

ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ ТА ГЕОДЕЗІЯ

УДК 528.72:528.42

Янчук Р. М. к.т.н., доцент, Трохимець С. М., ст. викладач
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

СТВОРЕННЯ КАРТОГРАФІЧНОЇ ОСНОВИ ДЛЯ РОЗРОБКИ ГЕНЕРАЛЬНИХ ПЛАНІВ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ЗА МАТЕРІАЛАМИ АЕРОЗНІМАННЯ З НЕПРОФЕСІЙНИХ БПЛА

Проаналізовані перспективи використання безпілотних аерознімальних систем для створення планово-картографічної основи при розробці генеральних планів населених пунктів. Розглянуті основні технологічні етапи створення цифрового ортофотоплану місцевості на основі матеріалів безпілотного аерознімання з використанням неспеціалізованих бюджетних апаратів. Проведено оцінку точності отриманих результатів.

Ключові слова: безпілотні літальні апарати, аерознімання, генеральний план, ортофотоплан.

Вступ. Генеральний план населеного пункту є основним видом містобудівної документації на місцевому рівні, призначеної для обґрунтування довгострокової стратегії планування та забудови території населеного пункту [1].

Генплан враховує побажання інвесторів з погляду житлової, промислової та комерційної забудови, передбачає проектування інженерної та соціальної інфраструктури, необхідної для функціонування сталого та гармонійного розвитку поселення. Основою для складання генеральних планів нових населених пунктів та реконструкції старих є актуальні великомасштабні топографічні плани. Основними методами отримання таких матеріалів є наземне геодезичне знімання та аерофотознімання. Перший метод – досить трудомісткий і пов'язаний із значними витратами часу, а другий має високу вартість та малоефективний у випадку картографування незначних за площею населених пунктів. В останні роки для великомасштабного картографування все більшого поширення набуває застосування професійних геодезичних безпілотних апаратів, але їх використання обмежене високою вартістю обладнання.

Поряд із спеціалізованими безпілотними апаратами, які здатні



забезпечувати високоточні матеріали, придатні для великомасштабного картографування і за точністю не поступаються пілотованим аерознімальним системам, в останні роки на ринку з'являються бюджетні безпілотні апарати широкого вжитку, які можуть забезпечувати достатню точність знімання для вирішення широкого кола завдань з мінімальними економічними затратами.

Аналіз останніх досліджень. На сьогоднішній день аналіз можливості використання матеріалів аерознімання з безпілотних літальних апаратів для великомасштабного картографування викладено у працях багатьох вітчизняних та закордонних авторів. Серед основних досліджень з даної тематики слід виділити роботи Глотова В.М. [2–5], Петрова М.В. [6], Сечина Ю.А. [7], Ессіна С.С. та ін. В даних роботах викладені результати практичних досліджень використання, здебільшого, спеціалізованих геодезичних БПЛА відомих світових брендів, у той час як питання застосування сучасних непрофесійних апаратів вивчено мало.

Мета дослідження. Метою проведення дослідження є оцінка можливості використання матеріалів безпілотного аерознімання, отриманих з непрофесійних БПЛА з метою створення топографо-геодезичної основи для розробки генеральних планів забудови населених пунктів.

Постановка завдання. Генеральні плани забудови сільських населених пунктів розробляються на основі топографічних планів масштабу 1:5000 або 1:2000 (залежно від площі населеного пункту) з висотою перерізу рельєфу 0,5 м [8]. В даній статті будуть розглянуті етапи створення ортофотоплану місцевості на основі матеріалів аерознімання з безпілотного літального апарату PHANTOM 3 Professional. Основні технічні характеристики квадрокоптера та знімальної камери наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Технічні характеристики квадрокоптера PHANTOM 3 Professional

Найменування характеристики	Показники
Характеристики квадрокоптера PHANTOM 3 Professional	
Вага	1280 г
Максимальна швидкість	16 м/с
Дальність польоту	2000 м
Крейсерська висота відносно точки запуску	100-150 м
Макс. час польоту	23 хв
Робоча температура	0° С - 40° С

продовження табл. 1

Характеристики знімальної камери	
Діапазон коливання підвісу при нахилі	-90° до +30°
Роздільна здатність	12,4 Мп
Кут огляду	94°
Фокусна віддаль	20 мм (в 35 мм еквіваленті)

Об'єктом дослідження було обрано територію населених пунктів Жаврів та Глибочок Гощанського району Рівненської області загальною площею 230 га, з перепадом висот 40 метрів. Аерознімальні роботи виконувались у травні 2016 р.

