



*А. П. Гаврись, М. З. Лаврівський, О. В. Любовецький, А. Б. Тарнавський,
І. П. Кравець, В. В. Рихва*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2527-7906> – А. П. Гаврись

<https://orcid.org/0000-0002-8267-1996> – М. З. Лаврівський

<https://orcid.org/0009-0007-7904-9091> – О. В. Любовецький

<https://orcid.org/0000-0002-4625-2022> – А. Б. Тарнавський

<https://orcid.org/0000-0002-3146-7952> – І. П. Кравець

<https://orcid.org/0009-0000-3510-3913> – В. В. Рихва



m.lavrivskiy@ldubgd.edu.ua

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ІНТЕГРАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У СФЕРУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Анотація. На сьогодні дедалі актуальнішою стає проблема безпеки територій та захисту їх від масштабних надзвичайних ситуацій. Для якісного проведення моніторингу та спостереження працівники цивільного захисту почали залучати безпілотні літальні апарати, які надходять на чергування в підрозділи Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Метою статті є дослідити проблемні аспекти та розробити рекомендації для ефективної та якісної інтеграції технологій безпілотних літальних апаратів в практичну діяльність підрозділів цивільного захисту.

Методи дослідження. Дослідження проблемних аспектів та розробка рекомендацій щодо ефективної та якісної інтеграції технологій безпілотних літальних апаратів у практичну діяльність підрозділів цивільного захисту. У статті проаналізовано функції структурних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій щодо залучення безпілотних літальних апаратів для прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та моніторингу об'єктів підвищеного ризику. У роботі розглянуто статистичні дані щодо розподілу безпілотних літальних апаратів по країні у підрозділах Державної служби України з надзвичайних ситуацій, а також розроблено блок-схему типів безпілотних літальних апаратів, що використовуються оперативно-рятувальними підрозділами Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Результати дослідження. В статті проаналізовано функції структурних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій щодо залучення безпілотних літальних апаратів для прогнозування ймовірностей виникнення надзвичайних ситуацій та моніторингу небезпечних ситуацій, що в свою чергу позитивно вплине на час реагування на надзвичайну ситуацію, а також дасть можливість моніторити надзвичайну (небезпечну) ситуацію в режимі реального часу.

Результатом дослідження є запропонований ряд рекомендаційних заходів, що покращать інтеграцію системи безпілотних літальних апаратів у практичну діяльність підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: цивільний захист, екологічна безпека, зовнішній пілот, місце події, надзвичайна ситуація.

A. P. Havrys, M. Z. Lavrivskiy, O. V. Liubovetskyi, A. B. Tarnavskiy, I. I. Kravets, V. V. Rykhva
Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

PROBLEMATIC ISSUES OF INTEGRATING UNMANNED AERIAL VEHICLE TECHNOLOGIES INTO CIVIL DEFENSE SECTOR

Abstract. Currently, the issue of territorial security and protection against large-scale emergencies is becoming increasingly important. To ensure high-quality monitoring and surveillance, civil defense workers have begun using unmanned aerial vehicles, which are on duty at the units of the State Emergency Service of Ukraine.

The aim of the article is to investigate the problematic aspects and develop recommendations for the effective and efficient integration of unmanned aerial vehicle technologies into the practical activities of civil defense units.

Research Methods. To study the problematic aspects and develop recommendations for the effective and high-quality integration of unmanned aerial vehicle technologies into the practical activities of civil defense units. The article analyzes the functions of the structural units of the State Emergency Service of Ukraine regarding the use of unmanned aerial vehicles to predict the likelihood of emergencies and monitor high-risk facilities. The article analyzes the statistical data on the distribution of unmanned aerial vehicles across the country in the units of the State Emergency Service of Ukraine and also develops a flowchart of the types of unmanned aerial vehicles used by the operational and rescue units of the State Emergency Service of Ukraine.

Research Results. The article analyzes the functions of the structural subdivisions of the State Emergency Service of Ukraine regarding the use of unmanned aerial vehicles to predict the probability of emergencies and monitor hazardous situations, which in turn will have a positive impact on the emergency response time and will also make it possible to monitor an emergency (hazardous) situation in real-time mode.

