

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ БПЛА ДЛЯ АЕРОЗНІМАННЯ



Глотов В., Гуніна А., Юрків М.,
Колесніченко В., Прохорчук О.

Актуальність:

Сучасні технології створення топографічних та кадастрових планів базуються саме на застосуванні матеріалів цифрового аерознімання, однак, собівартість застосування літаків та гелікоптерів для локального великомасштабного знімання є на порядок вищою. Тому, альтернативним рішенням є використання для вищевказаних цілей БПЛА, які є однією з найбільш інтенсивно розвинутих областей авіаційної техніки. Застосування БПЛА дасть змогу без проблем знімати важкодоступні території, отримуючи високу точність визначення просторових координат точок об'єктів. При цьому будуть незначні витрати, а застосовуючи цифровий метод реально оперативно скласти великомасштабні топографічні плани в камеральних умовах.

Мета роботи:

Розробка БПЛА для топографічних аерознімальних цілей та дослідження його особливостей.

Вимоги для створення БПЛА для аеротопографічного знімання

3

- 1). Забезпечення максимальної стабільності польоту за допомогою відповідного гіростабілізуючого обладнання;
- 2). Наявність на борту геодезичного GPS-приймача, за допомогою якого у кінематичному режимі з достатньою точністю (10-20 см) будуть визначатись лінійні елементи зовнішнього орієнтування знімків;
- 3). Встановлення навігаційного обладнання, за допомогою якого можливо реалізовувати напівавтоматичне та автоматичне керування апаратом;
- 4). Наявність аеропристрою, за допомогою якого компенсується кут зносу;
- 5). Важливими є засоби безпеки стосовно самого БПЛА та бортового обладнання (парашутна система, радіомаяк тощо);
- 6). Наявність достатньо потужної ЦЗК, з точки зору розрізнявальної здатності (20-60 Мп);
- 7). Важливо забезпечити можливість транспортування БПЛА без наявності спеціальних засобів;
- 8). Бажаним є обмеження злітно-посадочної смуги (реалізація режиму «зліт з руки» і глісаду у точку).

Технічні характеристики БПЛА «Arrow»

4



Характеристики	Параметри
Злітна маса, кг	4,8
Ємність батареї, Ah	16
Мінімальна швидкість польоту, км/год	50
Крейсерська швидкість польоту, км/год	60-80
Максимальний час польоту, хв	100
Максимальна дальність польоту, км	100
Макс. контрольоване віддалення від бази, км	15
Максимальна висота польоту, м	5000
Мінімальна робоча висота польоту, м	75
Максимальна роздільна здатність знімків, см/піксель	2
Старт з руки	так
Автоматичний старт (з катапульти LuckyLaunch)	так
Автоматична парашутна посадка	так
Габарити в транспортувальній конфігурації, см	120x25x25
Гранична швидкість вітру, м/с	12

Технічні характеристики цифрової камери Sony QX1



Вага:	216 г
Габарити:	74×70×53 мм
Фокусна віддаль	25 см
Ефективна роздільна здатність:	20.1
Формат матриці:	APS-C
Розмір матриці:	357.28 мм ² (23.20 мм×15.40 мм)
Розмір пікселя матриці:	4.25 мкм
Серійне знімання, кадри/с:	3.5
Налаштування ISO:	Auto, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400, 12800, 16000
Діапазон витримки:	30 - 1/4000
Wi-Fi:	є

Побудова маршруту аерознімання в п.п. Flirt planner

6



де: 1 – місце старту, 2 – коробка набору висоти, 3 – коло зниження, 4 – місце відкриття парашуту, 5– місце приземлення.

Налаштування в п.п. Flirt planner

- При проектуванні маршрутів необхідно перевірити чи завантажились дані з найближчої метеостанції, проконтролювати швидкість та напрямок вітру, обрати відповідні погодні умови, вказати фокусну віддаль камери, роздільну здатність знімків, значення поздовжнього та поперечного перекриття, тип рельєфу, напругу на акумуляторі, спосіб посадки, напрямок посадки, зону сканування. Інші параметри встановлюються автоматично: висота аерознімання, відстань між маршрутами, довжина всіх маршрутів, час аерознімання, максимальний кут зносу на маршрутах, напруга акумулятора, яка буде задіяна (не більше 12 А), площа знімання.