Програма досліджень виконувалась за наступною технологічною схемою.

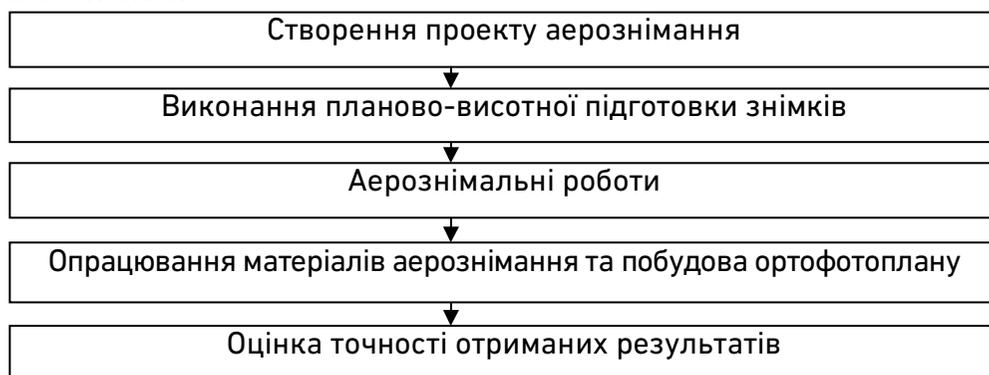


Рис. 1. Технологічна схема створення ортофотоплану за результатами аерознімання з БПЛА

Створення проекту аерознімання виконувалось в програмному додатку Pix4Dcapture. Дане програмне забезпечення призначене для роботи з БПЛА вертолітного типу виробництва компанії DJI. Планування місії виконується в наступному порядку:

1. Завантаження підкладки у вигляді космічного знімку безпосередньо на об'єкті знімання.

2. Вибір швидкості. За замовчуванням швидкість встановлюється на максимальне значення (для PHANTOM 3 Professional 15 м/с).

3. Вибір кута нахилу камери (90° – надирний напрямок).

4. Вибір величини поздовжнього перекриття знімків (70, 80 або 90%). Поперечне перекриття розраховується таким чином, щоб відстань між сусідніми маршрутами була в двічі більшою за відстань між сусідніми знімками одного маршруту. В нашому випадку величина поздовжнього перекриття становила 80%.

5. Вибір висоти польоту. Чим вища висота, тим більша площа



доступна для знімання, але нижча роздільна здатність отриманих фотознімків. У нашому випадку була прийнята висота знімання 100 метрів, що забезпечує роздільну здатність на місцевості близько 4 см.

6. Вибір площі знімання здійснюється за допомогою прямокутної сітки. Через обмежений ресурс елементів живлення територію знімання було розбито на 6 блоків з певним перекриттям, для кожного з яких було створено окремий проект зальоту.

Виконання планово-

Більшість непрофесійних БПЛА не укомплектовані високоточними GNSS-приймачами з функцією RTK, а отже, не дозволяють з потрібною точністю визначати координати центрів проекції. Для отримання високоточних ортофотопланів місцевості за таким матеріалом необхідно виконувати польову планово-висотну підготовку знімків.

У якості планово-висотних опознаків можуть використовуватись чіткі контури та об'єкти місцевості. У випадку відсутності таких об'єктів безпосередньо перед виконанням знімання необхідно розкласти штучні маркери, форма, розмір і колір яких дозволить точно ідентифікувати їх на знімках і використати для геодезичної прив'язки.



Рис. 2. Зображення маркера розміром 50x50 см

На території об'єкта дослідження було встановлено 32 планово-висотних опознаки, виготовлених із листів пластика квадратної форми із розміром сторони 50 см. Визначення просторових координат маркерів виконувалось шляхом GNSS спостережень в режимі RTK GNSS-приймачем Leica GRX 1200.



