

О. Клімшен, А. Красноручський, С. Кочук

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ Й ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАЦІЙ ПОШУКУ ТА РЯТУВАННЯ

Предметом дослідження в статті є підходи щодо вдосконалення бортового обладнання пошуково-рятувального повітряного судна (ПС). **Мета роботи** – розроблення пропозицій щодо вдосконалення технічних засобів пошуку повітряних суден, що зазнали аварії, а саме систем відеоспостереження та передачі інформації на пункти керування (ПК) пошуково-рятувальною операцією, на підставі аналізу Правил пошуково-рятувального забезпечення польотів державної авіації України та закордонного досвіду проведення пошуково-рятувальних робіт. Як пошуково-рятувальне повітряне судно (ПРПС) пропонується використовувати легкий багатоцільовий вертоліт типу Мі-2. У роботі вирішуються такі **завдання**: вивчення сучасних підходів до забезпечення проведення авіаційних пошуково-рятувальних робіт; аналіз технічних засобів забезпечення пошуку ПС, що зазнали аварії; розроблення пропозицій щодо способу передачі інформації з борту ПРПС на наземний пункт керування; вибір відповідного носія спеціального обладнання та окремих зразків системи відеоспостереження й передачі даних. Для розв'язання часткових завдань застосовується **метод** порівняльного аналізу. Здобуто такі **результати**: визначено вимоги до пошукових характеристик ПРПС, зокрема як ПРПС запропоновано використовувати легкий багатоцільовий вертоліт; подано схему організації зв'язку з пунктом керування пошуковою операцією з допомогою використання технологій бездротового зв'язку; сформульовано конкретні вимоги до окремих компонентів бортового спецобладнання ПРПС. **Висновки**. Упровадження технологій бездротового зв'язку разом із тепловізійною апаратурою підвищить швидкість та ефективність пошуку ПС, що зазнали аварії, особливо в нічний час та в умовах обмеженого бачення (туман, задимлення). Крім цього, розширюється коло завдань легких вертольотів типу Мі-2, а також збільшується кількість як бортових, так і наземних операторів, що безпосередньо застосовують тепловізійну апаратуру (ІЧ-камеру) для визначення місця падіння повітряного судна. У цьому разі не порушується загальна штатна кількість персоналу, що залучається для проведення пошуково-рятувальних робіт.

Ключові слова: авіаційний пошук і рятування; технології бездротового зв'язку; передача даних; компоненти обладнання; технічний зір; пошуково-рятувальне повітряне судно.

Постановка проблеми

Пошуково-рятувальне забезпечення є одним із видів удосконалення польотів авіації. У мирний час пошуково-рятувальні заходи здійснюються в єдиній системі проведення авіаційних робіт з пошуку й рятування – це державна система, у якій авіаційні рятувальники працюють разом із фахівцями ДСНС України [1]. Авіаційний пошук і рятування – комплекс заходів, спрямований на виявлення ПС, що зазнали або зазнають лиха, і надання вчасної допомоги потерпілим унаслідок авіаційної події.

Згідно з Правилами пошуково-рятувального забезпечення польотів державної авіації України, основним методом пошуку тих, хто зазнав лиха, є використання бортової радіотехнічної апаратури ПС (для вертольотів це автоматичний радіокомпас АРК-У2 з приймачем Р-852, автоматичний УКХ радіокомпас АРК-УД) за сигналами аварійних бортових засобів зв'язку (радіостанція Р-855УМ, аварійні радіомаяки типу ELT – ARTEX С-406-1 НМ1, АК-450, ЕВС-406АФНМ). Пошук також може передбачати візуальне обстеження членами екіпажу

ПРПС місця аварії. Як ПРПС можуть застосовуватися літаки і вертольоти [1]. Останні найбільш доцільно використовувати для виявлення повітряних суден, які зазнали аварії, зокрема в разі пошуку над лісовими масивами, місцевістю із болотами, а також у нічний час та за умов обмеженого бачення (задимлення, мряка). Швидке пересування транспорту аварійно-рятувальних служб також ускладнюють гори, скелясті пагорби та яри. У таких ситуаціях використання вертольота як ПРПС – найкраще рішення. Виникає необхідність визначення основних характеристик, за якими оцінюють ефективність пошуково-рятувальних повітряних суден, особливо коли йдеться про легкі вертольоти типу Мі-2.

Оскільки час реагування в надзвичайних ситуаціях критично важливий, прискорити виявлення місця падіння повітряного судна можливо завдяки застосуванню сучасних систем спостереження, таких як оптико-електронні, а також ті, що працюють у інфрачервоному діапазоні електромагнітного спектра. Крім того, для сучасних ІЧ-камер необхідний надійний канал зв'язку як для передачі даних із вертольота в командний або координаційний

центри (пункти керування) і наземним рятувальним підрозділам у разі потреби.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Удосконалення наявних технологій передачі даних разом із розробленням і впровадженням нових багатофункціональних обчислювальних комплексів, телекомунікаційних мереж, засобів автоматизації, інтегрованих в автоматизовану систему ведення авіаційних робіт під час пошуково-рятувальних заходів, суттєво вплине на зменшення часу реагування на аварійні події та інші надзвичайні ситуації з ПС, підвищить ефективність проведення авіаційних пошуково-рятувальних робіт в Україні [2, 3]. Проте загальна ситуація в зазначеній сфері із налаштуванням інформаційної системи та її автономізацією не може повною мірою відповідати вимогам Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO) та потребам забезпечення ефективності систем автоматизованого пошуку. Автори роботи [2] запропонували ідеологію впровадження сучасних телекомунікаційних мереж та засобів автоматизації в систему проведення авіаційних пошуково-рятувальних заходів у межах Єдиної державної системи цивільного захисту.

У праці [4] описуються методи розрахунків дієвості зразків авіаційної техніки, що залучається для проведення пошуково-рятувальних операцій. У роботах [5, 6] обґрунтовуються способи проведення повітряного пошуку, зокрема візуальний. Якість та ефективність авіаційного пошуку об'єктів, що зазнали аварії, а також час виявлення потерпілих значно залежить від бортових технічних засобів спостереження та розвідки ПРПС. З огляду на це виникає необхідність оцінювання приладів спостереження, а також можливостей бортових засобів зв'язку та телекомунікацій щодо передачі даних із пристроїв і систем спостереження до наземних ПК.

У працях [7–9] проаналізовано різноманітні підходи щодо побудови систем технічного зору, розроблено загальну архітектуру програмного забезпечення для реалізації системи, описані об'єкт автоматизації та типові завдання для систем технічного зору, розглянуто питання збільшення пропускної здатності сенсорних телекомунікаційних мереж.

Автори робіт [10–15] розглянули принципи організації сталого авіаційного й супутникового зв'язку, дослідили технології обміну даними, апаратні

компоненти, програмне забезпечення, варіанти топології побудови систем обміну даними. У праці [11] наведено перспективи побудови бездротових мереж передачі даних в інтересах Збройних сил України.

Аналіз літературних джерел свідчить, що у світі значна увага приділяється розробленню та впровадженню різноманітних систем технічного зору, для передачі даних з яких необхідно застосовувати надійні системи сталого зв'язку: по-перше, короткі хвилі, по-друге, супутниковий зв'язок. Переважно це стосується гелікоптерів поліцейських авіаційних формувань і прикордонної служби, для яких рятувальні операції є лише частиною загального комплексу завдань, а саме спостережень за магістралями, узбережжям і лісовими масивами для запобігання незаконній міграції, обігу наркотиків та інших злочинних дій [16]. На борту вітчизняних вертольотів, що залучаються до пошуково-рятувальних робіт, технічними засобами, за допомогою яких здійснюється пошук потерпілих, використовуються переважно радіотехнічні прилади, іноді тепловізійні. Для передачі даних на ПК рятувальною операцією або в координаційний центр застосовуються радіостанції УКХ-діапазону. Крім того, з Наказу МО України [1] випливає, що вертольоти, залучені як ПРПС, належать до класу середніх транспортних суден. В інших країнах для виконання подібних завдань часто використовуються легкі гелікоптери. Також існують пропозиції щодо залучення для пошуково-рятувальних операцій БПЛА [17, 18]. Згідно із джерелом [18], збільшити радіус пошуку можна з допомогою нової системи БПЛА, що працює за межами прямої видимості (BVLOS) з використанням проміжного "ретрансляційного БПЛА" для забезпечення безперервного зв'язку між наземною станцією та пошуковим БПЛА.

Пропонуємо розглянути можливість залучення для авіаційного пошуку й рятування вітчизняний легкий багатофункціональний гелікоптер Мі-2 (Мі-2МСБ) із вдосконаленим спеціальним обладнанням. Відомо, що для потреб ДСНС України створено пошуково-рятувальну модифікацію цього вертольота шляхом дооснащення пасажирсько-транспортного варіанта Мі-2МСБ пошуковим прожектором і лебідкою.

Отже, **мета статті** – розробити пропозиції щодо вдосконалення складу пошукового обладнання легкого багатофункціонального вертольота типу Мі-2, який може бути залучений як ПРПС для авіаційного пошуку й рятування потерпілих, та розглянути вимоги до засобів передачі інформації

з борту ПРПС на різні наземні сегменти комплексної рятувальної операції (на ПК та наземні рятувальні команди). У питанні організації зв'язку перевага надається саме бездротовим технологіям передачі інформації з борту ПРПС.

Виклад основного матеріалу

У табл. 1 наведено показники гелікоптерів, які вже використовуються для проведення пошуково-рятувальних робіт, зокрема подано характеристики запропонованого легкого вертольота Мі-2МСБ.

На підставі порівняльних характеристик можна зробити висновок, що вертоліт Мі-2 як ПРПС

Таблиця 1.

Пошуково-рятувальне ПС	Рекомендована висота польоту	Рекомендована швидкість польоту, км/год	Варіанти заправлення паливом, кг	Максимальний радіус польоту з 10 % запасом пального, км	Дальність дії АРК-УД, км	Ширина смуги обстеження ΔL, км	Пошукова продуктивність N, км ² /год
Мі-8МТ	500	225	1420	215	15	22,5	5062,5
Мі-14ПС	500	220	2946	410	15	22,5	4950
Ка-27ПС	500	220	2600	470	15	22,5	4950
ЄС-145 "Єврокоптер"	300	220	685	245	АРК відсутній	2 км – поле; 1 км – пересічена місцевість; 0,5 км – ліс	0,7·10 ³
Мі-2МСБ	300	200	1128	290	15	22,5	4500

Значні можливості щодо покращення ефективності авіаційного пошуку за допомогою запропонованого легкого вертольота відкриваються за умови застосування сучасних систем спостереження, а саме IP-камер. Зі свого боку встановлення зазначеного зразка обладнання потребує організації надійного сталого зв'язку для передачі відеоінформації з борту ПРПС на ПК рятувальною операцією.

Мінімальна смуга пропускання потокового відео – 1 Мбіт/с. У разі польотів над Європою, де гарне покриття мережі та велика кількість супутників, можна говорити про можливість передачі потокового відео з незначною тимчасовою затримкою, але не *real-time*. У використанні високих частот, коротких хвиль (це кілобіти за секунду) необхідно враховувати, що сигнал може зникати або загасати на короткий час. Тобто існують певні обмеження щодо передачі відео з носія.

У цьому разі можливо робити запис відео за умови перебування в "сліпій зоні", а потім, коли покращиться зв'язок, передавати його пакетами на землю. Записувати відео необхідно на окремий носій інформації – "жорсткий диск", який має бути

не поступається показниками щодо авіаційного пошуку іншим типам легких суден, навіть закордонним зразкам. Зрозуміло, що середні гелікоптери, які мають паливні баки більшого об'єму, перевершують Мі-2 за радіусом дії. Ширина смуги пошуку та пошукова продуктивність розраховувалися для середньо пересіченої місцевості в районі операції. У разі польоту над гірською та лісною ділянкою ефективність пошукових заходів може зменшуватися в 1,5–2 рази. Розрахунки табл. 1 наведені для варіантів ПРПС із стандартним пошуковим обладнанням.

захищеним від теплових, вібраційних і ударних навантажень (за аналогією з накопичувачем БР-4Т-10 з комплекту бортового аварійно-експлуатаційного реєстратора польотної інформації БУР-4-1-07-01).

Нові можливості передачі відеоінформації з борту повітряного судна з'являються із появою технологій компанії *SpaceX*, а саме мережі *Starlink* [19]. Ще 09 березня 2021 р. засновник компанії *SpaceX* Ілон Маск офіційно підтвердив прагнення вийти на авіаринок. FCC (американська урядова федеральна комісія зі зв'язку) вже надала *SpaceX* дозвіл на проведення випробувань пристроїв для комерційних авіаліній. Цього ж року ВПС США провели випробування можливості *Starlink* в організації комунікацій між винищувачами й наземними службами. Але найбільші зрушення відбуваються в малій авіації у зв'язку з відносно низькою вартістю комплексу обладнання *Starlink* (для стаціонарної установки – 499 \$).

Зараз на легкомоторному літаку важко користуватися супутниковим телефоном. Зв'язок із землею відбувається через звичайну рацію, як і сто років тому. Термінал *Starlink* дає змогу передавати не лише голос пілота та телеметрію,

а й відео високої чіткості в режимі реального часу. За словами віцепрезидента з розвитку *Starlink* та комерційних продажів Джонатана Хофеллера, конструкція авіаційних антен не сильно відрізнятиметься від стаціонарних наземних. Інженери лише доопрацюють їх з урахуванням польотної особливості. Розробленням, виробництвом та продажами авіаційних терміналів займатиметься також *SpaceX*.

На рис. 1, 2 наведені схеми системи організації зв'язку для передачі даних спостереження з борту пошуково-рятувального вертольоту типу *Mi-2*.

У першому варіанті (рис. 1) спостереження за поверхнею, над якою виконується політ, забезпечується завдяки IP-камері, підключеній до промислового стільникового маршрутизатора за допомогою інтерфейсу *Ethernet*. Маршрутизатор використовує зв'язок 4G LTE для передачі зображень із камери спостереження по 4G LTE до ПК рятувальною операцією або координаційного центру. Передбачена можливість дистанційно управляти маршрутизатором і камерою із землі за допомогою системи дистанційного керування.

