

УДК: 528.71

**І. В. ЧЕРЕВКО**, канд. ек. наук, доц.

*Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва*  
Харківська область, Харківський район, п/в «Комуніст-1» 62483,

### **РАДІОКЕРОВАНІ АЕРОФОТОЗНІМАННЯ ДЛЯ ЦІЛЕЙ КАРТОГРАФУВАННЯ**

Висвітлюються актуальні питання пов'язані з аерофотозніманнями місцевості з безпілотних літальних апаратів для цілей картографування. Використання БПЛА в якості аерозйомочної платформи має великі перспективи при зйомці невеликих за протяжністю площинних об'єктів і при зйомці лінійних об'єктів. Дані з БПЛА дозволяють отримувати якісні картографічні матеріали за умов виконання певних вимог до знімальної апаратури і процесу зйомки; Чіткої фотограмметричної обробки матеріалів аерофотозйомки. Точність при цьому зростає в десятки раз і може становити як і для звичайної аерозйомки і космічних знімків.

**Ключові слова:** аерофотознімання, радіокерування, картографування, безпілотні літальні апарати

#### **Cherevko I. V. RADIO CONTROLLED AERIAL PHOTOGRAPHY FOR MAPPING**

Highlights current issues related to aerial photographs of the area of unmanned aerial vehicles for the purpose of mapping. The use of UAVs as aerial platform holds great promise for shooting small-length polygonal objects and capture linear objects. The data from the UAV can receive high-quality cartographic materials, subject to the specific requirements for imaging equipment and the process of recording; Clear photogrammetric processing of aerial photographs. Accuracy on the increase in the dozens of times and can be as for conventional Aerial Photography and satellite images.

**Keywords:** aerial photography, radio, mapping, UAV

---

© Черевко І. В., 2014

## Черевко И. В. РАДИОУПРАВЛЯЕМАЯ АЭРОФОТОСЪЕМКА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

Освещаются актуальные вопросы, связанные с аэрофотосъемкой местности с беспилотных летательных аппаратов для целей картографирования. Использование БПЛА в качестве аэросъемочной платформы имеет большие перспективы при съемке небольших по протяженности площадных объектов и при съемке линейных объектов. Данные с БПЛА позволяют получать качественные картографические материалы при условии выполнения определенных требований к съемочной аппаратуре и процессу съемки; четкой фотограмметрической обработке материалов аэрофотосъемки. Точность при этом возрастает в десятки раз как для обычной аэросъемки так и космических снимков.

**Ключевые слова:** аэрофотосъемка, радиоуправление, картографирование, беспилотные летательные аппараты

### Вступ

**Постановка проблеми.** Стимулом до розвитку безпілотної авіації у всьому світі послужило успішне і широке використання БПЛА арміями США та Ізраїлю в ході військових операцій (Перська затока, Югославія, Близький Схід, арабо-ізраїльської війни). При цьому безпілотники зарекомендували себе як ефективний засіб розвідки, супроводу бою, в якості помилкових мішеней для виявлення зенітних установок противника, доставки вантажів, для виконання інших бойових завдань. На сьогоднішній день за даними UVS International (провідної міжнародної асоціації безпілотних систем [www.uvs-international.org](http://www.uvs-international.org)) БПЛА виробляють в 52 країнах світу. Десятки великих підприємств і малих фірм конкурують на цьому ринку. Не дивлячись на те, що запити військових відомств на БПЛА великі й різноманітні, далеко не всі виробники можуть сподіватися на отримання оборонних замовлень. В результаті багато компаній мають розробки в області БПЛА, схильні звертати увагу на перспективи застосування БПЛА в цивільній і комерційній сферах. В свою чергу, зацікавлені державні відомства і спецслужби, функції яких пов'язані з охороною, контролем та моніторингом об'єктів, ліквідацією надзвичайних ситуацій; підприємства ПЕК, а також фірми, бізнес яких пов'язаний з отриманням просторових даних, також проявляють зустрічний інтерес до БПЛА. В статті акцент зроблений на перспективи застосування БПЛА для проведення аерофотозйомки в цілях картографування, а також представлений огляд деяких моделей БПЛА, призначених для виконання цього завдання [4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Перші аерофотознімання були зроблені ще в часи братів Монгольф'єрів. Завдяки початку ери повітроплавання (з початку на повітряних кулях, потім на літаках) у

людства з'явився новий погляд на предмети і землю. Розвиток авіаційної техніки йшов практично паралельно з розвитком фото / відео та радіоелектронної апаратури. Надалі ці технологічні процеси стало можливо об'єднати в Radio Control Aerial Photography, що в дослівному перекладі – радіокеровані аерофотознімання.

