна похибка після вирівнювання фотографій складає  $\Delta X - 0,0043$  м,  $\Delta Y - -0,0049$  м,  $\Delta Z - -0,0064$  м.



# Дослідження планово-висотної точності топографічних планів 1:2000 створених за даними РТК знімання

Загальна похибка ортофотоплану по вимірним точках складає  $\Delta X$  – -0,2432 м,  $\Delta Y$  – 0,2343 м ,  $\Delta Z$  – 0,0732 м, тому можна зробити висновок, що знімання за допомогою БПЛА за даними РТК, знімання відповідає вимогам інструкції для створення або оновлення топографічних планів М 1:2000



# ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено дослідження створення топографічних планів за допомогою БПЛА з використанням опорних точок.
2. Проведено дослідження створення топографічних планів за допомогою БПЛА з режимом RTK.
3. Виконано порівняння можливостей RTK та РРК.
4. Виконано порівняння технологічних схем та точності топографічних планів створених за допомогою RTK (РРК) для М 1:2000.
5. Отримані результати дозволяють розробляти топографічні плани крупномасштабних планів.



**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ**