

УДК 528.1:528.4

## АНАЛІЗ І ПЕРСПЕКТИВИ АЕРОЗНІМАННЯ З БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА

**В. Глотов, А. Церклевич**

Національний університет “Львівська політехніка”

**О. Збруцький, В. Колісніченко, О. Прохорчук,**

**Р. Карнаушенко, В. Галецький**

НТУ “Київський політехнічний інститут”

**Ключові слова:** аерознімання, безпілотний літальний апарат (БПЛА), дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), цифрові знімальні камери.

### Постановка проблеми

Основна мета використання БПЛА – отримання зображень території із заданими характеристиками. Загальновідомо, що аерознімання як вид ДЗЗ – економічно і технологічно виправданий спосіб збору просторової інформації, основа для створення топографічних планів і карт, створення тривимірних моделей рельєфу і місцевості. Аерознімання вже протягом століття є ефективним інструментом для виконання пошукових робіт у галузі геодезії, геолого-геофізичних розвідок та проведення різного виду моніторингів.

У наш час стрімко зростає застосування у аерозніманні БПЛА. Це зумовлено багатьма причинами і передусім собівартістю аерознімання, яка на декілька порядків (!) менша від застосування пілотованих літаків. Крім високої економічної ефективності, БПЛА мають додаткові переваги над традиційним аерозніманням і космічним зніманням. Зокрема, відзначимо можливість [4]:

- проводити низьковисотне знімання для одержання чіткого зображення місцевості;
- знімати під кутом до горизонту (перспективне знімання), що неможливо здійснити у випадку космічного знімання і доволі складно реалізувати в умовах традиційного аерознімання;
- створення панорамних знімків (супутникове і традиційне аерознімання не дають такої можливості);
- детального знімання невеликих об’єктів (площинних і лінійних територій промислових забудов, ліній електропередач, транспортної інфраструктури, територій затоплень, гірських видобувань і відвалів тощо), а також для картографування та складання кадастрових планів міських і сільських населених пунктів;
- мобільного й оперативного знімання території, зокрема, в зонах надзвичайних подій в режимі реального часу відслідковувати ситуацію: весь цикл, від виїзду на об’єкт знімання до отримання результатів, може займати кілька годин;
- оминати складну підготовчу та організаційну процедуру польотів.

Однак для якісного виконання цих завдань необхідно ще відпрацювати технологічні задачі застосування БПЛА в аерозніманні.

### Зв’язок із важливими науковими і практичними завданнями

БПЛА з кожним роком займають все більший сектор як у воєнній, так і в цивільній сфері. На початку ХХІ ст. БПЛА виробляли в 52 країнах світу. Десятки великих підприємств і малих фірм конкурують на цьому ринку, розробивши і випробувавши понад 150 типів безпілотних літальних апаратів. Якщо враховувати перспективні розробки, то сьогодні актуальні майже 300 проектів безпілотних систем як у воєнній, так і у господарсько-економічній діяльності [5]. Спектр застосувань БПЛА безперервно розширюється і можна очікувати, що ця тенденція збережеться і в майбутньому. Для прикладу, можна виділити такі сфери застосування БПЛА:

- дистанційне зондування землі, цифрове 2D і 3D-картографування;
- моніторинг небезпечних для людини об’єктів (зона відчуження навколо ЧАЕС, пожежі лісових масивів, шкідливих виробництв, складів зброї тощо);
- моніторинг магістральних трубопроводів з метою запобігання несанкціонованому відбору продуктів, а також витоків, розривів тощо;
- контроль за державним кордоном України;
- інформаційне забезпечення операцій МНС в зоні екологічних і техногенних катастроф (наприклад, зона ЧАЕС, пожежі на шкідливих виробництвах тощо);
- інформаційне забезпечення Державної прикордонної служби з охорони морської економічної зони України від браконьєрського вилову риби;
- пошукові та рятувальні роботи;
- ретрансляція сигналів;
- хімічна і біологічна обробка лінійних і площинних об’єктів у сільському господарстві;
- метеорозвідка;
- інвентаризація земель населених пунктів і сільськогосподарських угідь;
- контроль за станом лісових масивів, сільськогосподарських посівів, стеження за якістю і своєчасністю проведення різних заходів на цих територіях.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Кількість публікацій, в яких рекламуються можливості БПЛА різного конструктивного типу, невпинно зростає. Оскільки перелік моделей, їхні переваги і недоліки зайняли би багато місця, допитливого

