

DOI: 10.18372/2310-5461.51.15998

УДК 656.7

Г. А. Лещенко, д-р пед. наук, проф.
Льотна академія Національного авіаційного університету
orcid.org/0000-0001-9780-060X
e-mail: galelza@rambler.ru;

Я. С. Мандрик, канд. пед. наук
Льотна академія Національного авіаційного університету
orcid.org/0000-0002-4972-6991
e-mail: jana.mandryk@gmail.com;

В. М. Стратонов, канд. техн. наук
Льотна академія Національного авіаційного університету
orcid.org/0000-0002-7366-4137
e-mail: vadya862@gmail.com;

С. А. Давидов
Льотна академія Національного авіаційного університету
orcid.org/0000-0001-9194-0716
e-mail: docsa@i.ua

СПОСОБИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПІД ЧАС Авіаційного ПОШУКУ І РЯТУВАННЯ

Вступ

Надзвичайні ситуації (НС) як природного так і техногенного характеру постійно супроводжують людство та відбуваються вкрай непередбачувано. У зв'язку з впливом глобального потепління клімату протягом останнього десятиліття ми регулярно спостерігаємо руйнівні наслідки негоди у вигляді лісових пожеж, повеней, ураганів та ін. При чому саме через зміну клімату НС стають характерними й для нових територій. Україна не є виключенням, чому є підтвердженням масштабні лісові пожежі степових зон та лісів північних областей, зливові опади з ураганим вітром, які постійно призводять до підтоплень, зсувів ґрунту, або ж навіть повеней (характерно для гірської місцевості Карпат й площ, які є прилеглими до них, а також для причорноморських міст України).

Надзвичайні ситуації природного характеру постійно супроводжуються значними матеріальними втратами, загиблими та зниклими безвісти.

На сьогодні для проведення розвідки території НС чи пошуку визначених об'єктів (джерел НС, повітряних суден, постраждалих) залучають морально та технічно застарілі авіаційні засоби пошуку (літаки та вертольоти), які у деяких компонентах (економічність, ефективність) поступаються більш новим авіаційним засобам, що споряджені сучасним пошуковим обладнанням.

Постановка проблеми

Зважаючи на обґрунтовану вище актуальність проблеми, нами було вирішено проаналізувати окремий сегмент авіаційних засобів пошуку — безпілотні літальні апарати (БПЛА). Безпілотна авіація є однією з найбільш перспективних напрямів розвитку багатьох галузей, а вже у деяких — незамінною (безпекова галузь, кіноіндустрія тощо). Застосування безпілотних авіаційних платформ, споряджених сучасним всепогодним пошуковим обладнанням можна спостерігати під час більшості великих НС у країнах Європи, Північної Америки та у розвинених країнах Азії. В Україні БПЛА з недавнього часу також почали залучати до виконання пошуково-рятувальних робіт, але й натеper безпілотна компонента знаходиться фактично у стані становлення.

Розглядаючи можливості сучасних авіаційних засобів з точки зору забезпечення масштабності та безперервності пошуку і моніторингу природно-техногенних ризиків і загроз, окремо слід звернути увагу на безпілотну складову авіаційної компоненти, яка останнім часом активно прогресує завдяки розвитку аерокосмічних та інформаційно-телекомунікаційних технологій.

Необхідність швидкого й ефективного реагування на небезпеки, що пов'язані із загрозами людському життю, потребує застосування роботизованих комплексів. БПЛА є найбільш наукоємними й доскональними апаратами

тами такого типу, що мають на сьогодні найбільше співвідношення ефективності до питомих витрат на одну годину польоту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження, що стосуються безпілотної авіації займають окрему та ймовірну одну з ключових ніш науки авіаційного спрямування. Загалом, тема досліджень щодо БпЛА не нова та бере свій початок чи не з середини ХХ-го ст., але по-справжньому лавиноподібного характеру набула з початком ХХІ-го ст. паралельно з першими масовими випадками застосування БпЛА у військових конфліктах (Афганістан та Ірак). З того часу тема безпілотної авіації є основною для багатьох напрямів науки, в тому числі й напрям цивільного захисту й авіаційного пошуково-рятувального забезпечення.

Серед закордонних актуальних досліджень проведених на цю тематику варто відзначити напрацювання М. Полки, Ш. Птака та Л. Кузьори [1], які поряд із загальним оглядом проблематики наводять переваги впровадження спеціальних систем на БпЛА для координації пошукових операцій. Дж. Сун, Б. Лі, Ю. Цзян, досліджували ефективність автономних комплексних систем виявлення та позиціонування [2], а також Ф. Андраде, Е. Говенбург, Л. де Ліма та ін., що досліджували планування маршруту пошуку у реальному часі з використанням одразу кількох БпЛА під час пошуково-рятувальних операцій [3]. М. Сільвані, А. Тонолі та Е. Зенеріно у своїй роботі аналізували застосування БпЛА під час лавин у гірській місцевості [4].