Аерознімальні роботи виконувались в автоматичному режимі з використанням програмного додатку Pix4Dcapture. Вибір місця запуску здійснювався на підвищених тавідкритих, по можливості, ділянках місцевості у радіусі 150 м від центру кожного блоку знімання.

Опрацювання матеріалів аерознімання та створення ортофотоплану виконувалось в програмному забезпеченні Agisoft PhotoScan Professional.

Основні етапи опрацювання даних в PhotoScan показані на наступній схемі.

Рис. 3. Схема розташування маркерів

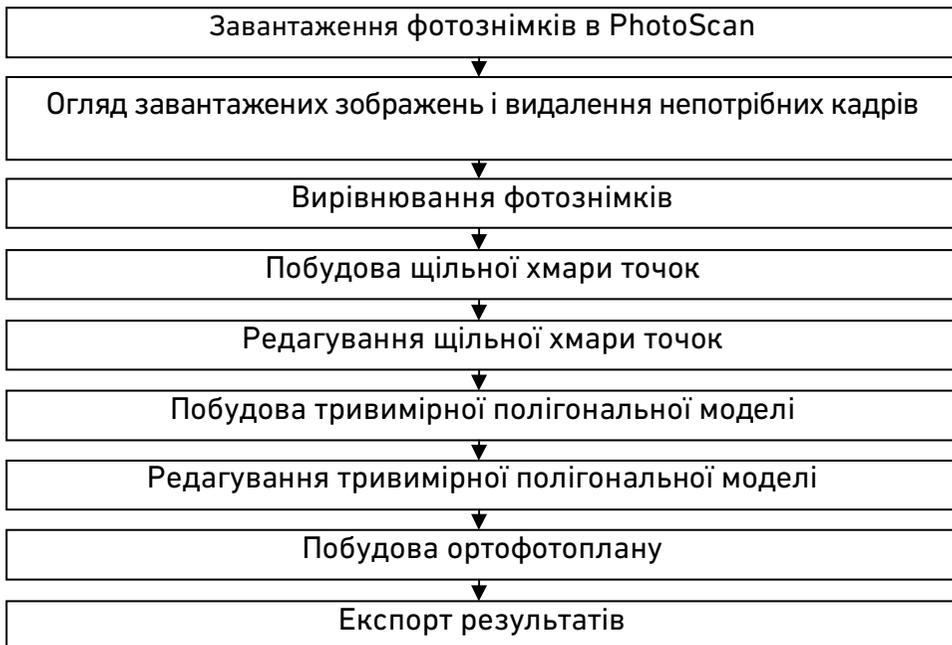


Рис. 2. Основні етапи опрацювання даних в PhotoScan



Оцінка точності отриманих результатів виконувалась шляхом порівняння координат контрольних точок, визначених з побудованого ортофотоплану з координатами, отриманими за результатами GNSS спостережень на місцевості. Для польового контролю було використано 10 контрольних точок на різних ділянках об'єкту знімання. Результати контролю планового та висотного положення точок наведені в таблицях 2 і 3.

Таблиця 2
Результати польового контролю точності планового
положення точок

№ точки	Ортофотоплан		GNSS спостереження		Відхилення		
	X, м	Y, м	X _к , м	Y _к , м	D _x , м	D _y , м	D, м
1	8582,36	5081,72	8582,28	5081,63	0,08	0,09	0,12
5	8912,99	5411,42	8913,03	5411,63	-0,04	-0,21	0,20
7	8467,47	5383,54	8467,42	5383,65	0,05	-0,11	0,12
10	8760,00	5311,05	8759,91	5311,10	0,09	-0,05	0,10
13	8401,16	5668,72	8401,07	5668,59	0,09	0,13	0,16
16	8450,08	5827,46	8450,04	5827,58	0,04	-0,12	0,13
20	8514,04	6183,85	8514,11	6183,96	-0,07	-0,11	0,13
24	7421,44	5580,46	7421,58	5580,33	-0,14	0,13	0,19
28	7138,02	5710,22	7137,86	5710,26	0,16	-0,04	0,16
29	7197,44	5494,15	7197,31	5494,06	0,13	0,09	0,16