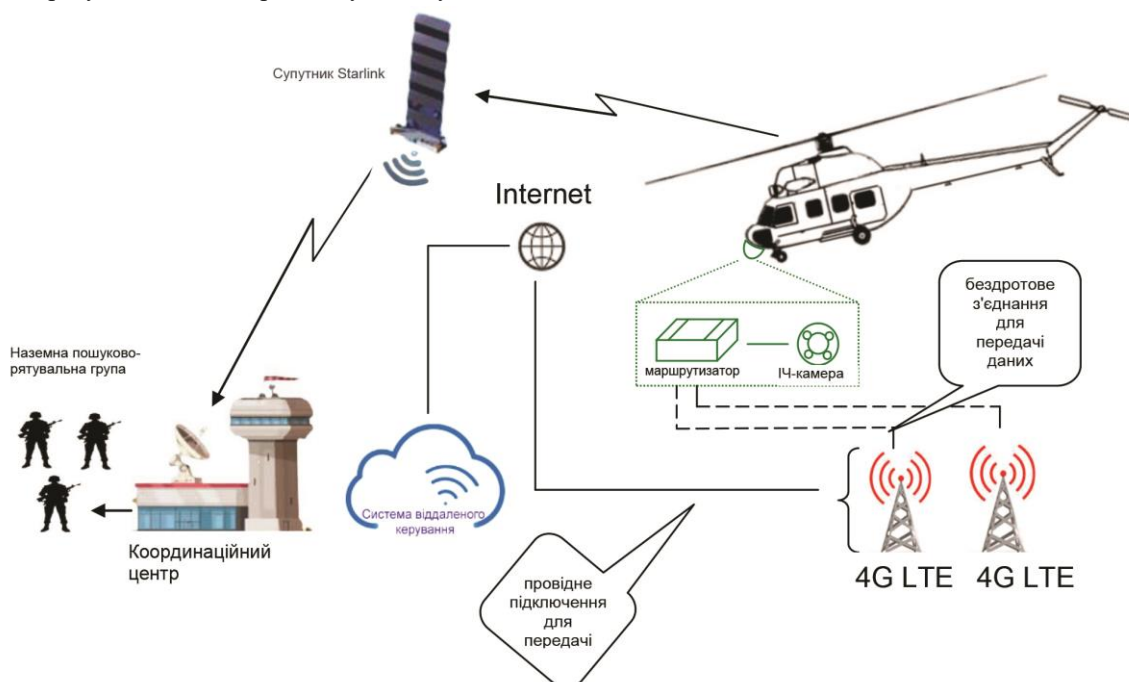


Рис. 1. Схема системи організації зв'язку ПРПС із наземними абонентами (перший варіант)

До апаратних компонентів системи належать такі вимоги:

- маршрутизатор має відповідати категорії LTE Cat 4 зі швидкістю передачі інформації до 150 Мбіт/с, що достатньо для передачі семи потоків 1080p30 CCTV;

- підключення має бути вдосконалено завдяки двом SIM-карткам із функцією автоматичного підключення на доступний запасний канал зв'язку, який забезпечить для керівництва пошуково-рятувальної операції передачу даних CCTV навіть у разі, якщо основний оператор стає недоступним унаслідок різких змін висоти;

- дистанційне управління або система віддаленого керування має забезпечувати автоматичне оновлення мікропрограм маршрутизатора та надійне управління ним, а також камерою.

Паралельно передачу результатів повітряного пошуку з борту ПРПС можливо організувати через супутник-ретранслятор системи *Starlink*.

Відповідно до схеми передачі даних, зображеної на рис. 2, вертоліт, що задіяний у рятувальній операції як ПРПС, є своєрідним повітряним ПК для БПЛА та дронів із датчиками для пошуку місць аварії ПС і потерпілих. Запропонована система забезпечуватиме безперервні потоки даних спостереження та керування між "пошуковими" БПЛА та наземним або повітряним ПК. У ролі останнього передбачається застосовувати вертоліт. Така схема дасть змогу керівництву пошуково-рятувальної операції оновлювати стратегії пошуку дуже динамічно.