The result of the study is a set of recommended measures that will enhance the integration of the unmanned aerial vehicle system into the practical activities of the units of the State Emergency Service of Ukraine.

Keywords: civil protection, environmental safety, external pilot, scene, emergency situation.

Вступ (Introduction). Використання безпілотних літальних апаратів (далі – БПЛА) з кожним роком набуває все ширшого застосування. На сьогодні безпілотні системи, що до того використовувалися лише в цивільних цілях, набули подальшого розвитку у використанні в специфічних умовах, таких як військові операції та пошуково-рятувальні роботи.

Окремим етапом розвитку стало використання БПЛА в підрозділах ДСНС України. Відповідно до Наказу ДСНС України [1] визначено функції самостійних структурних підрозділів апарату ДСНС, територіальних органів ДСНС, підрозділів центрального підпорядкування апарату ДСНС та закладів освіти при використанні таких систем.

До прикладу, для Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям відповідно до покладених на нього завдань визначено, що БПЛА може залучатися для: прогнозування ймовірностей виникнення пожеж, паводків, зсувів, селів тощо; моніторингу потенційно небезпечних територій; перевірки потенційно небезпечних об'єктів; оповіщенні населення про небезпеку надзвичайних ситуацій; розслідуванні причин надзвичайних ситуацій та пожеж.

Для Департаменту реагування на надзвичайні ситуації застосування визначено як: моніторинг та обстеження під час організації реагування на надзвичайні ситуації, пожежі та інші небезпечні події; аварійно-рятувальні роботи; ведення пошукових операцій; проведення навчань та тренувань. Для Департаменту організації заходів цивільного захисту визначено застосування при плануванні та інспектуванні фонду захисних споруд цивільного захисту; моніторингу та контролю радіаційної, хімічної обстановки та стану повітря; супроводженні заходів у режимах карантину, епідемічної та епізоотичної обстановки; здійсненні сигнального та мобільного оповіщення населення; санітарній обробці об'єктів та територій.

Для виконання вищевикладених завдань в період 2023-2024 років підрозділи ДСНС України суттєво доукомплектувалися БПЛА як за рахунок державних закупівель, так і завдяки гуманітарній та волонтерській допомозі. Станом на 30 грудня 2024 року в пожежно-рятувальних підрозділах на балансі перебуває 778 БПЛА. Загальний розподіл БПЛА по регіонах показано на рисунку 1.

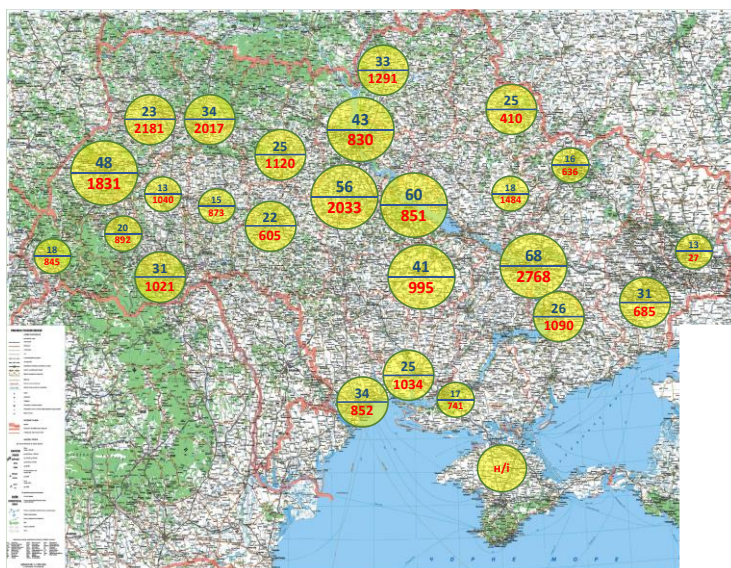


Рисунок 1 – Загальна кількість БПЛА в підрозділах ДСНС України та їх застосування (розподіл по областях)

На рисунку зображено числа, де чисельник – це кількість БПЛА в області, а знаменник – це залучення їх в оперативній роботі станом на 31 грудня 2024 року. Найбільше БПЛА є на балансі Київської області (56 одиниць), м. Київ (43 одиниці), а найменше в Хмельницькій (15 одиниць), Тернопільській, Луганській областях (13 одиниць).