Безпілотний літальний апарат (БПЛА або БЛА) – в загальному випадку, це літальний апарат без екіпажу на борту. Поняття літальний апарат включає в себе велику кількість типів, у кожного з яких є свій безпілотний аналог. У пресі, коли мова йде про різкий сплеск інтересу до безпілотників, і в даному матеріалі під визначення БПЛА потрапляє більш вузьке поняття. А саме: літальний апарат без екіпажу на борту, який використовує аеродинамічний принцип створення підйомної сили за допомогою фіксованого або обертового крила (БПЛА літакового і вертолітного типу), оснащений двигуном і має корисне навантаження і тривалість польоту, достатні для виконання спеціальних завдань. Донедавна аерофотозйомка була винятковою частиною масштабної авіації. Останні роки внесли помітні корективи в таке положення речей. З появою надійної апаратури радіоуправління і невеликих за вагою автоматичних фотокамер, забезпечених віндерами - пристроями для моторної перемотки плівки, все частіше стала з'являтися інформація про використання для аерофотозйомки літаючих моделей. На сьогоднішній день існують не тільки малогабаритні і легкі фотоапарати, а й відеокамери з цілком прийнятними габаритно-ваговими характеристиками. Дуже серйозно розробкою таких комплексів займаються в Ізраїлі, де вони вже зараз використовуються для патрулювання доріг замість традиційних вертольотів [3].

При розгляді особливостей зйомки з БПЛА і складанні рекомендацій з її проведення головним критерієм являється дотримання чіткої фотограмметричної обробки даних, в результаті якої можна очікувати точність одержуваних результатів (як пра-

вило, ортофотомозаїки). При значеннях параметрів зйомки, зазначених вище, результати відповідають за точністю ортофотопланів масштабів від 1: 500 до 1: 2000 в залежності від висоти зйомки.

### Виклад основного матеріалу

Радіокерована аерофотозйомка – це фото / відео зйомка, за допомогою радіокерованих літальних апаратів, розмір яких не більше 2,5 м якщо йдеться про літаки і не більше 120 см, якщо говорити про мультироторних апаратах. Такі апарати як правило на електротязі, але бувають апарати і з бензиновими двигунами. Маса таких апаратів не перевищує 40 кг. Аерозйомка може здійснюватися і при мінус 25 градусах і при плюс 50. Обмеженнями для деяких видів аерозйомки може бути сильний вітер (більше 5 м / с) і опади. Як правило, управління радіокерованими моделями відбувається в таких межах видимості керуючого, коли він гарантовано бачить положення і напрямку руху моделі. В основному, на це впливають розміри і забарвлення моделі. Часто застосовуються спеціальні, яскраві і контрастні забарвлення, які спрощують визначення положення моделі в просторі і її помітність. Дальність дії апаратури управління, традиційно, сильно перевищує цю відстань. В аматорському середовищі іноді зустрічаються моделі керовані за допомогою трансльованих моделлю телеметрії і відеосигналу з бортової камери.

Радіокерована аерофотозйомка дає можливість оцінити взаємодію архітектурних (будівель) об'єктів і навколишнього простору, показуючи масштабне відношення між об'єктами, дає можливість для ви-

робництва планів та карт та відносно точного обстеження території. Для отримання хороших кадрів необхідно мати чітке уявлення про технічну сторону даного виду зйомок. Традиційно фотознімки з повітря отримували за допомогою фотокамер, які розміщувалися на громіздких літаках або гелікоптерах. Але подібні способи зйомки дуже дорогі і мають істотні обмеження по: мінімальній висоті мінімум -150 м від землі; польотам над певною територією; ціні (оренда літака з екіпажем, фотооператора і т.д.); узгодженню маршруту польоту з диспетчером; підготовці літака – більше 1 години; перегляду результатів тільки після посадки літака (це як правило більше 3 годин); більш складна техніка.