читача відсилаємо до посилань в Інтернеті за ключовим словом БПЛА. В деяких роботах [5–7] подано системний аналіз використання різного типу моделей БПЛА з метою аерознімання територій для картографування. Однак зазначимо, що тенденція розвитку БПЛА спрямована переважно на використання літакового і вертолітного типів порівняно з іншими моделями (рис. 1). Крім того, розвиток цифрових методів фотограмметричної обробки вже призвів до появи програм і програмних комплексів, здатних опрацьовувати не зовсім кондиційні матеріали аерознімання в автоматизованому та навіть автоматичному режимах, що дає змогу застосовувати цифрові неметричні знімальні системи та відмовитись від гіростабілізувальних пристроїв та геодезичних GPS приймачів [8].

### Невирішені частини загальної проблеми

Застосовуючи БПЛА для процесу топографічного аерознімання, необхідно розв'язати низку задач, а саме:

- проаналізувати виконані дослідження з метою виявлення недоліків застосування БПЛА у аерозніманні;
- визначити перспективи розвитку БПЛА для ДЗЗ.

### Постановка завдання

Впродовж чотирьох років автори цієї публікації проводять експериментально-дослідницькі роботи із впровадження БПЛА в аерознімальний процес [1–4]. Результати цих робіт показали, що є ще багато складних проблем, для вирішення яких необхідне не тільки матеріальне забезпечення, але й розв'язання технологічних питань з конструювання, навігації, оперативності опрацювання отриманих матеріалів тощо. Тому авторам, які безпосередньо займаються реальними випробуваннями

цих апаратів, незрозуміла деяка ейфорія, яка виникла у геодезичному середовищі, що начебто усі питання розв'язані і вже можна впроваджувати будь-які БПЛА, які рекламують неспеціалізовані фірми. Хотілося, однак, підкреслити, що реклама нерідко видає вимріяне за дійсність, а справжні фахівці не повинні на це спокушатись!

Отже, аналіз власного досвіду розвитку та застосування БПЛА у визначенні шляхів вдосконалення його використання для отримання якісних аерознімальних матеріалів з картографічною метою, на нашу думку, заслуговує на увагу фахівців.

### Виклад основного матеріалу

Для визначення поставленої задачі зробимо невеликий огляд проведених експериментів і на цій підставі проаналізуємо можливість та перспективи застосування БПЛА у процесі аерознімання.

Перейдемо безпосередньо до розглядання результатів проведених експериментів.

Впродовж першого етапу робіт виконано багатомаршрутне аерознімання ділянки села Колонщина Київської області з борту БПЛА “Птах” конструкції ФАКС НТУУ-“КПІ” (рис. 2) [3]. Аналіз отриманих результатів виявив ряд недоліків запропонованої технології аерознімання, зокрема:

- недостатньо точне дотримання швидкості та висоти польоту через відсутність у пілота оперативної телеметричної інформації;
- нестабільність системи дистанційного керування літаком на відстані понад 700 метрів та низьку стійкість системи до електромагнітних завад;
- недостатній захист фотокамери під час переміщення БПЛА по поверхні землі;