Щодо застосування БПЛА, то найбільше їх використовувалось в Черкаській, Житомирській, Дніпропетровській, Запорізькій, Львівській, Волинській, Чернівецькій, Миколаївській та Полтавській областях. Проте слід відмітити, що є області, де БПЛА застосовувались найменше – це Сумська (410 разів), Вінницька (605 разів), Донецька (685 разів), Закарпатська (845 разів), Луганська (27 разів).

Відповідно до [1] з метою забезпечення якісного виконання робіт та отримання повної інформації щодо ситуації рекомендується комплектувати територіальні органи ДСНС України:

- БПЛА з ємністю батареї не менше 4900 мАг, з тепловізійною камерою або камерою нічного бачення, лазерним далекоміром, трьома змінними блоками живлення – 1 од.;

- БПЛА з ємністю батареї не менше 5000 мАг та трьома змінними блоками живлення – 2 од.

Проте не завжди виходить дотримуватися цих рекомендацій. Оскільки джерела постачання безпілотних літальних апаратів різні, відповідно й типи і номенклатура їх відрізняються по підрозділах. На рисунку 2 наведено розподіл БПЛА, що використовуються територіальними підрозділами ДСНС України відповідно до моделі виробника.

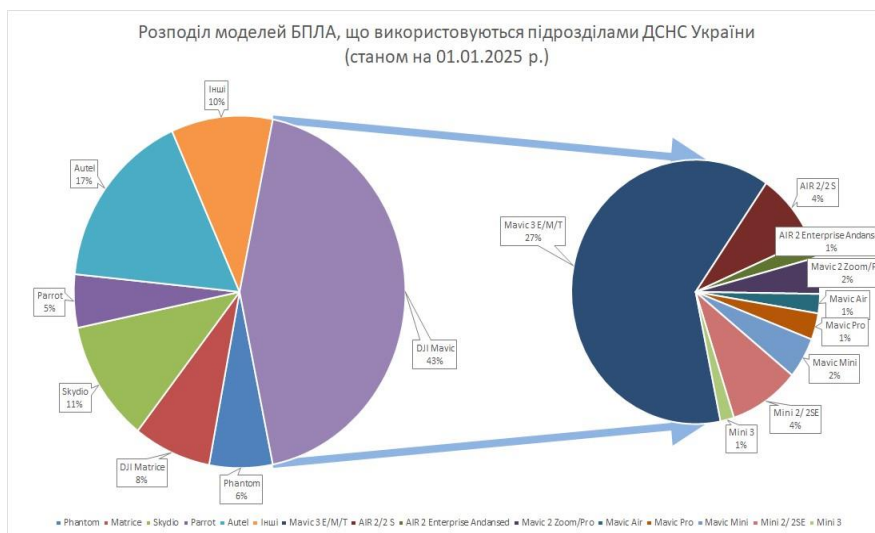


Рисунок 2 – Розподіл моделей БПЛА, що використовуються підрозділами ДСНС України

Як бачимо, найбільш використовувана модель на сьогодні – це Mavic 3 виробника DJI.

З такою кількістю та широким спектром моделей, що уже використовуються в підрозділах ДСНС України, постає питання якісної інтеграції цих технологій в практичну діяльність підрозділів цивільного захисту.

Методи дослідження (Methods)

На сьогодні підрозділами ДСНС України використовується 20 найменувань різноманітних моделей БПЛА. Проте різноманітність та невідомість особового складу підрозділу, специфіка експлуатації кожної моделі та їх можливе використання в екстремальних умовах викликає питання якісної інтеграції технологій безпілотних літальних апаратів в практичну діяльність підрозділів цивільного захисту.

В роботі необхідно дослідити проблемні аспекти та розробити рекомендації для ефективної та якісної інтеграції технологій

безпілотних літальних апаратів в практичну діяльність підрозділів цивільного захисту.

Стан вивчення питання. Питання інтеграції технологій безпілотних літальних апаратів не нове. В різних галузях господарства, де БПЛА починали використовуватися вперше, виникали ті ж проблемні питання, що зараз виникають і в підрозділах ДСНС України.