Радіокерована аерофотозйомка – це просте і ефективне рішення. Вона має ряд переваг:

- мінімальний час на підготовку апаратури (до 15 хвилин);
- мінімальна висота зйомок від 40 см від землі;
- низький рівень шуму;
- максимальний рівень безпеки;
- мінімальний обслуговуючий персонал - до 3 чоловік;
- моментальний перегляд результату зйомки;
- корегування маршруту на місці;
- мобільність і компактність [5].



Рис. 1 – Гелікоптер

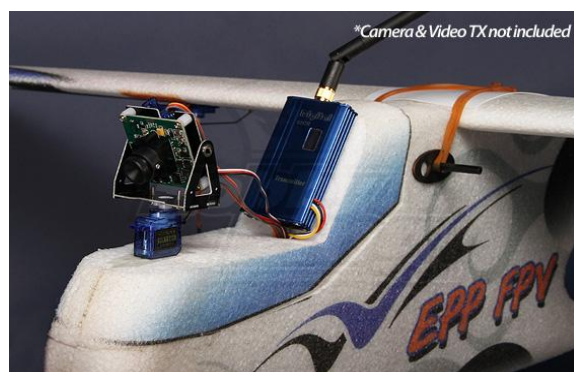


Рис. 2 – Літак



Рис. 3 – Квадрокоптер

Є три головних кути знімання. Кожен кут надає різне візуальне бачення знятої території, і використовується для різних цілей.

1. Вертикальний кут, (по вертикалі) – зображення виконується камерою спрямованою вертикально вниз, під кутом 90 градусів. Такий кут зйомки дає можливість побачити об'єкти зверху з мінімальним спотворенням, а також побачити масштабні відношення поруч розташованих об'єктів. Використовується в основному в картографії (для створення карт невеликих територій), фотограмметрії (для знімання природних ландшафтів), рис. 5.

2. Середній кут нахилу оптичної вісі – зйомка, виконана під кутом до 40 градусів. Цей кут зйомки дає більший огляд земної поверхні, але не показує лінію горизонту,



Рис. 4 – Гексокоптер («літаючий паук»)

отже небосхилу ще не видно. Таку зйомку застосовують для обстеження територій або пошуків об'єктів, людей, рис. 6.

3. Великий кут нахилу оптичної вісі – зйомка, виконана під кутом більше 70 градусів. Такий кут зйомки дає максимальний кут огляду місцевості і захоплює лінію горизонту і частину небосхилу, рис. 7.

Аерофотозйомка з БПЛА принципово не відрізняється від зйомки з «великих літаків», але має певні особливості. Політ БПЛА, як правило, проводиться з крейсерською швидкістю 70-110 км / год (20-30 м / с) в діапазоні висот 300-1500 м. Для зйомки зазвичай використовуються неметричні побутові камери з розміром матриці 10-20 мегапікселів. Фокусна відстань камер зазвичай становить близько 50 мм, що відповідає розміру пікселя на місцевості (GSD) від 7



Рис. 5 – Вертикальне аерофотознімання



Рис. 6 – Нахилене аерофотознімання, під кутом до 40 градусів



Рис. 7 – Нахилене аерофотознімання, під кутом 70 градусів

до 35 см. Часто знімки з БПЛА обробляються простими нестрогими методами (афінне перетворення знімків на площину). В результаті, користувач отримує накидні монтажні, які крім низької точності можуть містити розриви контурів на стиках сусідніх знімків. Для чіткої фотограмметричної обробки даних аерозйомки та отримання максимально точних результатів необхідно, щоб знімки в одному маршруті мали потрібне перекриття, а перекриття між знімками сусідніх маршрутів при суцільній зйомці складало не менше 20%. На практиці, при зйомці з БПЛА ці параметри витримуються далеко не завжди. Політ БПЛА не стійкий, на нього впливають пориви вітру, турбулентність і інші негативні фактори. Якщо зйомку із звичайних літаків планують з пе-

рекриттям уздовж маршруту 60%, а між маршрутами 20-30%, то проектувати зйомку з БПЛА слід з перекриттям вздовж маршрутів 80%, а між маршрутами – 40%, щоб, по можливості, виключити розриви в фото-триангуляційному блоці [2].