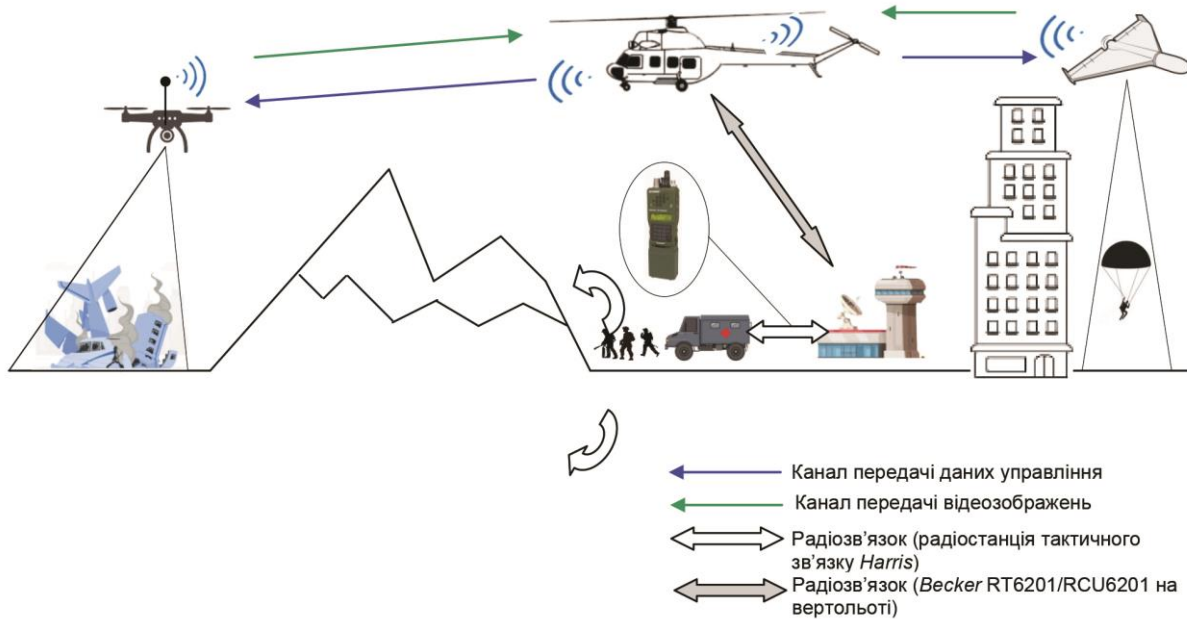


Рис. 2. Схема системи організації зв'язку ПРПС з іншими абонентами (другий варіант)

Компанія *Boeing* [20, 21] розпочала випуск модернізованого варіанта ударного вертольота AH-64D Block III ще 2011 р. Ця модифікація здатна керувати польотами, передавати відеопотік і супровідні метадані в реальному часі від чотирьох типів безпілотних ЛА (*Hunter, Raven, Reaper* та *Shadow B*), що також підвищило бойові можливості вертольота. Усі зміни передбачається додати на основі випробуваних технологій: OSRVT MUMT-2 і VUIT-2. Рівень сумісності LOI-4 дає змогу переглядати відео з камери БПЛА, контролювати його корисне навантаження, впливати на траєкторію польоту в конкретних ситуаціях. Передбачуваний остаточний ступінь – рівень 5 (LOI-5), після чого *Apache* матиме повний контроль БПЛА на всіх етапах польоту, зокрема під час зльоту й посадки. Окрім покращеного радару управління вогнем (FCR), оновлення стосуються процесора для виявлення цілей, системи тактичного управління передачею даних (TCDL), датчика метеорологічних умов (IMC), пункту керування БПЛА. Гелікоптер AH-64D *Apache Block III L 4* не є першим американським гелікоптером архітектури відкритої системи. Уже є ПС гелікоптери CH-47F *Cargo* та MH-47G *Special Operations Chinooks* із загальною системою архітектури (CAAS), що може об'єднуватися із системою *Apache*.

Контроль і безпосереднє керування з борту вертольота дронами, спроможність отримувати

інформацію в реальному часі значно розширюють можливості ПРПС у зазначених нижче напрямках.

– Доступ до БПЛА дасть змогу бортовим операторам вертольота бачити більше зон у районі пошуку. Бортові оператори отримують одночасно як відеозображення поверхні, над якою пролітає повітряне судно, так і картинку земної поверхні, яку знімає апаратура БПЛА, що віддалена від ПС. Тобто йдеться про так званий "мультизір".

– Огляд району пошуку здійснюватиметься під різними кутами зору, як з борту вертольота – візуально або за допомогою власних технічних засобів, так і з БПЛА. Якщо спостереження за місцевістю ускладнюється особливостями рельєфу або забудови (рис. 2), то об'єкти пошуку можуть бути приховані від огляду з гелікоптера. Однак спрямувавши БПЛА по траєкторії (маршруту), що дозволяє бачити об'єкти пошуку за перешкодою, бортовий оператор ніби "переносить" свої датчики на інший бік, залишаючись на місці. Потім, отримавши доступ до відеоканалу від камер БПЛА, оператор може бачити інші ділянки місцевості, що оглядаються з метою виявлення потерпілих. Необхідно зазначити, що цей процес відбувається в режимі реального часу.

– ПРПС зможе прийняти відеокартинку від БПЛА й відправити її іншим елементам платформи, що беруть участь у пошуково-рятувальній операції (до координаційного центру або наземної рятувальної команди за наявності в останньої відповідної апаратури).

Висновки

Реалізація запропонованих рішень спонукає до розгляду функціональних обов'язків учасників авіаційного пошуку й рятування, особливо бортових операторів. До зазначених обов'язків необхідно додати функції щодо керування додатковими технічними засобами, за допомогою яких відбуватиметься пошук та виявлення ЛА, що зазнали аварії, та засобів передачі даних, тобто пристроїв та систем зв'язку.