Wind and Weather

Speed [m/s]

Speed @ 527 m

Select relevant conditions :

Flight Parameters

Battery [Ah]

Landing Mode

Landing Approach

Approach Heading

Zone Scanning

Scan Angle [deg]

Overshoot [m]

Loop Size [m]

Length [km]

Time [min]

Max Angle [deg]

Power [Ah]

Zone Area [km2]

Mission Parameters

Portrait

Focal Length [mm]

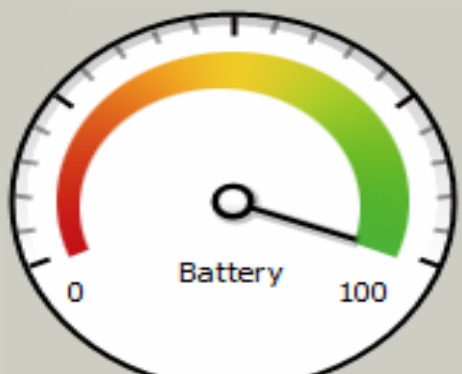
Resolution [cm/px]

Course Overlap [%]

Side Overlap [%]

Optical Altitude [m]

Optical Width [m]



Battery gauge showing 100% charge.

Проблеми, пов'язані з запуском та глісадою БПЛА, аерознімальною камерою

Елерони та стерно висоти не реагують на крен та тангаж

Перевірити важілі елеронів та стерна висоти. При необхідності замінити їх.

Камера не робить пробний знімок

Перевірити підключення живлення камери.

Програма Flirt Planner не відкривається чи не відповідає

Перевірити наявність інтернету та перезапустити програму.

В програмі Mission Planner не відкривається збережений WP-файл

Можливо він пошкоджений, тому спробувати відкрити іншу збережену копію цього файлу або створити новий WP-файл.

Раптова втрата висоти

У випадку, якщо висота польоту літака різко зменшується і істотно менше заданої висоти на відповідній ділянці польоту, та просторове положення явно нестабільно протягом значного часу, є інші явні ознаки ненормального польоту:

1. Натискають кнопку Disarm на джойстику.
2. Натискають кнопку відкриття парашута на джойстику.

Падіння заряду батареї до 13.8 В при проходженні маршруту

У разі, якщо напруга батареї стабільно нижче величини 13.8В і починає швидко падати, натискають кнопку BACK на джойстику. В цьому випадку активізується режим RTL, літак повертається до точки старту і буде здійснювати політ по колу на безпечній висоті. Вибирають сприятливий для посадки сектор, натискають кнопку Disarm, потім відкривають парашут.

Відхилення від запланованого маршруту, порушення навігації

Якщо виконання проекту йде явно не за планом, якість навігації незадовільна або ви хочете перервати проект з інших міркувань - натискають кнопку BACK і діють за схемою, описаною в попередньому пункті.

Зникнення сигналу телеметрії

Перевіряють якість підключення кабелю USB до док-станції та якість фіксації антен на телеметрії. Переміщують телеметрію, змінюють положення антени в просторі. Перезавантажують програму Mission Planner і встановлюють підключення заново. Запитують координати літака по GSM-маяку.