Вітчизняні дослідження стосовно застосування БпЛА у НС також варті уваги. Переважна більшість наукових центрів, які займаються розвитком безпілотної авіації сконцентровані у межах спеціалізованих закладах вищої освіти (Національний авіаційний університет; Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба; Національний Університет цивільного захисту України; Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля та ін.), а також на базах виробників авіаційної техніки, як то ДержККБ «Луч», ДП «Антонов», ТОВ «Укрспецсистемс» та ін. Серед останніх актуальних досліджень варто виокремити напрацювання [5-6], а також роботи Бережного А.О., Мосова С.П., Станкевича С.А., Харченко В.О. та ін.

Мета

Метою дослідження є проведення збору та аналізу інформації щодо переваг застосування БпЛА під час авіаційного пошуку та рятування з загальним оглядом основних завдань, що

вирішуються протягом ліквідації НС, основних схем та способів пошуку тощо.

Виклад основного матеріалу

Увесь перелік завдань, які можливо та доцільно вирішувати за допомогою БпЛА умовно поділяється на дві групи: пошуку та спостереження (моніторингу). Завдання близькі за своєю функціональною спрямованістю та за необхідним складом апаратури на борту БпЛА, але вирішуються з застосування різних тактичних схем виконання польоту та алгоритмів керування.

Повітряний пошук та моніторинг із застосуванням встановленої на БпЛА різноманітної номенклатури фото, телевізійної, тепловізійної, інфрачервоної апаратури за своєю значимістю, оперативністю отримання і наочністю результатів є достатньо ефективним інструментальним засобом досягнення заданої мети в процесі виконання пошукових операцій.

Створення та впровадження в практику роботи ДСНС України сучасних зразків БпЛА дозволить суттєво скоротити витрати на виконання цілої низки завдань, а також позбавить необхідності застосування пілотованих літальних апаратів (ЛА) у ризикованих ситуаціях, у першу чергу, пов'язаних з ліквідацією небезпечних наслідків техногенних аварій.

Повітряний пошук та моніторинг є важливою частиною цілого комплексу заходів, спрямованих, перш за все, на попередження та запобігання надзвичайних ситуацій. Реальний інтерес для відповідних структурних підрозділів ДСНС України (Департамент запобігання надзвичайним ситуаціям; Департамент реагування на надзвичайні ситуації; Департамент організації заходів цивільного захисту; Управління авіації та авіаційного пошуку і рятування тощо), а також Державного агентства України з управління зоною відчуження можуть представляти види робіт, які доцільно виконувати із залученням БпЛА.

У більшості випадків перед повітряним пошуком та моніторингом ставляться завдання отримання інформації про місцевість і об'єкти в деякому конкретному обмеженому районі, який визначають на основі інформації, отриманої з інших каналів. Завдання повітряного пошуку та моніторингу для БпЛА зазвичай формулюється як проведення повної ідентифікації деякого, частіше прямокутного, іноді лінійно витягнутого (дорога, узбережжя, трубопровід тощо) елемента інфраструктури або ділянки місцевості з отриманням знімків місцевості на матеріальному носії.

Типовий алгоритм повітряного пошуку та моніторингу такий: БпЛА виконують політ у задані райони за програмою або під управлінням оператора. У процесі польоту БпЛА по радіоканалу передають інформацію (наприклад, телевізійну) про місцевість і об'єкти на ній на наземний пункт управління в реальному масштабі часу для її обробки.

Безпілотні літальні апарати можуть слугувати для вирішення широкого кола завдань в галузі проведення авіаційного пошуку та рятування на суші і на морі, в умовах складного рельєфу місцевості (лісисті гори, ущелини тощо).

У цьому випадку застосування БпЛА дозволить здійснювати обстеження значних територій з висоти. Це є вкрай актуально при пошуку потерпілих у результаті повеней, сходження лавин, землетрусів тощо. Використання датчиків та аналізаторів дозволить встановити місцезнаходження потерпілих під завалами, їх пошук в лісах і т. п. Необхідні характеристики БпЛА для вирішення такого роду завдань:

- камера з достатнім розширенням;
- можливість GPS наведення;
- можливість «зависання» над вказаним місцем;
- автоповернення в екстрених ситуаціях;
- підвищена автономність роботи;
- підвищена дальність управління і передачі інформації.

Безпілотні літальні апарати можуть підлітати і здійснювати зйомку в тих ситуаціях, коли дістатися до місця надзвичайної ситуації іншими способами неможливо, а людські ресурси і час обмежені. Наскільки ефективними можуть бути БпЛА, показали події, у яких літальні апарати суттєво допомогли рятувальникам.

У травні 2014 р. сталася повінь на Балканах. Кількість опадів була найбільшою за останні 120 років, що призвело до того, що великі території опинилися затопленими і сотні тисяч людей були змушені покинути свої будинки. Одним з небезпечних наслідків повені було те, що області, де з часів війни залишилися міни, змістилися через зсуви. За допомогою квадрокоптера була зроблена зйомка з повітря, яка допомогла ідентифікувати міни і проаналізувати, як зсуви вплинули на їхнє розташування в ґрунті. Завдяки зображенням, які зняв БпЛА, була створена 3D-карта, а геостатичне моделювання показало, у яких напрямках могли переміститися міни [7].