Удосконалення бортового обладнання ПРПС запропонованими системами технічного зору разом з організацією надійного каналу передачі відеоінформації скоротить час пошуку повітряного судна, що зазнало аварії, і потерпілих. Ефективність авіаційного пошуку значно підвищиться завдяки застосуванню розглянутих технічних рішень, особливо в разі проведення операції в нічний час, а також за умов обмеженої видимості внаслідок задимлення або туману.

Список літератури

1. Наказ МО України від 29.12.2016 № 736 "Про затвердження Правил пошуково-рятувального забезпечення польотів державної авіації України" (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 08 лютого 2017 р. за № 175/30043).
2. Gurnyk A., Chumachenko S., Kirchu P., Valuiskyi S., Uryadnikova I., Lysenko O., Semenchenko A. Multi-purpose system of telecommunication networks and automation for aircraft works in search and rescue. *Medzinárodného vedeckého seminára Akadémia ozbrojených sil gen. M. R. Štefánika "Riadenie bezpečnosti zložitých systémov 2013"*. Bratislava, Slovensko. 18–22. Februára 2013. P. 131–137.
3. Козловський В. О., Гурник А. В., Шабала В. І. Аналіз функціонування авіаційного пошуку та рятування в Україні із застосуванням системного підходу. *Науковий вісник Академії муніципального управління. Серія: Техніка*. 2012. №. 5. С. 39–47. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvamu_teh_2012_5_7
4. Рогозін А.С., Гурник А.В. Методи розрахунків дієвості авіації для пошуково-рятувальних робіт у надзвичайних ситуаціях. *Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції "Проблеми цивільного захисту: управління, попередження, аварійно-рятувальні та спеціальні роботи"*. 2014. С. 151–154.
5. Gurnyk A.V. To the issue of conducting aviation works with visual search. *Scientific Bulletin of UkrNDIPB*. 2015. №1 (31). P. 99–109. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvundipb_2015_1_14
6. Хижняк В. В., Гурник А. В. Вибір доцільного способу пошуку об'єкта на основі оптимального розподілу сил і засобів пошуку і рятування. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2014. №. 4. С. 96–99. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nitps_2014_4_22
7. Lysenko O., Valuiskyi S. Capacity increasing of sensor telecommunication networks. *Information and Telecommunication Sciences*. 2012. №. 1. P. 5–14. DOI: <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12012.%25p>
8. Котвицький Р. С., Сарибіга Г. В., Збруцький О. В. Метод визначення координат рухомого об'єкту з використанням системи технічного зору. *Інформаційні системи, механіка та керування*. 2017. №. 16. С. 71–78. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ismk_2017_16_10
9. Котвицький Р. С., Сарибіга Г. В., Збруцький О. В. Автоматичне керування оптичною віссю камери на основі системи технічного зору з використанням методу ідентифікації об'єктів за кольором. *Інформаційні системи, механіка та керування*. 2015. №. 13. С. 111–115. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ismk_2015_13_14
10. Тимочко О. І., Афанасьєв В. В., Афанасьєв Ю. В., Аросланкін О. О. Модель системи позиціонування та моніторингу на основі багаторівневої структури передачі даних в розподіленій мережі. *Системи озброєння і військова техніка*. 2021. №. 4 (68). С. 123–129. DOI: 10.30748/soivt.2021.68.16
11. Жовноватюк Р. М., Канкін І. О., Умінський В. В. Перспективи побудови бездротових мереж передачі даних в інтересах Збройних сил України. *Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки"*. 2010. №. 4 (55). С. 39–47.
12. Харченко В., Барабанов Ю., Греков А. Моделирование спутникового авиационного зв'язку. *Advances in aerospace technology*. Т. 50. №. 1. 2012. С. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.50.105>
13. Князєв В. В., Лазуренко Б. О., Серков О. А. Методи і засоби оцінки рівня завадостійкості безпроводних каналів зв'язку. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2022. № 1(19). С. 92–98. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.19.092>
14. Ruban I., Kuchuk H., Kovalenko A. Redistribution of base stations load in mobile communication networks. *Innovative technologies and scientific solutions for industries*. Kharkiv. 2017. No. 1 (1). P. 75–81. DOI:10.30837/2522-9818.2017.1.075
15. Калашник Г. А., Калашник-Рибалко М. А. Основні заходи щодо забезпечення ефективного функціонування систем управління, зв'язку та навігації в умовах впливу деструктивних геліогеофізичних збурень. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2018. № 1. С. 92–98. DOI: 10.30748/nitps.2018.30.13
16. Connected surveillance in Cyprus police helicopters. URL: <https://teltonika-networks.com/industries/use-cases/connected-surveillance-in-cyprus-police-helicopters/> (дата звернення 18.02.2023).
17. Militaru G., Popescu D. and Ichim L. UAV-to-UAV Communication Options for Civilian Applications. *26th Telecommunications Forum (TELFOR)*. Belgrade, Serbia. 2018. P. 1–4. DOI: 10.1109/TELFOR.2018.8612108