Технічні характеристики БПЛА Trimble UX-5

9



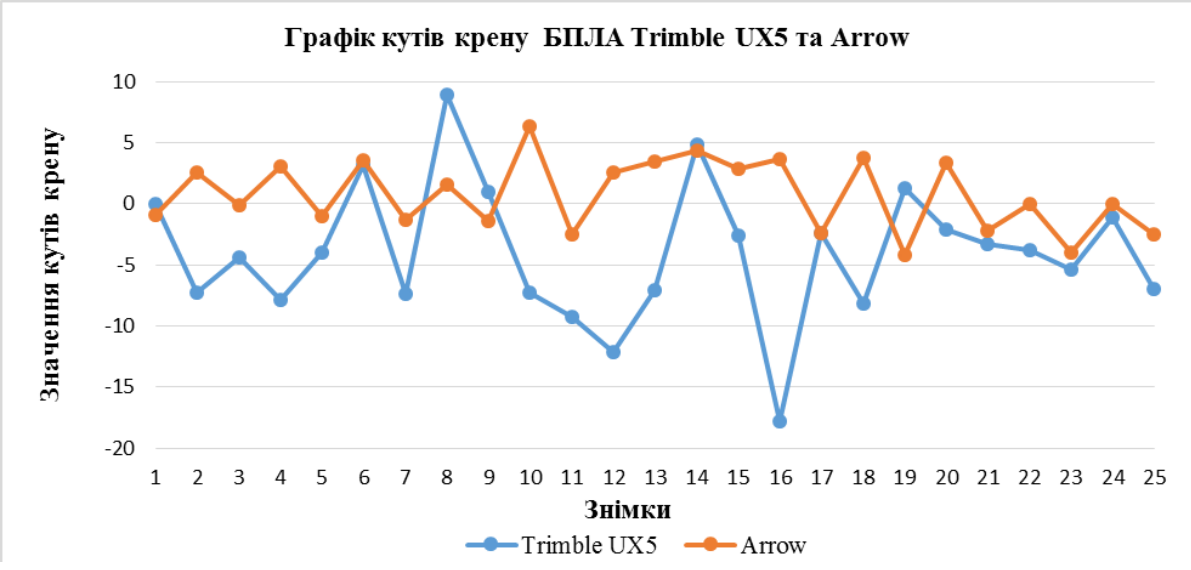
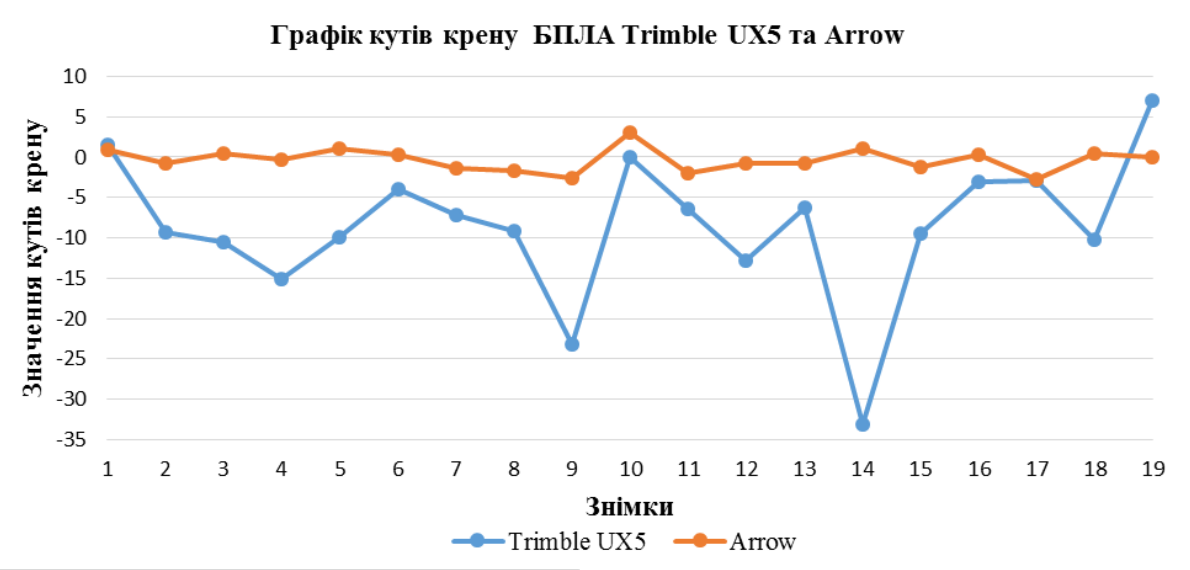
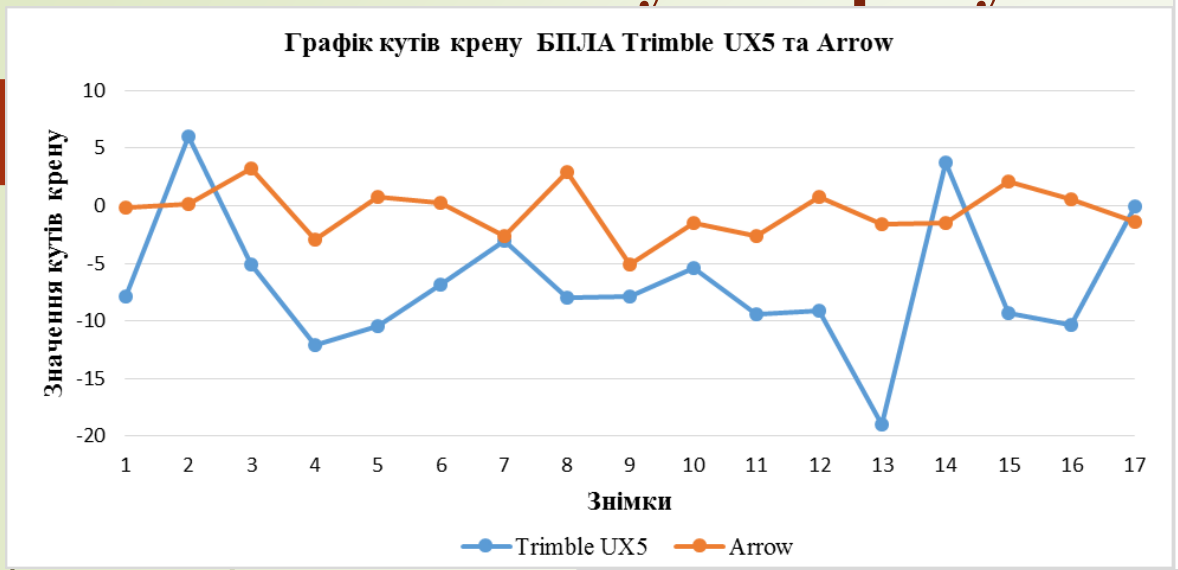
Діапазон висот польоту:	75-750 м
Крейсерська швидкість польоту:	80 км/год.
Максимальний час польоту:	50 хв.
Діапазон робочих температур:	від -5° до 35 °С
Стійкість до погодних умов:	сила вітру до 6 балів, мряка
Дальність дистанційного керування:	до 5 км.
Середня продуктивність (кв. км/30 хв.):	3,1 км ² (близько 800 знімків).
Якість знімка (розмір пікселя):	до 5 см.
Щільність ЦМР (відстань між точками):	від 25 см до 200 см
Точність моделювання поверхні в плані:	± 5 см, по висоті: ± 10 см.
Калібрована цифрова камера:	SONY NEX 5R