У результаті землетрусу в Китаї (провінція Юньнань) у серпні 2014 року загинуло понад 600 осіб, 2400 осіб були поранені.

Щоб оперативно приступити до пошуків потерпілих, було вирішено використовувати два типи БпЛА: DJI S900 і DJI Phantom 2 Vision +. Завдяки безпілотним літальним апаратам можна було визначити пріоритетність пошуково-рятувальних робіт у різних районах [8].

Завдання повітряного пошуку для БпЛА вирішуються методами застосування одного з видів пошуку: контрольного (у районі), по виклику (вторинний) і на рубежі (на лінії).

Контрольний пошук являє собою обстеження заданого району БпЛА для виявлення об'єкту або встановлення його відсутності. Він проводиться в тих випадках, коли немає даних про місцезнаходження об'єкту на певний момент часу. Контрольному пошуку відповідає рівномірний розподіл вірогідних місць об'єкту в районі, що підлягає обстеженню.

Пошук за викликом представляє обстеження місця виявлення об'єкту через деякий час після того, як це виявлення відбулося. Він проводиться в тих випадках, коли є дані про місце знаходження об'єкта на певний момент часу. Пошуку за викликом відповідає нерівномірний розподіл вірогідних місць об'єкта біля точки його первинного виявлення.

Пошук на рубежі являє собою обстеження уздовж заданої лінії (дороги, трубопроводу тощо). Він проводиться у випадках, коли є дані про вірогідний курс об'єкта і ділянку його можливого перетинання через рубіж. Пошуку на рубежі відповідає рівномірний розподіл вірогідних місць перетинання об'єкта через лінію рубежу.

Критеріями ефективності пошуку можуть бути продуктивні та ймовірнісні показники. Продуктивними показниками пошуку є теоретична продуктивність пошуку, реальна продуктивність пошуку і відношення реальної продуктивності пошуку до теоретичної продуктивності.

Ймовірнісними показниками пошуку є вірогідність виявлення об'єкта до заданого терміну, математичне очікування числа об'єктів, виявлених до заданого терміну, і математичне очікування часу, необхідного для виявлення об'єкта (середній час виявлення об'єкта, що очікується).

У світі існують загально визнані принципи використання БпЛА:

- чітка класифікація щодо виконання польотів за правилами візуальних польотів та польотів за приладами;
- безпілотні літальні апарати в основному режимі має керуватися оператором, який може в будь-який час змінити траєкторію його польоту;

- У резервному режимі або при втраті управління з оператором, БпЛА може здійснювати автономний політ за заданою програмою та гарантувати безпеку інших користувачів повітряного простору;

- при виконанні польотів у контрольованому повітряному просторі, оператор БпЛА повинен мати постійний двосторонній зв'язок з відповідним органом управління повітряним рухом, використовувати стандартну фразеологію для радіообміну, при першому контакті з відповідним органом повітряного руху проголошувати, що повітряне судно — БпЛА;

- при виконанні польотів за візуальними правилами оператор БпЛА має доступ до метеоінформації (прогнозовану та фактичну погоду) в районі польотів;

- на БпЛА повинна бути встановлена бортова система попередження зіткнення (АСАС) з іншими повітряними суднами [9].

Що ж до України, то на сьогодні застосування БпЛА у сфері цивільного захисту України перебуває у початковій фазі, переважно в експериментальному порядку, що характеризується значним рівнем розробки апаратів та їх елементів, з одного боку, та відсутністю засад застосування БпЛА у реальних технологічних процесах, з іншого.

З метою упорядкування застосування БпЛА у територіальних підрозділах ДСНС та організації їх державної реєстрації Головою ДСНС підписано наказ від 20.11.2018 № 675 «Про допуск до експлуатації БпЛА» [10].

Наказом передбачено допуск до експлуатації низки БпЛА серії *Fantom*, внесення їх до Реєстру державних ПС та отримання реєстраційних посвідчень.

Основними завданнями розрахунків БпЛА при проведенні пошукових та АРР є:

- обліт БпЛА зон (об'єктів) НС з метою визначення їх осередків, кордонів, масштабів, напрямків і швидкості поширення аварій (катастроф);

- виявлення вогнищ загоряння і їх координат, визначення можливих причин загоряння;

- моніторинг лісових масивів з метою виявлення ландшафтних пожеж, що загрожують населеним пунктам, а також об'єктам промисловості, енергетики тощо;

- проведення радіаційної і хімічної розвідки місцевості в заданому районі;

- інженерна розвідка районів повеней, землетрусів та інших стихійних лих;

- виявлення і моніторинг льодових заторів і розливу річок;

- моніторинг стану транспортних магістралей, нафто- і газопроводів, ліній електропередачі та інших об'єктів;

- моніторинг водних акваторій і берегової лінії, визначення меж розливу нафти і нафтопродуктів на водній поверхні і напрямки руху (поширення) нафтової плями;

- моніторинг лавинонебезпечних утворень в гірських районах, розвідка районів обвалів, селевих потоків, сходження снігових і кам'яних лавин;

- моніторинг зон НС з повітряними, морськими і річковими суднами та іншими транспортними засобами, що терплять лихо;

- визначення точних координат районів НС і постраждалих об'єктів;

- розвідка маршрутів руху сил і засобів учасників майбутніх АРР;

- проведення пошуку груп постраждалих від НС в місцях їх можливого знаходження;

- проведення пошуку постраждалих на зруйнованих об'єктах, суднах, літальних апаратах, що зазнають лиха, визначення їх координат з негайною передачею відповідної інформації керівництву штабу з ліквідації НС;

- доставка малогабаритних спеціальних вантажів і коштів, медикаментів в особливо небезпечні зони НС;

- супровід аварійно-рятувальних та пошуково-рятувальних робіт та ін. [11].