В праці [2, 3] автори розглянули випадок використання безпілотних літальних апаратів в якості мобільного М2М-шлюзу БВСМ (безпроводових всепроникаючих сенсорних мереж) в рамках розподіленої системи керування та описали проблеми, які виникли в інженерів при впровадженні проектів з розширення доступу до інтернету з використанням БПЛА.

В роботах [4-6] наведено особливості, які виникають у користувачів при застосуванні БПЛА в аграрній сфері. Автори у цьому дослідженні розглянули останні тенденції та

застосування провідних технологій, пов'язаних із сільськогосподарськими БпЛА, технологіями керування, обладнанням і розробками. Окреслили використання БпЛА в реальному сільськогосподарському середовищі та в подальшій перспективі, а також їхні проблеми з інтеграції цих систем в реальних умовах.

Автори праць [7, 8] представляють огляд безпілотних літальних апаратів і репрезентують колекції тематичних досліджень, які показують, як ці системи можуть застосовуватися в різних інженерно-геологічних видах діяльності та середовищах. Окремо описано особливості застосування БпЛА в рамках інженерної геології та проблеми, які з цим виникають.

Усі вищеописані особливості та проблеми процесу інтеграції систем БпЛА в різноманітні галузі є подібними, наприклад, в агросфері та інженерній геології виникли схожі проблеми, проте сфера цивільного захисту населення є більш специфічною і потребує додаткових рішень.

Частково специфіка застосування БпЛА у сфері діяльності підрозділів цивільного захисту розглядається в роботах [9-18]. Так, наприклад, в [9, 10] розглядаються перспективи використання БпЛА в реагуванні на надзвичайні ситуації загалом, в [11, 12] – використання БпЛА при виверженні вулкана та моніторингу лісових пожеж, в [13, 14] – при відстеженні селевих потоків, в [15] – для моніторингу зсувів, в [16] – для прогнозування висоти снігозалежання в гірських місцевостях, в [17, 18] – при затопленнях території, в [19] – при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах, а в [20, 21] – для оцінки збитків та результатів ліквідації надзвичайної ситуації.

Проте у всіх вищезгаданих працях не враховані особливості організації служби, функціональні обов'язки, характер дій та правил, яких потрібно дотримуватися в підрозділах ДСНС України, що і викликає проблеми з інтеграцією технологій безпілотних літальних апаратів в практичну діяльність підрозділів цивільного захисту.

Матеріали і методи. Такий темп постачання та нагальності використання безпілотних літальних апаратів в аварійно-рятувальній справі зумовив розробку програми підготовки зовнішніх пілотів БпЛА ДСНС України.

На сьогодні навчання та підвищення кваліфікації зовнішніх пілотів БпЛА рекомендовано здійснювати на базі Львівського державного університету безпеки життєдіяльності відповідно до Програми підготовки зовнішніх пілотів безпілотних авіаційних комплексів (БпАК) І класу мікро (тактичні) з безпілотними літальними апаратами (БпЛА) мультироторного типу.

Крім того передбачено, що у випадках, коли зовнішні пілоти БпЛА будуть потребувати підвищення кваліфікації, спеціалізованого навчання та додаткових знань, що неможливо здійснити на базі Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, зовнішні пілоти БпЛА зможуть проходити навчання в інших закладах освіти та навчальних центрах.

Але у цій програмі підготовки слід вирішити ряд проблем, що будуть чекати зовнішніх пілотів БпЛА безпосередньо на місцях виконання службових обов'язків. Тому автори, проаналізувавши досвід підготовки зовнішніх пілотів БпЛА за кордоном, виокремили ключові проблеми інтеграції цієї технології в практичну діяльність підрозділів ДСНС.

Виклад основного матеріалу. Інтеграція нових технологій у процеси швидкого реагування може створити проблеми, особливо це стосується тих випадків, коли сама технологія є новою, а варіанти її використання та тактичні можливості все ще досліджуються.

Основним питанням, що постає перед підрозділом, якому на озброєння надходить дрон, є його інтеграція у практичну діяльність. А далі виникають інші питання:

- Хто буде зовнішнім пілотом БпЛА і наскільки великим буде екіпаж БпАК?
- Де буде зберігатися БпЛА до використання?
- Хто і як буде транспортувати його до місця інциденту?
- Коли потрібно застосовувати БпЛА?
- Як буде передаватись інформація під час надзвичайної ситуації?
- Чи використовуватиметься БпЛА, як єдиний пристрій для огляду з повітря?
- Як він повинен рухатися, при несприятливих погодних умовах?
- Якою має бути підготовка зовнішніх пілотів БпЛА?
- Які нормативні вимоги існують до використання БпЛА?