Основні технічні характеристики цифрової камери SONY NEX 5R

10

Число ефективних пікселів	16.1 млн
Розмір матриці	APS-C (23.4 x 15.6 мм)
Максимальне розширення	4912 x 3264
Чутливість	100 - 3200 ISO, Auto ISO
Швидкість зйомки	10 кадр./сек
Формат кадру (фотозйомка)	3:2, 16:9
Фокусна віддаль	15 мм
Витримка	30 - 1/4000 с
Ручне налаштування витримки діафрагми	є
Тип карт пам'яті	SD, SDHC, SDXC, Memory Stick Duo
Формат зображення	2 JPEG, RAW
Інтерфейс	USB 2.0, HD-відео, HDMI, аудіо, Wi-Fi
Формат акумуляторів	Свій особистий
К-сть акумуляторів	1
Ємність акумулятора	330 фотографій
Розмір	111 x 59 x 39 мм, без об'єктива
Вага	218 г, без елементів живлення і об'єктива

Значення кутів крену БПЛА Trimble UX5 та Arrow

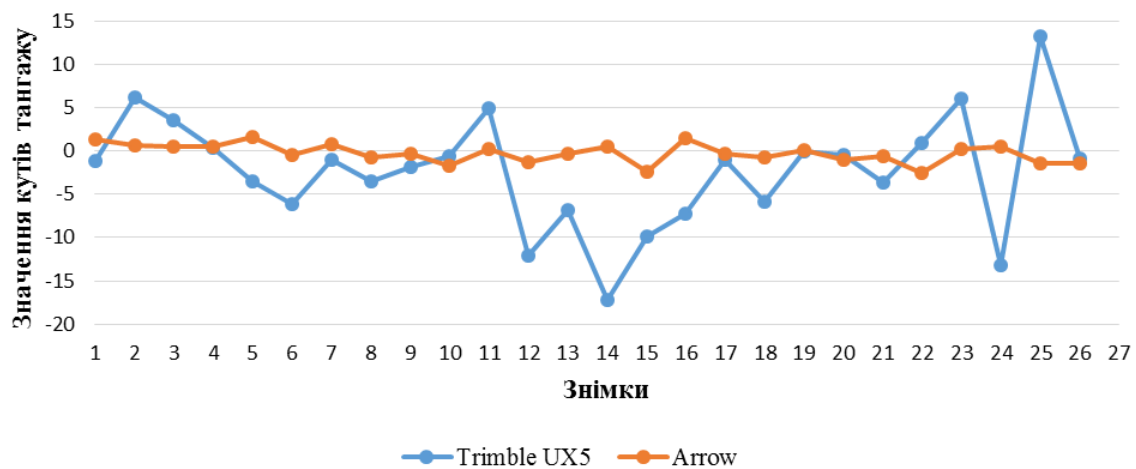


З графіків значень кутів крену БПЛА Arrow видно, що кути коливаються максимально від -6° до $+5^\circ$, що обумовлюється стабілізацією конструкції. Кути крену БПЛА Trimble UX-5 коливаються від -34° до $+9^\circ$, що свідчить про фактичне не допустиме значення цих елементів, оскільки як відомо за досвідом обробки знімків аналітичним методом ці значення не повинні перевищувати $10^\circ - 12^\circ$.

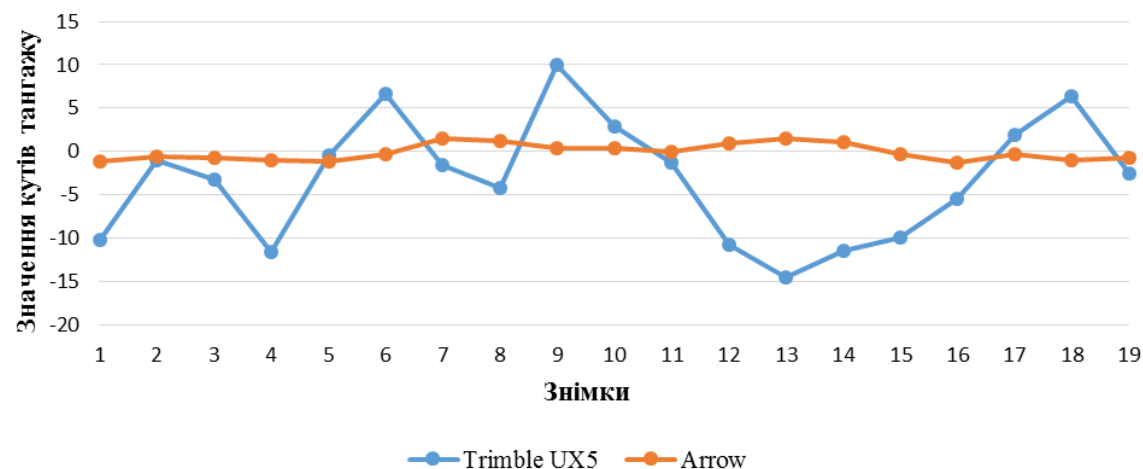
Значення кутів тангажу БПЛА Trimble UX5 та Arrow