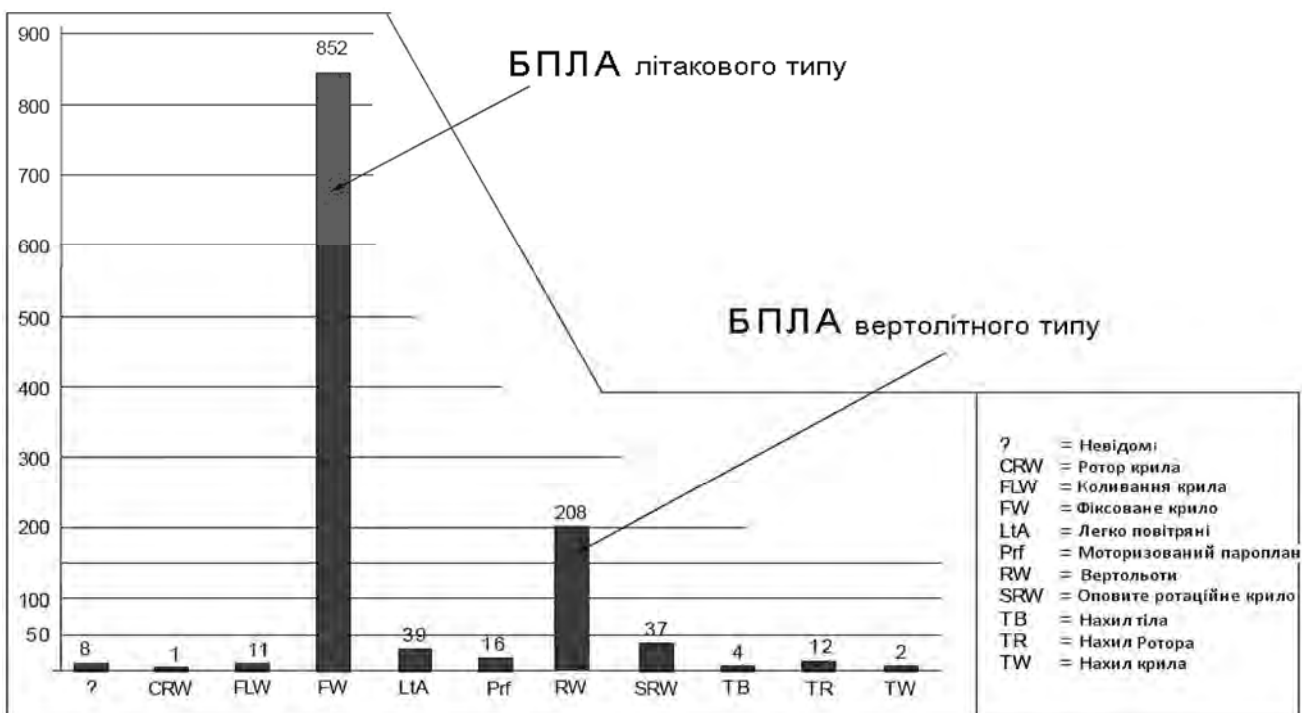


Рис. 1. Діаграма співвідношення кількості БПЛА літакового і вертолітного типів до усіх інших (за даними UVS International – провідної міжнародної асоціації безпілотних систем)  
www.uvs-international.org

– незручний оперативний доступ до фотокамери, що ускладнював зміну налаштувань;

– високий рівень вібрації, що призводив до змазу зображення;

– порівняно велику швидкість польоту на маршруті.

З іншого боку, незважаючи на недоліки, за результатами обробки отриманих матеріалів зроблено висновок про перспективність продовження цих робіт. З цією метою автори спроектували та виготовили зразок спеціалізованого малого безпілотного літака “Пегас” з електричним двигуном. Особовості цієї конструкції уможливили коротку дистанцію зльоту та посадки в поєднанні з низькою швидкістю польоту (рис. 3) [1, 4]. Виняткову увагу під час конструювання літака було зосереджено на забезпеченні захисту бортового обладнання та аеропристрою під час зльоту та посадки. Літак оснащено новою дистанційною системою керування з високим радіусом дії, сучасною інтегрованою системою визначення, реєстрації та дистанційного моніторингу параметрів польоту.