Залежно від розв'язуваного завдання на БпЛА можуть встановлюватися відповідні цільові навантаження для її виконання: газоаналізатори, прилади радіаційної або хімічної розвідки, тепловізори, відеокамери тощо.

При візуальному пошуку (з використанням відео і ІК — камер) на БпЛА літакового типу, політ доцільно виконувати на висоті не вище 500–600 м, на БпЛА вертолітного типу — на висоті 200–300 м над рельєфом місцевості (перешкодами, водною поверхнею).

Висота польоту може уточнюватися залежно від особливостей району пошуку, метеорологічних умов, рівня підготовки операторів і дальності виявлення об'єктів в умовах фактичної метеовидимості [3].

У табл. 1 вказані середньостатистичні дальності візуального виявлення деяких об'єктів на відкритій місцевості в ясну погоду.

Таблиця 1

Дальність візуального виявлення об'єктів з літального апарату

Об'єкт спостереження	Пора року (час доби)	Висота польоту, м	Дальність виявлення, км
Одна людина (група людей) Літак (гелікоптер)	Взимку	200	1,6–1,8
	Влітку	200	1,0–1,4
	Взимку та влітку	200	2–4
Вогнище Кишеньковий ліхтар, що мигає	Вночі	300	8–12
	Вночі	300	2–4

Візуальний пошук над густим лісом повинен починатися з польоту на великій висоті, що забезпечує загальний перегляд заданого району з метою виявлення вогнищ пожежі або димів, а також для встановлення візуального контакту з потерпілими лихом.

Відстань між маршрутами огляду місцевості повинна бути не більше двох висот польоту. Над ділянками місцевості з густою рослинністю доцільно виконати додатковий перегляд місцевості «з віражу», або зменшити відстань між галсами і знизити висоту пошуку до мінімальної безпечної висоти польоту в даному районі.

У польотах на пошук в горах слід виконувати детальний огляд ущелин, долин, гирла гірських річок. Огляд гірських вершин необхідно проводити з усіх боків.

З метою ретельного перегляду сильно пересіченої місцевості розвідку слід здійснювати неодноразовим прольотом ділянки в різних напрямках.

Свою особливість має виконання завдання в нічних умовах. Воно характеризується:

1. Обмеженими можливостями ведення візуального орієнтування внаслідок поганої видимості неосвітлених орієнтирів.

Значну частину польоту оператор контролює просторове положення БПЛА по монітору АРМ, тому що оптико-електронні засоби (далі — ОЕЗ) БПЛА не дозволяють в темну ніч без світла від Місяця бачити природний обрій і наземні орієнтири.

У табл. 2 представлено орієнтовні дані щодо дальності видимості орієнтирів в темну ніч залежно від висоти польоту.

Таблиця 2

Дальність видимості орієнтирів в темну ніч

Орієнтири	Дальність видимості (км) орієнтирів з висоти польоту (м)				
	1000	2000	3000	4000	5000
Великі населені пункти (освітлені)	30	45	65	80	100
Маленькі населені пункти (освітлені)	10	10	15	15	25
Великі річки	10	10	Не видні		
Маленькі річки	2	X	X		
Залізниця	1	X	X		
Шосе	1	X	X		
Озера	10	10	X		
Ліси	2	3	X		

Із наведених у табл. 2 даних видно, що в темну ніч візуальне орієнтування в більшості випадків можливе по світловим орієнтирам. У місячну ніч ведення візуального орієнтування не представляє особливих труднощів.

2. Невідповідністю видимих світлових контурів населених пунктів контурам цих же орієнтирів, зображеним на карті, що ускладнює розпізнавання орієнтирів. Спотворення конфігурації освітлених населених пунктів відбувається внаслідок мінливості освітлення.

3. Труднощами окомірного визначення відстаней до світлових орієнтирів. У нічному польоті відстань до світових орієнтирів скрадається, що іноді вводить оператора в оману щодо справжнього віддалення орієнтиру.

4. Димовий слід від пожежі без відкритого полум'я не видний. Тому при виконанні пошуку теплоконтрастних об'єктів у нічний час основним приладом є бортовий тепловізор БПЛА.

5. Труднощами спостереження за станом погоди і її зміною. В темну ніч можна несподівано увійти в хмари внаслідок неможливості їх виявлення навіть з близької відстані.

При підготовці до нічного польоту необхідно ретельно вивчити рельєф місцевості по маршруту, світлові і характерні природні орієнтири, погоду і особливо можливості утворення небезпечних явищ погоди. При розрахунку польоту, крім виконання загально-установлених розрахунків, оператор зобов'язаний визначити моменти настання світанку і темряви, а також час і місце зустрічі літака з темрявою або світанком.