12

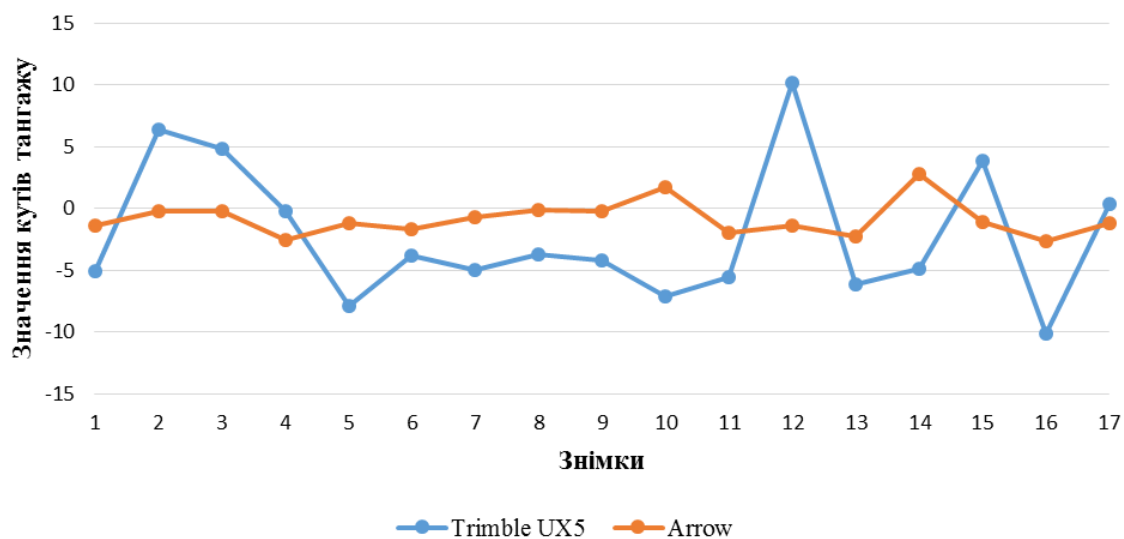
Графік кутів тангажу БПЛА Trimble UX5 та Arrow



Графік кутів тангажу БПЛА Trimble UX5 та Arrow



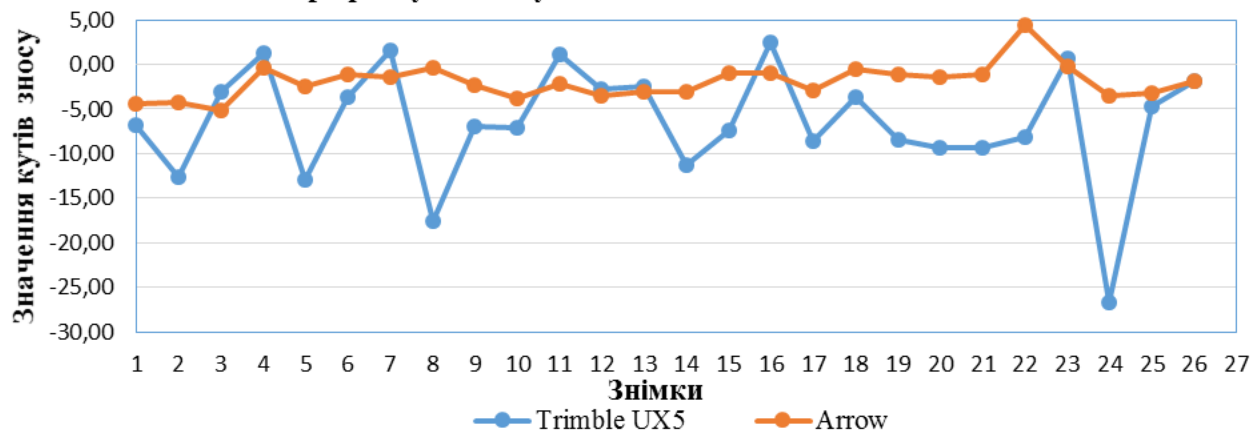
Графік кутів тангажу БПЛА Trimble UX5 та Arrow