Для виконання першого експерименту на борту літака на аеропристрої було встановлено камеру Canon EOS 450D, під'єднану до інтервалометра [2]. Дистанційне відкриття фотолоюка та увімкнення інтервалометра здійснювалося за допомогою окремого пульта керування.

Другий етап експериментальних робіт складався з двох частин. У грудні 2011 р. виконано аерознімання тієї самої ділянки села Колонщина Київської області. Основним завданням експерименту було дослідження точності пілотування під час проходження паралельних маршрутів довжиною 1000 метрів на висоті польоту 300 метрів відносно точки старту (рис. 4). Маршрути побудовано за наземними орієнтирами, контроль літака здійснював оператор із Землі візуально. Прямолінійність та точність проходження маршрутів з першої ж спроби дотримано з високою точністю. Також задовільним було дотримання висоти та швидкості польоту.

Другу частину робіт проведено у квітні 2012 р. у смт. Рудники Миколаївського р-ну Львівської області. Метою цієї частини експериментальних робіт було відпрацювання технології аерознімальних робіт у сільському населеному пункті та отримання якісних фотоматеріалів ділянок сільської забудови. Роботи виконувались за сприятливих погодних умов: відсутність хмарності, вітер силою до 5 м/с. Протягом льотного дня виконано 5 польотів з непідготовлених майданчиків. Деякі зльоти і посадки відбувалися просто з вулиць села. Впродовж 30 хвилин польотів з висоти 300 м знято маршрути загальною довжиною близько 6 км, а деякі з них повторно знято з метою вдосконалення технології навігації та знімання.

Третій етап експериментів полягав у проведенні блочного знімання території села Вівня Стрийського району Львівської області. Його околиці: городи та поля являють собою вирівняну плоску поверхню. Вона утворилась наносами і відкладами річкових потоків, початок яких у Карпатах. Причому для контролю точності визначення координат точок об'єкта це населений пункт, на який вже створено топографічний план у масштабі 1:2000. Тобто фактично кожний чіткий контур міг слугувати опорною або контрольною точкою.

Аерознімання проведено за допомогою БПЛА “Пегас” у травні місяці. У цей період ще не настав вегетаційний період.

Проект аерознімання виконано на ортофотоплані, з винесенням та закріпленням на місцевості кінців маршрутів. Основні параметри аерознімання такі: висота – 300 м, шляхова швидкість – 60 км/год, масштаб знімання – 1:17000, фокусна віддаль цифрової знімальної камери Canon EOS-450D – 18 мм. Запроектвані перекриття становили:  $P_x = 80\%$ ,  $P_y = 40\%$ , кількість маршрутів – 8, інтервал фотографування – 2,5 с.

Технологічно аерознімання виконано за допомогою навігаційного обладнання та ручним керуванням літака: заведення на початок маршруту з розворотом та прямуюванням на кінець маршруту, де перебував пілот [2].

Аналізуючи якість отриманих маршрутів, необхідно зазначити, що прямолінійність, кут зносу та повздожне перекриття знімків зафіксовано у межах допусків (рис. 4). Однак залишилась невирішеною проблема – доволі великі кути тангажу та крену, що, імовірно, зумовлено недостатньою стабілізацією БПЛА.

Для визначення кількісних параметрів отриманих зображень оброблено вибірккові стереопари різних маршрутів (за дев'ятьма опорними точками). Причому обробку проведено без урахування спотворень за дисторсію і з виключенням цієї аберації. Результати точності орієнтування подано в таблиці.

#### Значення СКП просторових координат у результаті орієнтування без урахування і з урахуванням дисторсії

СКП, м	$M_x$	$M_y$	$M_z$
З аберацією	0,430	0,187	0,623
Без аберації	0,155	0,080	0,314

Аналізуючи наведені результати, зазначимо, що, поперше, абераційні спотворення, безумовно, необхідно враховувати. По-друге, точність орієнтування знімків дає змогу створювати великомасштабні плани фактично вже у масштабі 1:2000. Крім цього, у результаті орієнтування обчислюють кути нахилу знімків, у нашому випадку кути тангажу та крену були у межах 3–10 градусів, а кути зносу не перевищували 3–4 градусів. Це пояснюється тим, що хоча система стабілізації літака працює, але її недостатньо, щоб вийти на рівень до 5 градусів, натомість кут зносу, який можна регулювати у повітрі, дає мінімальний результат.