18. Beyond Visual Line of Sight Operations. URL: <https://sites.uw.edu/afsl/research/> (дата звернення 18.02.2023).
19. Starlink courting airlines for in-flight Internet connectivity deals. URL: <https://www.lightreading.com/satellite/starlink-courting-airlines-for-in-flight-internet-connectivity-deals/a/d-id/770117> (дата звернення 28.02.2023).
20. AH-64 APACHE – Lifesaver at Work. URL: <http://www.miltechmag.com/2014/06/ah-64-apache-lifesaver-at-work.html> (дата звернення 28.02.2023).
21. Boeing AH-64D Apache Block III Demonstrates Level IV UAS Control. URL: <https://boeing.mediaroom.com/2009-06-23-Boeing-AH-64D-Apache-Block-III-Demonstrates-Level-IV-UAS-Control> (дата звернення 28.02.2023).

References

1. "Order of the Ministry of Defense of Ukraine dated 29.12.2016 No. 736 "On approval of the Rules for search and rescue support of flights the state aviation of Ukraine" ["Nakaz MO Ukraїni ot 29.12.2016 № 736 «Pro utverzhdeniye Pravil poshukovo-rituval'nogo zabezopasnogo pitaniya derzhavnoy aviatsii Ukraїni»"].
2. Gurnyk, A. (2013), "Multi-purpose system of telecommunication networks and automation for aircraft works in search and rescue", *Medzinárodného vedeckého seminára Akadémia ozbrojených síl gen. M. R. Štefánika «Riadenie bezpečnosti zložitých systémov 2013»*, Bratislava, Slovensko. 18–22. februára 2013. P. 131–137.
3. Kozlovskiy, V., Gurnyk, A., Shabala, V. (2012), "Analysis of the functioning of aviation search and rescue in Ukraine using a systemic approach". *Scientific Bulletin of the Academy of Municipal Administration. Series: Technics*, (5). P. 39–47. available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvamu_teh_2012_5_7
4. Rogozin, A., Gurnyk, A. (2014), "Methods of calculating the effectiveness of aviation for search and rescue operations in emergency situations", *Collection of materials of the international scientific and practical conference*, P. 151–154, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvundipb_2015_1_14
5. Gurnyk, A. V. (2015), "To the issue of conducting aviation works with visual search", *Scientific Bulletin of UkrNDIPB*, №1 (31). P. 99–109, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvundipb_2015_1_14
6. Khizhnyak V., Gurnyk A. (2014), "Selection of an expedient method of searching for an object based on the optimal distribution of forces and means of search and rescue", *Science and technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine*, No. 4. P. 96–99, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nitps_2014_4_22.
7. Lysenko, O., Valuiskyi, S. (2012), "Capacity increasing of sensor telecommunication networks", *Information and Telecommunication Sciences*, No. 1. P. 5–14. DOI: <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12012.%25p>
8. Kotvytskyi, R., Sariboga, G., Zbrutskyi, O. (2017), "The method of determining the coordinates of a moving object using a technical vision system", *Information systems, mechanics and control*, (16). P. 71–78, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ismk_2017_16_10.
9. Kotvytskyi, R., Sariboga, G., Zbrutskyi, O. (2015), "Automatic control of the optical axis of the camera based on the technical vision system using the method of object identification by color", *Information systems, mechanics and control*, (13), 111–115, available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ismk_2015_13_14.
10. Tymochko, O., Afanasyev, V., Afanasyev, Yu., Aroslinkin, O. (2021), A model of the positioning and monitoring system based on a multi-level data transmission structure in a distributed network", *Weapons systems and military equipment*, (4 (68)), 123–129. DOI: 10.30748/soivt.2021.68.16
11. Zhovnovatyuk, R., Kankin, I., Uminsky, V. (2010), "Prospects of building wireless data transmission networks in the interests of the Armed Forces of Ukraine", *Bulletin of ZHTU. Series "Technical Sciences"*, (4 (55)). P. 39–47.
12. Kharchenko, V., Barabanov, Yu., Grekov, A. (2012), "Modeling of aviation satellite communication", *Advances in aerospace technology*, 50 (1), 5–13. DOI: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.50.105>
13. Knyazev, V., Lazurenko, B., Serkov, O., (2022), "Metody i sredstva otsenki urovnya pomekhoustoychivosti besprovodnykh kanalov svyazi", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, 1(19). P. 92–98. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.19.092>
14. Ruban, I., Kuchuk, H., Kovalenko, A. (2017), "Redistribution of base stations load in mobile communication networks", *Innovative technologies and scientific solutions for industries*, 1(1). P. 75–81. DOI:10.30837/2522-9818.2017.1.075
15. Kalashnyk, G., Kalashnyk-Rybalko, M. (2018), "The main measures to ensure the effective functioning of control, communication and navigation systems under the influence of destructive heliogeophysical disturbances", *Science and technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine*, (1). P. 92–98. DOI: 10.30748/nitps.2018.30.13
16. Connected surveillance in Cyprus police helicopters, available at: <https://teltonika-networks.com/industries/use-cases/connected-surveillance-in-cyprus-police-helicopters/> (last accessed 18.02.2023).
17. Militaru, G., Popescu, D. and Ichim, L. (2018) "UAV-to-UAV Communication Options for Civilian Applications", *26th Telecommunications Forum (TELFOR)*, Belgrade, Serbia. P. 1–4. DOI: 10.1109/TELFOR.2018.8612108.
18. Beyond Visual Line of Sight Operations, available at: <https://sites.uw.edu/afsl/research/> (last accessed 18.02.2023).
19. Starlink courting airlines for in-flight Internet connectivity deals, available at: <https://www.lightreading.com/satellite/starlink-courting-airlines-for-in-flight-internet-connectivity-deals/a/d-id/770117> (last accessed 28.02.2023).
20. AH-64 APACHE–Lifesaver at Work. available at: <http://www.miltechmag.com/2014/06/ah-64-apache-lifesaver-at-work.html> (last accessed 28.02.2023).