На БПЛА, як правило, встановлюються цифрові камери Canon. Це пов'язано з легкістю електронного управління камерами цієї фірми. Використання побутових камер має як переваги (невисока вартість, легкість заміни при жорсткій посадці), так і недоліки. Основним недоліком є те, що побутові камери спочатку не відкалібровані - невідомі їх точні фокусні відстані, головна точка, дисторсія. При цьому нелінійні спотворення оптики (дисторсія), допустимі при побутовій зйомці, можуть становити до

декількох десятків пікселів, що на порядок знижує точність результатів обробки. Однак, такі камери можуть бути відкалібровані в лабораторних умовах, що дозволяє дотримуватися точності обробки, практично такої ж, як і для професійних малоформатних фотограмметричних камер [1].

Доцільніше встановлювати на такі камери об'єктиви з фіксованою фокусною відстанню. При зйомці слід виставляти фокусування на нескінченність і відключати функцію «автофокусування». Другий недолік використовуваних на БПЛА камер відноситься конкретно до камер Canon - в них, на відміну від професійних фотограмметричних камер, використовується щільний затвор, внаслідок чого експозиція різних частин зображення проводиться в різні моменти часу і відповідає різним положенням носія. Так, якщо витримка при зйомці складає 1/250 с, то при швидкості БПЛА в 20 м / с зміщення камери при зйомці кадру становить 8 см, що порівнянно з роздільною здатністю зйомки на малих висотах і викликає додаткову систематичну помилку на знімку «змаз». Такі помилки можуть накопичуватися в процесі фотограмметричного згущення, при зйомці видовжених територій. Для того, щоб зменшити вплив цього ефекту і для ліквідації «змазу» знімків, слід здійснювати зйомку з БПЛА з найменшими

можливими витримками (не довше 1/250 с, максимальна витримка залежить від висоти). Частково проблему щільного затвора могли б вирішити камери з центральним затвором, які порівнянно з камерами Canon мають вищу якість об'єктива і матриць. Проте, щоб уникнути «змазу», величину витримки все одно слід обмежувати. Сучасний рівень розвитку навігаційних засобів дозволяє проводити вимірювання елементів зовнішнього орієнтування (ЕЗО) безпосередньо в процесі зйомки. Типові точності таких вимірів досягають одиниць сантиметрів по просторовим координатам X, Y і Z і 0,005 градуса по кутах нахилу для найточніших систем, які встановлюваних на «великі літаки». Часто цього достатньо, щоб виконувати обробку без використання опорних точок. У будь-якому випадку, наявність таких даних значно спрощує обробку і дозволяє виконувати деякі етапи обробки повністю в автоматичному режимі [3].

Отже, радіокерована аерофотозйомка може дати новий погляд на повсякденні предмети і місця. Розвиток електронних компонентів фото і відео техніки відкриває нові можливості для виробництва планів та карт, максимально точного обстеження території, а також для творчості, роблячи наше життя цікавішим.

### **Висновки та пропозиції**

Використання БПЛА в якості аерозйомочної платформи має великі перспективи при зйомці невеликих за протяжністю площинних об'єктів і при зйомці лінійних об'єктів. Дані з БПЛА дозволяють отримувати якісні картографічні матеріали (просторові дані) за таких умов:

1. Виконанні певних (цілком посильних) вимог до знімальної апаратури і

процесу зйомки (гарантія достатності перекриттів);

2. Чіткої фотограмметричної обробки матеріалів аерофотозйомки. Точність при цьому зростає в десятки раз і може становити як і для звичайної аерозйомки і космічних знімків.

### **Література**

1. Чібунічев А. Г. Калібрування цифрових фотокамер/ А. Г. Чібунічев, А. П. Михайлов, А. В. Говоров // Друга науково-практична конференція РОФДЗ. Тези доповідей. – М., 2001. – С. 38.

2. Скубієв С. І. Використання безпілотних літальних апаратів для цілей картографії. / С. І. Скубієв // Від знімка до карти: цифрові фотограмметричні технології: Ттзи X-ї ювілейної міжнародної науково-технічної конференції .– Гаета, Італія, 2010 р.

3. Сечін А.Ю. Безпілотні літальні апарати: застосування в цілях аерофотозйомки для картографування / А. Ю. Сечін, М. А. Дракін, А. С. Кісельова – М.: Ракурс, 2014.

4. Зінченко О. Н. Застосування аерофотозйомки з метою картографування / О. Н. Зінченко. – М.:Ракурс, 2011.

5. www.geocopter.nl

Надійшла до редколегії 22.09.2014