Оскільки головним завданням експериментальних робіт було проведення блочного знімання та надалі на цій основі процесу фототріангуляції, то зупинимось на цьому детально. Отже, у результаті аерознімання опрацьовано вісім маршрутів. Аналіз паралельності маршрутів вказує на те, що практично тільки три маршрути із восьми задовольняли допустимі норми, решта маршрутів розходились і утворювали “штани”, хоча при цьому поперечне перекриття не виходило за допустимі норми і фактично 50 % матеріалів можна було обробляти. Чому виникло це негативне явище? Пояснення одне: літак був неправильно скерований на початок маршруту, але потім, у другій половині маршруту, який був наближений до пілота, вдалось відкоригувати вихід на запроєктований маршрут.

	Злітна маса	65 кг
	Розмах крила	5 м
	Довжина	2,5 м
	Швидкість польоту	80–150 км/год
	Маса корисного навантаження	25 кг
	Час польоту з вантажем 25 кг	4 год
	Маса планера	32 кг
	Маса палива	5...10кг
	Двигун двоциліндровий	15 к.с.
	Злітна швидкість	60 км/год
	Посадкова швидкість	50 км/год
	Злітно-посадкова смуга	50...70 м
	Максимальна швидкість набору висоти	6,5 м/с
	Аеродинамічна якість, 95 км/год	15
Радіус віражу	40...60 м	

Рис. 2. Технічні характеристики та вигляд БПЛА “ФАКС-4 ПТАХ”

	Злітна маса	12 кг
	Розмах крила	2,4 м
	Довжина	1,7 м
	Швидкість польоту	50–110 км/год
	Маса корисного навантаження	5/7,5 кг
	Час польоту з вантажем 1,5 кг	0,5/4 год
	Маса планера	8/8,5 кг
	Двигун електричний	2/3,5 кВт
	Злітна швидкість	40 км/год
	Посадкова швидкість	40 км/год
	Злітно-посадкова смуга	25 м
	Максимальна швидкість набору висоти	4 м/с
Аеродинамічна якість, 80 км/год	11	
Радіус віражу	30 м	

Рис. 3. Технічні характеристики та вигляд БПЛА “ФАКС-5 ПЕГАС-Е та -G”



Рис. 4. Один з маршрутів блочного знімання

Отже, у результаті обробки блока, який складається з вищевказаних трьох маршрутів, отримано середні квадратичні похибки за результатами незалежного порівняння координат контурних точок місцевості, визначених тахеометричним зніманням і аерозніманням:  $m_x = 0,39$  м,  $m_y = 0,46$  м,  $m_z = 0,94$  м, що свідчить про недостатню точність визначення координат для масштабу 1:2000. Це можна пояснити тим, що на краях блока та маршрутів (рис. 4) знімки мають доволі великий кут розвороту, тангажу та крену і в результаті цього виникають додаткові похибки в опрацюванні матеріалів аерознімання: велике значення поперечних паралаксів призводить до надмірних похибок.

	Злітна маса	7/8 кг
	Розмах крила	2,3 м
	Довжина	1 м
	Швидкість польоту	40–150 км/год
	Маса корисного навантаження	3/4 кг
	Час польоту з вантажем 1,5 кг	0,6/1,5 год
	Маса планера	4 кг
	Двигун електричний	1/2 кВт
	Злітна швидкість	35 км/год
	Посадкова швидкість	35 км/год
	Злітно-посадкова смуга	15 м
	Швидкість набору висоти	5 м/с
Аеродинамічна якість, 60 км/год	14	
Радіус віражу	15 м	

Рис. 5. Технічні характеристики та вигляд БПЛА “ФАКС-8 SkyBow-E та -G”

Для виправлення вищенаведених недоліків створено нову модифікацію БПЛА (рис. 5). Нині модель проходить експериментально-виробничі випробування.