Визначити також фазу, час сходу і заходу Місяця.

Таким чином, управління польотом БпЛА вночі виконується в основному за тими ж правилами, що і вдень.

Однак умови ночі ускладнюють контроль з боку оператора за дотриманням заданого режиму польоту БпЛА.

Польоти БпЛА на малих висотах.

Польоти БпЛА на малих висотах мають свої особливості виконання. Польотами на малих висотах називаються польоти, що виконуються на висотах до 1000 м над рельєфом місцевості. Такі польоти можуть бути навмисними, навчальними і вимушеними (з різних причин).

Польоти БпЛА на малих висотах характеризуються такими умовами:

1. Обмеженістю огляду місцевості, видимої з використанням ОЕЗ БпЛА, що не дозволяє спостерігати віддалені орієнтири, оскільки дальність видимості їх за малих висот невелика. У табл. 3 показано орієнтовні дані приблизні дані по дальності видимості орієнтирів з малих висот.

2. Великою кутовою швидкістю переміщення орієнтирів, що скорочує час на їх розпізнання й ускладнює візуальне орієнтування. Цей час залежить від висоти і швидкості польоту (табл. 4). Розпізнавання орієнтирів при польотах на малих висотах ускладнюється також і тим, що орієнтири спостерігаються не в плані, як зображені вони на мапі, а в перспективі.

Таблиця 3

Видимість орієнтирів з малих висот

Орієнтири	Дальність видимості (км) орієнтирів з висоти польоту (м)					
	100	200	300	400	500	600
Великі населені пункти (освітлені)	30	45	65	80	100	20
Маленькі населені пункти (освітлені)	10	10	15	15	25	10
Великі річки і озера	2	4	5	9	10	10
Маленькі річки	1	2	3	5	5	5
Шосе і залізниця	1	2	5	9	10	10
Ліси	2	4	5	8	10	10

Таблиця 4

Час спостереження орієнтирів в полі видимості при польотах на малих висотах

Швидкість польоту, км/год	Час спостереження (с) орієнтирів з висоти польоту (м)					
	100	200	300	400	500	600
400	6	13	19	25	31	38
600	4	8	13	17	21	25
900	3	6	8	11	14	17

3. Зменшенням дальності дії радіотехнічних засобів (можливості інформаційно-командного обміну між НСУ і БпЛА) і видимості наземних

світлотехнічних засобів за допомогою ОЕЗ БпЛА.

4. Труднощами для оператора одночасно керувати БпЛА в ручному режимі і постійно вести спостереження за перешкодами і орієнтирами на місцевості.

5. Скороченням дальності і тривалості польоту через велику витрату палива (заряду АКБ).

6. Необхідністю суворого дотримання оператором всіх правил безпеки польотів і прояву максимуму обачності з використанням ОЕЗ БпЛА щодо наземних перешкод.

При підготовці до польоту БВС на малих висотах необхідно:

1. Вибрати маршрут (якщо він не визначений завданням) з таким розрахунком, щоб він проходив через легко пізнавані контрольні орієнтири.

2. Ретельно вивчити орієнтири по маршруту і особливо характерні ознаки контрольних орієнтирів, щоб можна було розпізнавати їх без карти. Для контролю маршруту польоту можуть бути використані окремі височини, заводські труби, радіощогли, вежі стільникового зв'язку тощо.

3. Детально вивчити рельєф місцевості по маршруту в смузі шириною до 25 км, звертаючи увагу на місце розташування і величину основних висот і перешкод, а також на напрямок і взаємне розташування ярів, пагорбів і ущелин. Характерні складки місцевості можуть бути використані як дублюючі для контролю маршруту БпЛА.

4. Вибрати висоту польоту з урахуванням умов горизонтальної та вертикальної видимості орієнтирів.

5. При виявленні людей, що терплять лихо, необхідно визначити і зафіксувати:

- час виявлення і координати потерпілих лихо;

- видимий стан потерпілих лихо;

- інформацію, що подається потерпілими лихо за допомогою візуальних сигналів і знаків;

- фактичну погоду в районі лиха (за можливістю);

- дані про рельєф і стан земної (водної) поверхні (хвилювання моря, льодової обстановки), на якій знаходяться аварійні об'єкти і люди, потерпілі лихо;

- відомості про прохідності місцевості;

- тип і розташування засобів пересування, які можуть бути використані при наданні допомоги;

- заходи які вже були зроблені для надання допомоги (десантування пошуково-рятувальної групи, викидання аварійно-рятувального спорядження тощо);

- дані про збитки, завдані на місцевості.

Способи пошуку аварійних об'єктів і потерпілих лихо [3]:

1. Пошук способом «Гребінка» (рис. 1).

Застосовується з метою ознайомлення з більшою площею в мінімальний час за наявності достатньої кількості пошукових БпЛА.

Спосіб «Гребінка» полягає в одночасному обстеженні району пошуку групою БпЛА шляхом спільного польоту по паралельних прямолінійних маршрутах на інтервалах по фронту, що становлять приблизно 75 % дальності дії оптико-електронної пошукової апаратури.