21. Boeing AH-64D Apache Block III Demonstrates Level IV UAS Control. available at: <https://boeing.mediaroom.com/2009-06-23-Boeing-AH-64D-Apache-Block-III-Demonstrates-Level-IV-UAS-Control> (last accessed 28.02.2023).

Received 16.05.2023

Відомості про авторів / About the Authors

Клімішен Олексій Олегович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, старший викладач кафедри авіаційного обладнання та комплексів повітряної розвідки, Харків, Україна; e-mail: kl_s_kh@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3859-1531>

Красноручський Андрій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, доцент кафедри радіоелектронного обладнання літальних апаратів, Харків, Україна; e-mail: krasnoruckyi@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4318-2217>

Кочук Сергій Борисович – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського ("ХАІ"), доцент кафедри електротехніки та мехатроніки, Харків, Україна; e-mail: s.kochuk@khai.edu; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1429-2246>

Klimishen Oleksii – PhD (Technical Sciences), Senior Research, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University, Senior Lecturer aviation equipment and air reconnaissance systems, Kharkiv, Ukraine.

Krasnorutskyi Andrii – PhD (Technical Sciences), Associated Professor, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Forces University, Associated Professor at the Department of radio electronic equipment of aircraft, Kharkiv, Ukraine.

Kochuk Serhii – PhD (Technical Sciences), Associated Professor, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Associated Professor at the Department of Mechatronics and Electrical Engineering, Kharkiv, Ukraine.

APPLICATION OF WIRELESS COMMUNICATION AND TECHNICAL VISION TECHNOLOGIES TO IMPROVE AVIATION SEARCH AND RESCUE OPERATIONS

The subject of research in the article is approaches to improving the onboard equipment of a search and rescue aircraft (AC). The **purpose** of the study is to develop proposals for improving the technical means of searching for aircraft that have suffered an accident, namely video surveillance systems and information transmission to the control centers (CC) of the search and rescue operation, based on the analysis of the Rules for Search and Rescue Support of Flights of the State Aviation of Ukraine and foreign experience in search and rescue operations. It is proposed to use a light multipurpose helicopter of the Mi-2 type as a search and rescue aircraft (SRAC). The work solves the following **problems**: studying modern approaches to ensuring aviation search and rescue operations; analyzing technical means of ensuring the search for crashed aircraft; developing proposals for a method of transmitting information from the airborne control center to the ground control center; selecting a suitable carrier for special equipment and individual samples of video surveillance and data transmission systems. The **method** of comparative analysis is used to solve partial problems. The following **results** have been obtained: the requirements for the search characteristics of SRAC are determined, in particular, it is proposed to use a light multipurpose helicopter as SRAC; a scheme for organizing communication with the search operation control center using wireless communication technologies is presented; specific requirements for individual components of SRAC onboard special equipment are formulated. **Conclusions.** The introduction of wireless communication technologies together with thermal imaging equipment will increase the speed and efficiency of searching for crashed aircraft, especially at night and in conditions of limited visibility (fog, smoke). In addition, the range of tasks of light helicopters such as the Mi-2 is expanding, and the number of both onboard and ground operators directly using thermal imaging equipment (infrared camera) to determine the location of the crash is increasing. In this case, the total number of personnel involved in search and rescue operations is not affected.

Keywords: aviation search and rescue; wireless communication technologies; data transmission; equipment components; technical vision; search and rescue aircraft.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Клімішен О. О., Красноручський А. О., Кочук С. Б. Застосування технологій бездротового зв'язку й технічного зору для вдосконалення авіаційних операцій пошуку та рятування. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2023. № 2 (24). С. 72–79. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.24.072>

Klimishen, O., Krasnorutskyi, A., Kochuk, S. (2023), "Application of wireless communication and technical vision technologies to improve aviation search and rescue operations", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (24), P. 72–79. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2023.24.072>