І це не всі питання, які виникають при прийнятті БпЛА на службу цивільного захисту. Узагальнивши досвід підготовки зовнішніх пілотів БпЛА у сфері цивільного захисту автори пропонують певні рекомендації щодо їхнього застосування і повсякденного користування.

Навчання. Правильне розуміння апаратного та програмного забезпечення, а також того, як ним користуватися, є фундаментальним фактором успіху. З метою ефективного використання обладнання і технології необхідно налагодити належний навчальний процес. Крім того, щоб зберегти майстерність, різні сценарії навчання необхідно виконувати протягом року,

щоб імітувати сценарії реального життя. Це питання вже передбачене в Методичних рекомендаціях з використання безпілотних літальних апаратів підрозділами ДСНС, де прописано, що з метою підтримки та вдосконалення навичок зовнішніх пілотів (операторів) БпЛА, рекомендується не рідше одного разу на два тижні організовувати та проводити навчально-тренувальні польоти в підрозділах ДСНС.

Такі навчально-тренувальні польоти рекомендовано не лише для зовнішніх пілотів БпЛА, а також для візуальних спостерігачів, керівників ліквідації надзвичайних ситуацій, щоб дізнатися про техніку, її можливості, випадки використання, в тому числі отримання даних (запис відео/зображення, передача відео в прямому ефірі, інші можливі джерела даних), обслуговування і зберігання інформації.

Навчально-тренувальні польоти слід проводити на відкритих і широких злітно-посадкових майданчиках, подалі від людей, будівель і дерев.

Якщо зовнішній пілот БпЛА новачок у цій технології, дуже важливо ознайомитися насамперед з її функціями. Базові навички польоту є абсолютним стартом перед будь-яким подальшим навчанням.

Заклади вищої освіти з підготовки служб швидкого реагування почали створювати та викладати спеціальні навчальні програми на основі потреб служби цивільного захисту. Ці навчальні програми дозволяють отримати практичний досвід пілотування, а також розглянути багато питань і сценаріїв тактичного підходу.

Обладнання. Мінімальна конфігурація БпЛА для служби цивільного захисту повинна забезпечувати таке:

- надійна платформа з системою резервування, тобто подвійні ІВБ (інерційні вимірювальні блоки, та електронний пристрій, який вимірює та повідомляє про питому силу і кутову швидкість та дозволяє БпЛА працювати, коли немає GPS), подвійний компас, подвійний акумулятор тощо;

- системи GPS і GLONASS;

- вбудовані системи камер, бажано модульні, з можливостями прямої трансляції у форматі HD;

- інтегрований SDK (набір для розробки програмного забезпечення), щоб можна було писати спеціальні програми для допомоги операторам.

Наприклад, додаток DJI/DroneSAR Search and Rescue, Drone Deploy для 2D і 3D картографування тощо.

Наступні функції розширюють можливості БпЛА і не вважаються частиною мінімальних конфігурацій;

- можливість встановлення додаткового обладнання, яке може бути використане для доставки рятувального жилета, аптечки першої допомоги, ковдри або радіо під час пошуково-рятувальної місії;

- освітлення для нічних польотів.

Результати дослідження (Results)

Зйомка потокового відео в реальному часі.

Під час досліджень було визначено, що можливість транслювати відео з місця подій у прямому ефірі є важливим аспектом.

Проблема полягає в тому, що якщо зовнішній пілот БпЛА бачить відео в реальному часі, зовнішній пілот (оператор) №2 повинен опрацювати усі відеоматеріали та дані, а потім передати дані та інформацію безпосередньо відділенням, що прибули на місце події. Це відволікає зовнішнього пілота (оператора) №2 від взаємодії із зовнішнім пілотом БпЛА, що виконує завдання, і може призвести до тактичних проблем з використання БпЛА. Крім того, спілкуючись і даючи опис візуальних підказок керівнику з ліквідації надзвичайної ситуації зовнішній пілот (оператор) №2 не тільки уповільнює процес, але може призвести до помилок зовнішнього пілота БпЛА і втрати безпілотного літального апарату.