Необхідно також зазначити, що літак обладнаний радіомаяком, парашутом та планується встановлення GPS-приймача для визначення лінійних елементів зовнішнього орієнтування. На літаку також встановлена відповідна навігаційна апаратура, яка дає змогу виконувати аерознімання в автоматичному режимі.

### Загальний аналіз матеріалів досліджень

Аналізуючи проведені експериментальні роботи, передусім відзначимо тенденцію розвитку аерознімання БПЛА. Її можна, на наш погляд, розгалужити у двох напрямках. Охарактеризуємо перший напрям:

1. Безпосередньо конструкція БПЛА максимально спрощується (немає стабілізаторів та аеропристрою для знімальної камери, GPS-приймача для визначення лінійних елементів зовнішнього орієнтування тощо).

2. Максимально зменшують габарити та вагу БПЛА, а відтак зменшується корисне навантаження.

3. Стабілізація досягається збільшенням швидкості польоту.

4. Запобігання розривам під час аерознімання досягається збільшенням перекриття знімків – як повздовжнього, так і поперечного перекриття (до 90 %).

5. Обробка зображень у процесі створення ортофотопланів проводиться в автоматичному режимі, тобто за рахунок удосконаленого сучасного програмного забезпечення.

У другому напрямі відзначимо:

1. Наявність потужних цифрових знімальних систем, що спроможні у польоті автоматично враховувати кут зносу, встановлення геодезичних GPS-приймачів, які з відповідною точністю визначають елементи зовнішнього орієнтування.

2. Навігаційне устаткування (відеокамера), яке дає змогу пілотувати літак як у ручному, так і в автоматичному режимах.

3. Пристрій стабілізації літака, який дозволяє зменшувати кути нахилу тангажу та крену, а відтак знижувати швидкість.

4. Утримування параметрів під час виконання процесу аерознімання (прямолінійність маршрутів, задане повздовжнє (60–80 %) та поперечне (30–40 %) перекриття).

5. Немає необхідності у проведенні польових робіт для планово-висотної прив'язки точок з метою виконання фототріангуляції.

Як перший, так і другий напрям має певні переваги. У першому варіанті позитивним є те, що габаритні розміри літака невеликі, його можна без зайвих обмежень транспортувати на об'єкт на будь-якому виді транспорту. Окрім цього, знімання повністю проводиться в автоматичному режимі, а це, своєю чергою, не вимагає присутності фахівців – операторів аерознімання. Однак необхідно зауважити, що наведені переваги не завжди компенсуються. Навіть для запроєктованого максимального перекриття знімків існує можливість розривів. Також не можна забувати про те, що через великі кути нахилу в процесі трансформування збільшуються

значення похибок, які можуть вплинути на точність визначення координат точок об'єкта. Ще один досить вагомий негативний аргумент, який необхідно враховувати, – це велика швидкість. Адже внаслідок великої швидкості та невеликої висоти польоту БПЛА виникає змаз зображення. Для прикладу, розрахуємо цю величину для таких параметрів знімання:  $H_{\phi} = 300$  м,  $f = 18$  мм,  $t = 0,01$  мм,  $W = 100$  км/год, тоді  $\sigma = 0,02$  мм, що на місцевості становитиме – 32 см. Як у першому, так і у другому напрямках не треба забувати про закривачі знімальних камер: вони повинні бути центральними, якщо ж вони штормно-щілинні, то це призводить до порушення ортоскопії [9]. Для підтвердження цього розрахуємо похибку у вимірюванні координат цифрового зображення для камери, яку встановили на вищеописаних БПЛА – Canon EOS-450D. Всі параметри приймемо з попередніх обчислень. У результаті отримаємо:  $\Delta x = 0,06$  мм, що знову ж таки на місцевості становитиме – 1 м! Звичайно, зменшити ці похибки можна насамперед за рахунок часу експозиції. Це означає, що проводити аерознімання необхідно у сонячну погоду, коли освітленість об'єкта максимальна. Однак тут виникає друга завада, а саме наявність великих тіней, що може погіршити якість вимірювань. Отже, для вирішення цієї проблеми потрібно застосовувати знімальні камери з центральними засувачами.