Таблиця 3
Результати польового контролю точності висотного
положення точок

№ точки	Ортофотоплан	GNSS спостереження	Відхилення
	H, м	H _к , м	D _н , м
1	215,35	215,15	0,20
5	217,62	217,48	0,14
7	216,58	216,7	-0,12
10	212,75	212,88	-0,13
13	223,80	223,90	-0,10
16	225,36	225,08	0,28
20	231,05	230,88	0,17
24	240,65	240,79	-0,14
28	244,52	244,36	0,16
29	241,50	241,30	0,20

На основі відхилень координат контрольних точок були розраховані середні квадратичні помилки планового та висотного положення точок: $m_x=0,10$ м, $m_y=0,12$ м, $m_H=0,18$ м. Отримані значення відповідають вимогам інструкціям зі складання топографічних та кадастрових планів масштабу 1:2000 [9].

За результатами проведених досліджень можна зробити висновки, що з використанням низькобюджетних непрофесійних БПЛА за умов детальної планово-висотної підготовки знімків, забезпечення перекриття до 70-80% та використання спеціально розробленого програмного забезпечення, призначеного для опрацювання «некондиційних», з точки зору класичної фотограмметрії, зображень, можна отримати якісну планово-картографічну основу для складання генеральних планів населених пунктів в короткі терміни та з невеликими економічними витратами.

1. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 34, ст. 343). **2.** Аналіз експериментальних робіт з створення великомасштабних планів сільських населених пунктів при застосуванні БПЛА / Галецький В., Глотов В., Колесніченко В. [та інші] // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2012. – № 76. – С. 85–93. **3.** Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарата / Глотов В., Церклевич А., Збруцький О., Колісніченко В. [та інші] // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, випуск I(27). – 2014. – С. 131–136. **4.** Глотов В. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів / Глотов В., Гуніна А. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, випуск II(28). – 2014. – С. 65–70. **5.** Глотов В. Застосування стереофотограмметричного методу для створення картматеріалів при проектуванні генеральних планів сільських населених пунктів / Глотов В. М., Кордуба Ю. Г. // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2011. – № 74. – С. 97–101. **6.** Петров М. Практический опыт использования бпла swinglet производства компании sensefly (швейцария) / Петров М. В. // Геопрофи. – 2013. – С. 60–62. **7.** Сечин А. Ю. Беспилотный летательный аппарат: Применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 2) / Сечин А. Ю., Дракин М. А., Киселева А. С. // Ракурс. – 2011. **8.** ДБН Б.1.1-15:2012 «Склад та зміст генерального плану населеного пункту». **9.** Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98). К., 1999.

Рецензент: д.т.н., професор Мошинський В. С. (НУВГП)



Yanchuk R. M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Trokhymets S. M., Senior Lecturer (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

CREATING CARTOGRAPHIC BASIS FOR DEVELOPING MASTER PLANS OF SETTLEMENTS ON MATERIALS OF AERIAL SURVEYS USING UNSPECIALIZED INEXPENSIVE UAV

The prospects of use UAVs to create cartographic basis for development master plans of settlements. The main technological stages of creating digital orthophoto on the basis materials of unmanned aerial photography of using unspecialized inexpensive UAV. The accuracy of the results has been estimated.

***Keywords:* unmanned aerial vehicles, aerial photography, master plan, orthophoto.**

Янчук Р. М., к.т.н., доцент, Трохимец С. Н., ст. преподаватель
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

СОЗДАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ГЕНЕРАЛЬНЫХ ПЛАНОВ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ПО МАТЕРИАЛАМ АЭРОСЪЕМКИ С НЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БПЛА

Проанализированы перспективы использования беспилотных аэросъемочных систем для создания планово-картографической основы при разработке генеральных планов населенных пунктов. Рассмотрены основные технологические этапы создания цифрового ортофотоплана местности на основе материалов беспилотной аэросъемки с использованием неспециализированных бюджетных аппаратов. Проведена оценка точности полученных результатов.

***Ключевые слова:* беспилотные летательные аппараты, аэросъемка, генеральный план, ортофотоплан.**