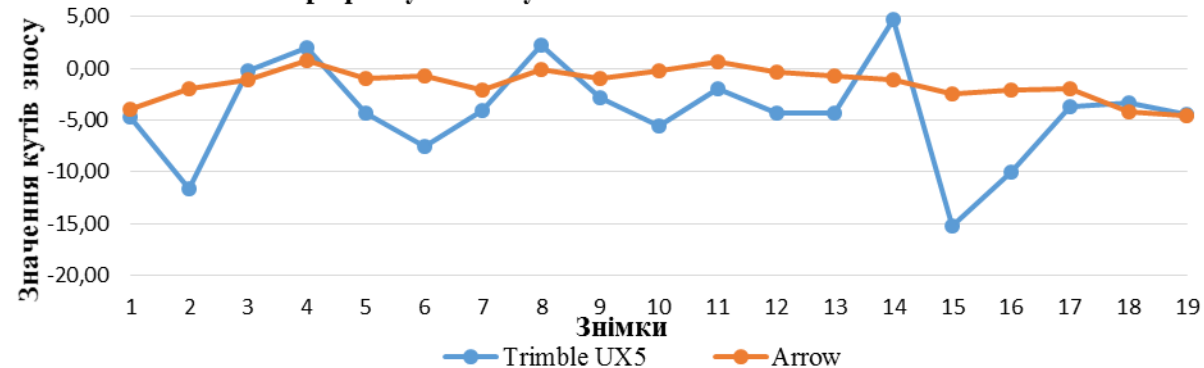
За графіками значень кутів тангажу БПЛА Arrow видно, що кути максимально коливаються від -3° до $+4^\circ$, що як вже згадувалося вище пояснюється стабілізацією літака. Значення кутів тангажу БПЛА Trimble UX-5 коливаються від -15° до $+14^\circ$, що також перевищує допуск.

Значення кутів розвороту БПЛА Trimble UX5 та Arrow

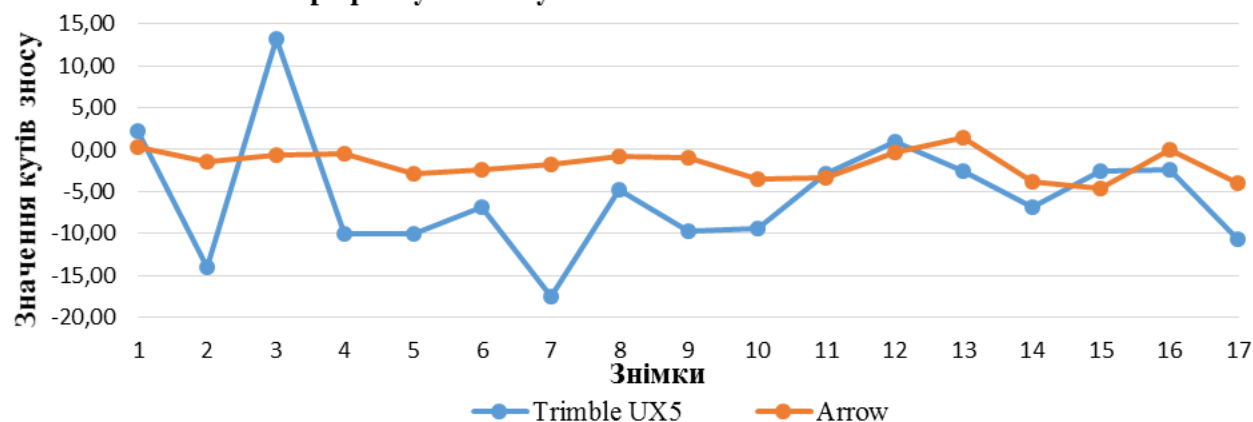
Графік кутів зносу БПЛА Trimble UX5 та Arrow