Розглянемо зміщення точок на знімку, викликане зміною кутів елементів зовнішнього орієнтування знімка, під час його формування. Зміщення координат точок  $\Delta x$  і  $\Delta y$  залежно від зміни кутів елементів зовнішнього орієнтування  $\Delta\omega$ ,  $\Delta\alpha$  і  $\Delta\kappa$  можна визначити за формулами наближеного трансформування. Для прикладу, зміщення  $\Delta x = 0,005$  мм можна отримати внаслідок повороту фотокамери відповідно на кути  $\Delta\omega = 5'$ ,  $\Delta\alpha = 0,7'$  і розвороту на кут  $\Delta\kappa = 2,5'$ . Ці зміни значень кутів елементів зовнішнього орієнтування можуть бути наслідком швидкості кутів еволюцій літального апарата за креном  $8^\circ$  за секунду, за тангажем  $1^\circ$  за секунду і ризиканням  $4^\circ$  за секунду. Зсув  $\Delta y$  спричиняє відповідно кути  $\Delta\omega = 0,8'$  і  $\Delta\alpha = 5'$  і розворот на кут  $\Delta\kappa = 1,7'$ , що відповідає швидкості кутів еволюцій за креном  $1,3^\circ$  за секунду, за тангажем  $8,3^\circ$  за секунду і ризиканням  $2,8^\circ$  за секунду. Подані розрахунки ще раз підтвердили те, що, виконуючи аерознімальний політ, необхідно забезпечити максимальну стабілізацію літака або визначення з достатньою точністю кутів елементів орієнтування знімків.

### Висновки

Отже, провівши узагальнений аналіз стосовно застосування БПЛА для цілей аерознімання, сформулюємо висновки:

1. Безумовно, застосування БПЛА для аерознімальних робіт є перспективним і це доведено величезним зацікавленням щодо впровадження у виробництво цих засобів.

2. На нашу думку, загальні вимоги до БПЛА повинні бути такими:

- а) необхідно забезпечити максимальну стабільність польоту за допомогою відповідного гіростабілізуючого обладнання;

б) наявність на борту геодезичного GPS-приймача, за допомогою якого у кінематичному режимі з достатньою точністю (10–20 см) визначатимуться лінійні елементи зовнішнього орієнтування знімків;

в) важливо встановити навігаційне обладнання, за допомогою якого можна реалізувати ручне, напів-автоматичне та автоматичне керування апаратом;

г) наявність аеропристрою, обладнаного мініатюрними інкрементальними роторно-оптичними давачами, за допомогою яких можна визначати кутові елементи зовнішнього орієнтування з точністю до декількох секунд;

д) важливими є засоби безпеки стосовно самого БПЛА та бортового обладнання (парашутна система, радіомаяк тощо);

е) наявність достатньо потужної цифрової камери з телеоб'єктивом, з погляду розрізнявальної здатності (не менше за 20–60 МП);

ж) обов'язкове метрологічне дослідження цифрових камер на предмет визначення дисторсії та елементів внутрішнього орієнтування;

з) можливість забезпечити політ БПЛА не менше від однієї години;

к) важливо забезпечити можливість транспортування БПЛА без наявності спеціальних засобів;

л) бажаним є обмеження злітно-посадкової смуги (реалізація режиму “зліт з руки” і глісаду в точку);

м) важливо забезпечити визначення у польоті кута зносу та його автоматичне встановлення за допомогою аеропристрою.