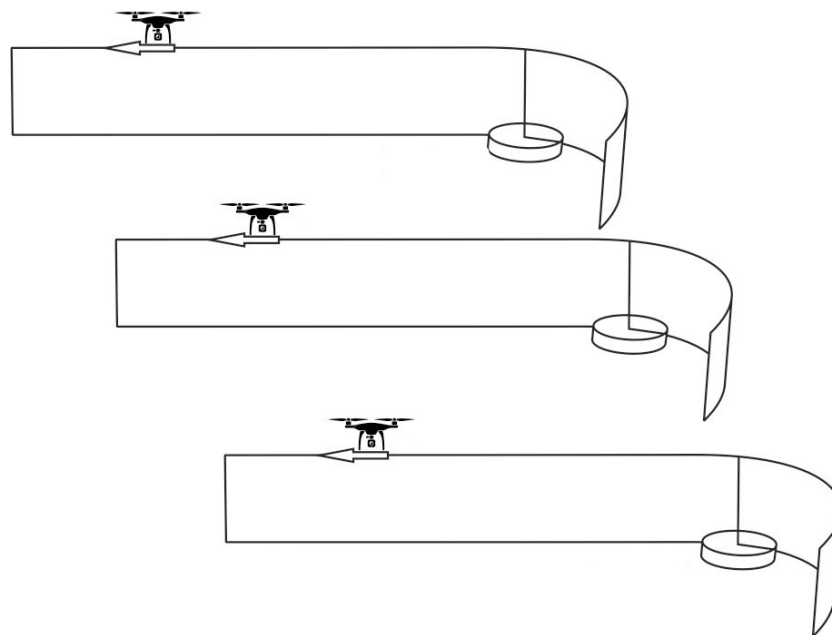


Рис. 1. Пошук способом «Гребінка»

2. Пошук способом «Паралельне галсування» (рис. 2). Застосовується при недостатній кількості виділених для пошуку БПЛА і потреби обстеження значної площі. При цьому способі район пошуку може бути розділений на декілька ділянок пошуку (смуг), які проглядаються одночасно декількома поодинокими БПЛА або послідовно одним БПЛА.

Пошук повинен починатися з ділянки (смуги) найбільш ймовірного місцезнаходження аварійних об'єктів або тих, хто зазнали лиха.

Виконуючи візуальний пошук, оператор при побудові маршруту повинен забезпечити суцільний огляд заданого району пошуку з перекриттям в 25%, для чого витримуються такі відстані між галсами:

- над лісом — 1 км;
- над густим лісом — 0,5 км;
- над відкритою місцевістю — 2 км.

Рекомендована довжина галсів — 10–20 км.

Інтервал між смугами обстеження береться рівним половині відстані між галсами.

Принципово можливим є одночасне обстеження двох і більше смуг району пошуку БПЛА способом «Паралельне галсування».

Однак стосовно до використання БПЛА цей спосіб є обмеженим, оскільки на даний час (за відсутності впроваджених програм групового управління БПЛА) потрібна чітка синхронізація роботи операторів.

Для скорочення кількості розворотів прямолінійні ділянки галсів доцільно орієнтувати уздовж смуг обстеження.

3. Пошук способом «Квадрат, що розширюється» (рис. 3).

Застосовується, як правило, при наявності даних про місце лиха (аварії, катастрофи).

Процес пошуку полягає в обстеженні одиночним БПЛА району навколо відомої точки, в якому передбачається знаходження потерпілих лиха.

Відстань між сусідніми паралельними ділянками маршруту повинна гарантувати суцільний перегляд місцевості.



Рис. 2. Пошук способом «Паралельне галсування»

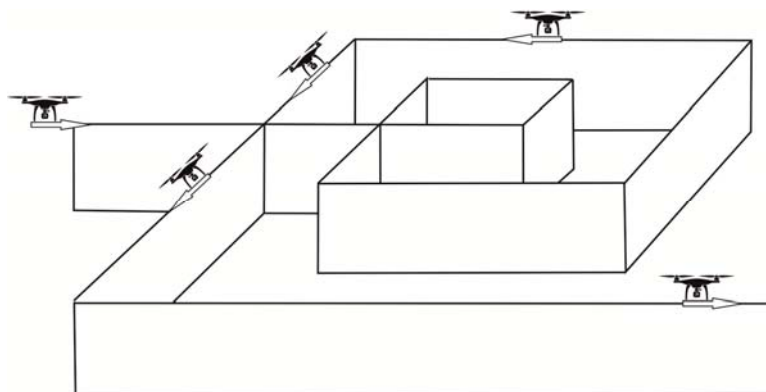
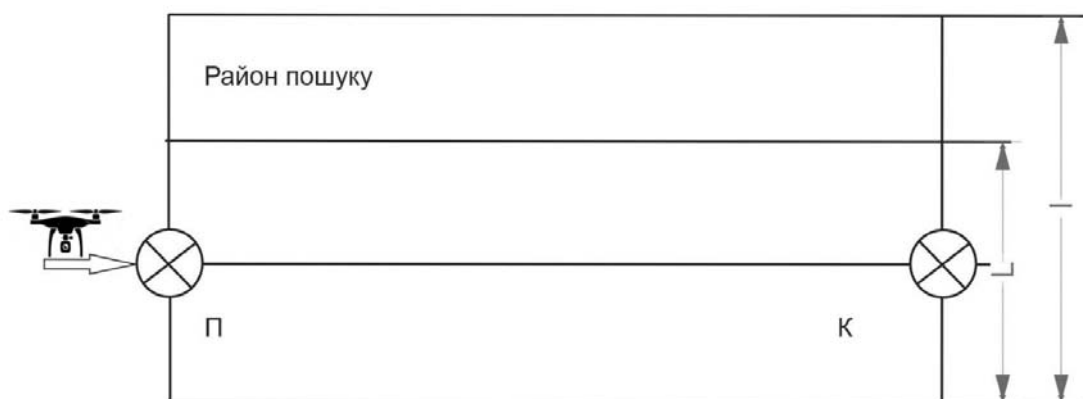