Альтернативою вирішення цієї проблеми є використання додатка DJI Go, що дозволяє відтворювати в прямому ефірі або майже в реальному часі транслювати відео на Google Meet. Шляхом створення приватного каналу, оперативно-рятувальне відділення може переглядати відео, перейшовши на цей приватний канал (через веббраузер). Оригінальний відзнятий матеріал продовжує зберігатися на карті micro SD на повітряному судні, яку можна отримати після польоту.

Ще одним варіантом є наявність у зовнішнього пілота БпЛА, рюкзака із кількома стільниковими модемами, які отримують дані від радіоконтролера БпЛА через вихід HDMI і транслюють їх на конкретний сервер. Ця технологія використовується в пожежній службі Копенгагена.

Ще деякі рішення можна застосовувати через DJI SDK (Software Development Kit) і вони можуть включати можливість транслювати відеопотік на додаткові платформи.

Тактичні прийоми. Різні види, характери надзвичайних ситуацій, сценарії реагування на них, а також місцевість, мета та місія польоту вимагають різного тактичного підходу щодо того, як використовуватиметься БпЛА.

Наприклад, під час пожежі багатоповислового будинку зовнішній пілот БПЛА може просто вибрати фіксоване положення вище і трохи збоку від інциденту, щоб отримати загальний вид. В такому положенні можна надавати дані за допомогою звичайної або тепловізійної камери. Зовнішній пілот БПЛА слідує за напрямом диму та намагається завжди триматися на безпечній відстані від диму, регулюючи розташування і висоту.

Однак якщо метою є отримання більш детального огляду місця події, зовнішній пілот БПЛА може здійснити обліт по колу, наприклад, встановити точку інтересу. БПЛА у цьому режимі польоту буде облітати зону дослідження, тримаючи камеру спрямованою в центр.

Це дозволяє зовнішньому пілоту БПЛА спостерігати за місцем події з усіх боків.

Так само під час пошуково-рятувальних операцій. Існує кілька способів виконання місії залежності від обстановки та місцевості. Зовнішньому пілоту БПЛА потрібно враховувати висоту місцевості та наявність лісових насаджень при здійсненні польотів в гірській місцевості.

Використання тепловізійної камери. Чітко видимий сяючий тепловий слід серед маси снігу чи води може врятувати життя людини. Теплові датчики можуть бачити в повній темряві, бачити крізь дим, туман, можуть вимірювати температуру безконтактним методом і робити визначення на відстані, зменшуючи атмосферні перешкоди, забезпечуючи кращий контраст, що є ідеальною платформою для ефективної аналітики та постійного виявлення газових викидів.

Під час навчально-тренувальних польотів було визначено, що в певних умовах тепловізор показував результати з багатьма помилковими тепловими слідами. Пояснювалося це тим, що програма DJI Go була надто складною для використання відповідною тепловізійною камерою. Проте, компанія DJI розробила внутрішню автономну програму під назвою «DJI Hotshot» для використання з тепловізійною камерою DJI XT. Додаток забезпечує набагато простіший підхід і дисплей користувача з більшими кнопками та повзунками для налаштування камери тепловізора та налаштування ізотерми, що значно спрощує та пришвидшує набір температурних діапазонів.

Додатковим завданням під час польоту з тепловізором є збереження ситуаційної обізнаності і орієнтація. Через те, що тепловізор використовує інфрачервоне випромінювання видимого світла, як на звичайних відеокамерах, знайоме оточення може виглядати зовсім по іншому. Використання телеметрії DJI стає ще

більш корисним під час польотів з тепловізійною камерою.

Вибір відповідного розміру лінзи XT є ще одним важливим фактором.

Тепловізійна камера з найвищою роздільною здатністю, яку пропонує DJI, 640x512 FPA (цифровий відеодисплей). Розмір формату, чотири варіанти об'єктива; 7,5 мм, 9 мм, 13 мм і 19 мм. Хоча камера також пропонує цифрове збільшення 2x, 4x і 8x, менші варіанти об'єктивів (7,5 мм і 9 мм) здаються більш зручними завдяки розміру лінзи, оскільки вони забезпечують ширше поле зору.