Графік кутів зносу БПЛА Trimble UX5 та Arrow

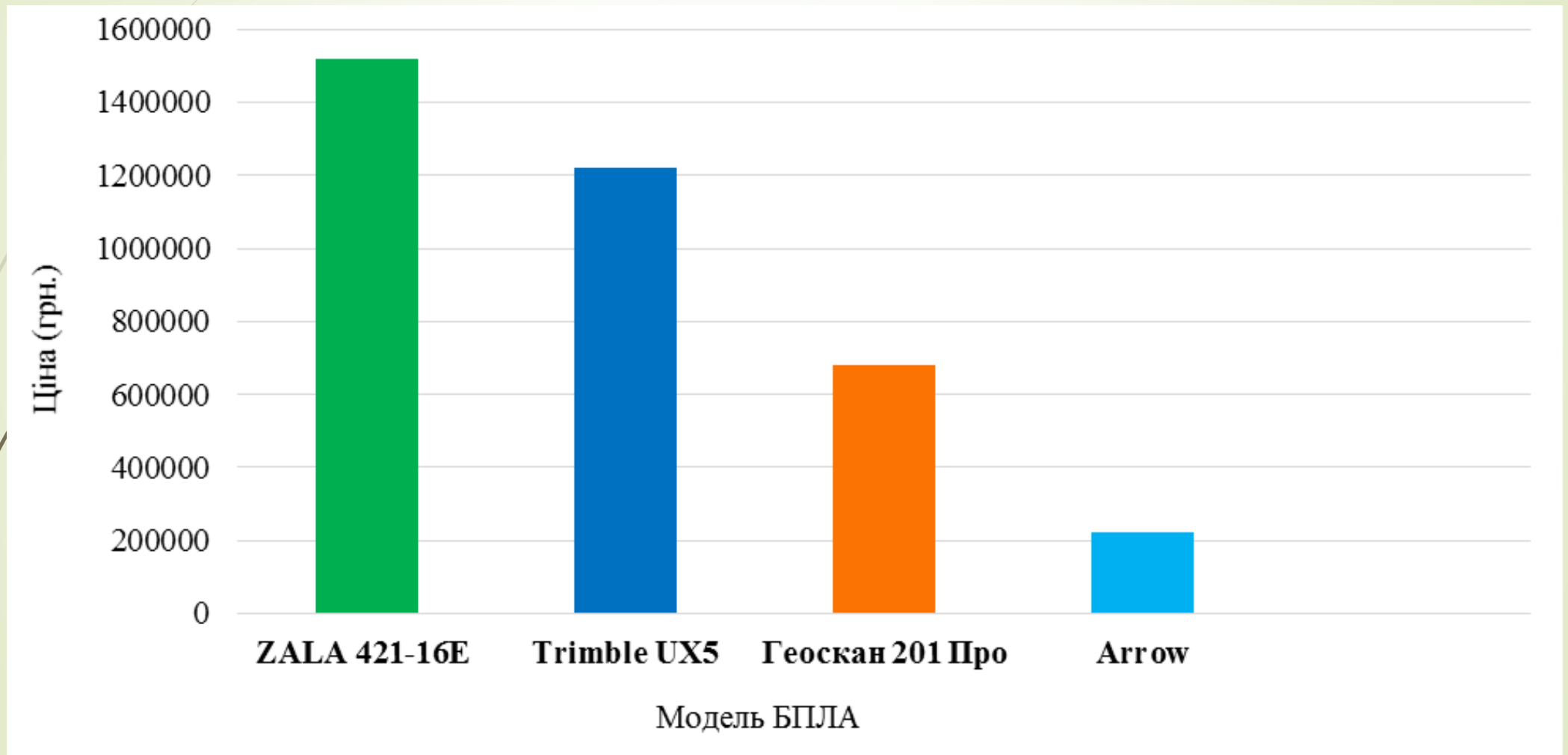


Графік кутів зносу БПЛА Trimble UX5 та Arrow



Графіки значень кутів зносу БПЛА Arrow свідчать що максимальне відхилення від курсу коливається від -5° до $+5^\circ$, такі результати пояснюються тим що кут зносу автоматично компенсувався шляхом розвороту аеропристрою на кут відхилення від курсу. В той час кути зносу БПЛА Trimble UX5 коливаються від -25° до $+15^\circ$, що виходить за межі допуску.

Цінова перевага БПЛА Arrow порівняно з існуючими аналогами



Висновки:

- 1. Опрацьовано розробку і дослідження декількох моделей БПЛА, в результаті випробувань яких були визначені конструкторські та технологічні особливості до створення БПЛА для топографічного знімання.
- 2. Сконструйовано та досліджено аерознімальний БПЛА Arrow.
- 3. Виявлені проблеми, пов'язані з запуском БПЛА Arrow, аерознімальною камерою, глісадою, які в процесі дослідження були усунені.
- 4. Проведено порівняльний аналіз значень кутових елементів зовнішнього орієнтування знімків, отриманих в результаті аерознімання з БПЛА Arrow та Trimble UX5.
- 5. Перспективою подальших досліджень є вдосконалення аерознімального БПЛА та покращення стабілізації польоту з метою зменшення кутових значень зовнішнього орієнтування знімків.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!