Рис. 3. Пошук способом «Квадрат, що розширюється»

4. Пошук способом «Заданий маршрут» (рис. 4).

Виконується по лінії заданого шляху, що проходить уздовж ділянки відомого (імовірного) маршруту руху тих, хто зазнали лиха.

Спосіб застосовується, коли район пошуку являє собою смугу, ширина якої становить 0,5–0,7 дальності дії пошукової апаратури на заданій висоті польоту БПЛА.



П – початковий пункт маршруту пошуку;
 К – кінцевий пункт маршруту пошуку;
 L – ширина смуги обхвату (обстеження);
 I – ширина району.

Рис. 4. Пошук способом «Заданий маршрут»

Висновки

Підсумовуючи викладене вище, варто зазначити, що вирішальний вплив на ефективність заходів з проведення моніторингу та пошуково-рятувальних робіт з використанням БПЛА є не сам факт їх застосування, а відповідність професійному стандарту операторів (зовнішніх пілотів), рівень їх навченості і натренованості. Адже управляти БПЛА можна навчити практично будь-кого — це не надто складно. Проте, необхідні фахівці, здатні професійно експлуатувати авіаційну техніку і повною мірою використовувати її функціональний потенціал в поєднанні з грамотним вибором і застосуванням раціональних тактичних прийомів виконання різних завдань в реальних умовах.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Półka M., Ptak S., Kuziora Ł. The Use of UAV's for Search and Rescue Operations. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 192. P. 748–752. URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.129> (date of access: 25.05.2021).
- [2] A Camera-Based Target Detection and Positioning UAV System for Search and Rescue (SAR) Purposes / J. Sun et al. *Sensors*. 2016. Vol. 16, no. 11. P. 1778. URL: <https://doi.org/10.3390/s16111778> (date of access: 25.05.2021).
- [3] Autonomous Unmanned Aerial Vehicles in Search and Rescue Missions Using Real-Time Cooperative Model Predictive Control / F. A. A. Andrade et al. *Sensors*. 2019. Vol. 19, no. 19. P. 4067. URL: <https://doi.org/10.3390/s19194067> (date of access: 25.05.2021).
- [4] Multipurpose UAV for search and rescue operations in mountain avalanche events / M. Silvagni et al. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. 2016. Vol. 8, no. 1. P. 18–33. URL: <https://doi.org/10.1080/19475705.2016.1238852> (date of access: 25.05.2021).
- [5] Перепеліцин С. О. Система захисту від загроз удару БПЛА із використанням блоків нейромережевого аналізу. *Наукоємні технології*. 2020. Т. 45, №1. С. 19–27. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.45.14579>
- [6] Волков О. Є., Богачук Ю. П., Комар М. М., Волошенюк Д. О. Дворівнева технологія інтелектуального застосування бортової відеокамери безпілотних літальних апаратів для моніторингу геопросторових даних. *Наукоємні технології*. 2020. Т. 47, № 3. С. 329-341. DOI: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.47.14873>
- [7] Як дрони допомагають при надзвичайних ситуаціях. URL: <http://test.ru/2014/10/31/humanitarian-uav> (дата звернення 25.05.2021).
- [8] Малець І. О., Сичевський М. І., Лопух О. Р. Удосконалення підготовки фахівців цивільного захисту шляхом опанування перспективних напрямів застосування квадрокоптерів (мультикоптерів). *Інформаційно-комунікаційні технології в сучасній освіті. Досвід, проблеми, перспективи* : матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф., м. Львів, 21–22 жовт. 2015 р. Львів, 2015. С. 52–57.
- [9] Руснак І. В., Хижняк В. В., Ємець В. І. Безпілотна авіація у сфері цивільного захисту України. Стан і перспективи розробки та застосування. *Наука і оборона*. 2014. № 2. С. 34–39.
- [10] Про допуск до експлуатації безпілотних літальних апаратів : Наказ від 20.11.2018 р. № 675.

URL: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Nakazi/85780.html> (дата звернення: 25.05.2021).