3. Надалі автори планують втілити у виробничий процес вищеперераховані вимоги (більша частина їх, за інформацією, яка наведена вище, вже реалізована) та провести випробування технологічної схеми аерознімальних робіт для створення ортофото- та топографічних планів за матеріалами знімання.

### Література

1. Галецький В. Другий етап експериментальних робіт з аерознімання сільських населених пунктів БПЛА / В. Галецький, В. Глотов, В. Колісниченко, О. Прохорчук, А. Церклевич // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища GPS і GIS технології: зб. наук. матер. XVII Міжн. наук.-техн. симпозиуму. – (Алушта, вересень 2012). – Львів. – 2012. – С.274–277.
2. Галецький В. Аналіз експериментальних робіт з створення великомасштабних планів сільських населених пунктів при застосуванні БПЛА / В. Галецький, В. Глотов, В. Колісниченко, О. Прохорчук, А. Церклевич // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів. – 2012. – № 76. – С.85–93.
3. Глотов В. Результати експериментально-випробувальних робіт / В. Глотов, В. Колісниченко // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища GPS і GIS-технології: зб. наук. матер. XIV Міжн. наук.-техн. симпозиуму. – (Алушта, вересень 2010). – Львів. – 2010. – С.164–169.
4. Глотов В. Аналіз і перспективи аерофотознімання з БПЛА / В. Глотов, А. Церклевич, В. Колісниченко, О. Прохорчук. // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища GPS і GIS технології: зб. наук. матер. XVIII Міжн. наук.-техн. симпозиуму. – (Алушта, вересень 2013). – Львів. – 2013. – С.5–10.
5. Зинченко О.Н. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования. (часть 1) / О.Н. Зинченко. – М.: Ракурс, 2011. – <http://www.racurs.ru/page=699/>.
6. Митрахович М.М. Беспилотные авиационные комплексы. Методика сравнительной оценки боевых возможностей / М.М. Митрахович, В.И. Силков, А.В. Самков, Х.В. Бурштынская. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2012. – 288 с.
7. Завалов О.А. Современные винтокрылые беспилотные летательные аппараты / О.А. Завалов, А.Д. Маслов. – М.: Московский авиационный институт (МАИ), 2008. – 196 с.
8. Сечин А.Ю. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 2) / А.Ю. Сечин, М.А. Дракин, А.С. Киселева. – М.: Ракурс, 2011. – <http://www.racurs.ru/page=699/>.
9. Михайлов А.П. О применении цифровых фотокамер со шторно-щелевым затвором для выполнения аэрофотосъемки с легкомоторных и беспилотных летательных аппаратов / А.П. Михайлов, Э.Р. Монтель Андраде, П.В. Мануэль де Хесус // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – М., 2013. – № 4. – С.30–32.

### Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарата

В. Глотов, А. Церклевич, О. Збруцький,  
В. Колісниченко, О. Прохорчук,  
Р. Карнаушенко, В. Галецький

Наведено результати та аналіз аерознімання з БПЛА сільських населених пунктів. Визначено проблеми, які виникають під час проведення аерознімального процесу, та можливості їх вирішення.

### Анализ и перспективы аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата

В. Глотов, А. Церклевич, О. Збруцький,  
В. Колісниченко, О. Прохорчук,  
Р. Карнаушенко, В. Галецький

Приведены результаты и анализ аэрофотосъемки с БПЛА сельских населенных пунктов. Определены проблемы, которые возникают во время проведения аэрофотосъемочного процесса и возможности их решения.

### Analysis and perspectives aeroshooting process with unmanned aircraft

V. Glotov, A. Tserklevich, O. Zbruckij,  
V. Kolisnichenko, A. Prokhorchuk,  
R. Karnaushenko, V. Galecky

The results and analysis of block aeroshooting from UAV rural village are presented. Attention is focused on a number of issues that arise during the aeroshooting process and on their possible solutions.