[11] Поисково-спасательные работы при помощи беспилотных летательных аппаратов. URL:

<https://fireman.club/statyi-polzovateley/poiskovo-spasatelnyih-raboty-pri-pomoshhi-bespilotnyih-letatelnyih-apparatov> (дата звернення 25.05.2021).

Лещенко Г. А., Мандрик Я. С., Стратонов В. М., Давидов С. А.

СПОСОБИ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ПІД ЧАС Авіаційного ПОШУКУ І РЯТУВАННЯ

За останнє десятиліття застосування безпілотної авіації набуло вражаючих масштабів. БПЛА використовують у різних галузях життєдіяльності людини, від військової до сільськогосподарської, при цьому напрямки залучення БПЛА постійно розширюються, цим самим задовольняючи потреби споживачів.

Не є виключенням й галузь авіаційного пошуково-рятувального забезпечення польотів. Дана потреба у першу чергу була зумовлена економічними чинниками та потребою підвищення ефективності проведення пошуково-рятувальних робіт. У даній оглядовій статті авторами проводиться аналіз основних способів застосування БПЛА під час авіаційного пошуку і рятування. Актуальність проведеного дослідження підтверджується реальними випадками застосування БПЛА під час надзвичайних ситуацій природного походження. Зокрема ефективність такого застосування була підтверджена під час повеней на Балканах, коли завдяки залученню БПЛА вдалося уникнути мінної небезпеки, що виникла внаслідок зсуву ґрунту. Інший випадок, що вдало ілюструє актуальність дослідження мав місце під час ліквідації наслідків землетрусу у китайській провінції Юньнань. Саме з огляду на дієвість БПЛА у ліквідації надзвичайних ситуацій нами було проведено дослідження щодо типів БПЛА, які допущені для виконання завдань Державною службою з надзвичайних ситуацій та основних завдань, що ними вирішуються. У процесі дослідження нами відзначено, що впровадження БПЛА у галузі цивільного захисту України перебуває у початковій фазі, а саме на етапі формування законодавчого базису, а їх залучення до пошукових операцій має точковий характер. У той же час аналізуючи перелік завдань, відзначимо їх широкий спектр, що охоплює більшість з можливих складових повітряної розвідки: моніторинг, розвідка, супровід аварійно-рятувальних та пошуково-рятувальних робіт, доставка малогабаритних спеціальних вантажів, медикаментів в особливо небезпечні зони НС та ін.

Поряд з завданнями, що вирішують БПЛА у статті наводиться дані щодо дальності візуального виявлення об'єктів пошуку у звичайних умовах, вночі та на малих висотах. Також у статті аналізуються основні схеми пошуку аварійних об'єктів та потерпілих («Гребінка», «Паралельне галування», «Квадрат, що розширюється» та «Заданий маршрут») з їх загальним оглядом. Підсумовуючи проведене дослідження, автори приходять до висновку щодо важливості навченості та натренованості операторів БПЛА, які мають відповідати професійному стандарту, адже тільки у поєднанні «сучасний БПЛА-професійний оператор» можливе досягнення максимальної ефективності.

Ключові слова: БПЛА; пошук; рятування; схема; оператор; авіація; об'єкт.

Leshchenko G., Mandryk Y., Stratonov V., Davydov S.

METHODS OF USING UAVS DURING AVIATION SEARCH AND RESCUE

During the last decade, the use of unmanned aerial vehicles has reached large scale. UAVs are used in various spheres of human life (from military to agricultural) and the areas of involvement of UAVs are constantly expanding, thereby meeting the needs of consumers. The field of aviation search and rescue support of flights is not an exception. This need was primarily due to economic factors and the need to increase the efficiency of search and rescue operations. In this review article, the authors analyze the main ways to use UAVs during aviation search and rescue.

The relevance of the study is confirmed by real cases of UAV use in emergencies. In particular, the effectiveness of such use was confirmed during the floods in the Balkans, when the involvement of UAVs managed to avoid the mine danger caused by landslides. Another case that successfully illustrates the relevance of the study took place during the aftermath of the earthquake in the Chinese province of Yunnan. Due to the high efficiency of UAVs, we conducted research on the types of UAVs used by the SES of Ukraine. Research has also been conducted on the main tasks that UAVs solve. In the course of the research we noted that the introduction of UAVs in the field of civil defense of Ukraine is in the initial phase, namely at the stage of formation of the legal framework, and their involvement in search operations is not a common practice. At the same time, analyzing the list of tasks, we note their wide range, covering most of the possible components of air reconnaissance: monitoring, reconnaissance, support of search and rescue operations, possibility of delivery special cargo or medicines to dangerous areas, etc. Along with the tasks solved by UAVs, the article provides related data of visual detection range of search objects in normal conditions, at night and at low altitudes. The article also analyzes the basic schemes of search for emergency objects and victims ("Comb", "Parallel search lines", "Expanding Square" and "Specific route") with their general overview. Summing up the study, the authors conclude that it is important to train UAV operators, which must have the professional standard, because only in combination with a "modern UAV-professional operator" can achieve maximum efficiency.

Keywords: UAV; search; rescue; scheme; operator; aviation; object.

Стаття надійшла до редакції 01.09.2021 р.

Прийнято до друку 18.10.2021 р.