Дані з тепловізійної камери. Залежно від налаштувань тепловізійної камери перегляд реальних даних під час надзвичайної ситуації може призвести до відображення великої кількості даних. Це особливо помітно, коли зовнішній пілот БПЛА не знайомий з функціоналом і способами відображення даних з тепловізійних камер.

Тепловізори мають різні попередньо встановлені палітри з різними кольорами, які використовуються для відображення різниці температур на тепловому зображенні, пов'язані з інтенсивністю градацій сірого. Однак, ці палітри можуть показувати забагато даних за межами діапазону корисних температур. Ось наприклад джерела тепла всередині конструкції у двох різних видах. Перший вигляд — стандартний Fusion перегляд палітри. На другому зображенні використовуються налаштування ізотерми, що дозволяє легше переглядати та аналізувати теплові дані, оскільки він одразу показує гарячу точку. Ізотерма – це інструмент аналізу, що має певний температурний діапазон, який відрізняється від інших.

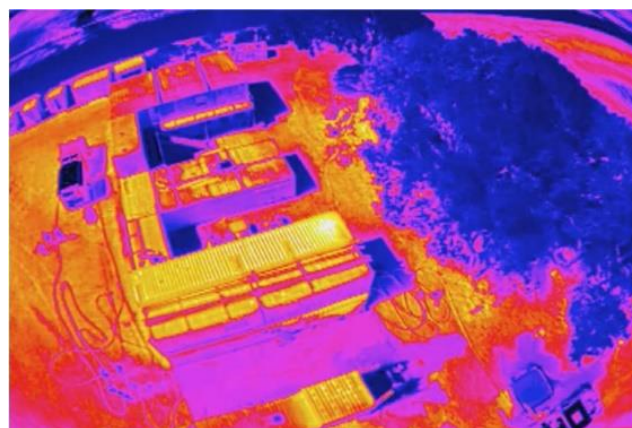


Рисунок 3 – Стандартний вигляд палітри та вигляд за допомогою ізотерми [22]



Продовження рисунка 3 – Стандартний вигляд палітри та вигляд за допомогою ізотерми [22]

Використання БпЛА перед надзвичайною ситуацією. За можливості потрібно підготуватися до надзвичайних подій, таких як пожежа або затоплення, створюючи актуальні 2D, 3D або карти висот завчасно. За допомогою SDK для картографування (тобто DroneDeploy, Propeller, Pix4D тощо) і платформи Mavic 3T, області або будівлі можна нанести на карту з повітря. Ці карти не тільки актуальніші, ніж Google Satellite, але також пропонують вищу роздільну здатність і дозволяють проводити дуже точні вимірювання.

Ця функція може надати цінні дані тим, хто першим прибуває на місце інциденту, ще до того, як він пошириться на більшу територію.

Використання БпЛА після інциденту. Подібним чином БпЛА із програмами для картографування також можна використовувати для судової експертизи чи збору доказів після надзвичайних ситуацій. Наприклад, після пожежі в будівлі або повені дрон може допомогти не лише для отримання відео та фотографій місця події, але також для збору надвисоких роздільних даних чи фотограмметрії для 2D і 3D картографування.

Використання БпЛА для картографування та візуалізації до і після події пропонує додаткові переваги.

Використання кількох БпЛА. Використання декількох БпЛА не є рідкістю. Вони або літають по одному (залежно від потреб місії, загального розташування та погодних умов) або кілька одночасно перебувають у повітрі (наприклад, для пошуку та виконання рятувальних завдань). На даний момент використання декількох БпЛА може створити додаткові проблеми від потенційних перешкод на траєкторії польоту до накладання відеосигналу або перебоїв у керуванні безпілотниками.

Перспективні розробки. Для вирішення практичних проблем використання БпЛА конструкторські бюро та програмісти постійно працюють над удосконаленням функціоналу безпілотників, тому потрібно слідкувати за

новинками та оновленнями, які можуть бути корисними для використання у завданнях служби цивільного захисту.

З боку програмного забезпечення розробляються більш оптимізовані платформи SDK, які дозволяють створювати потужніші програми і рішення SDK. Поєднання апаратного удосконалення та програмного забезпечення дозволять майбутнім платформам виконувати більш складні завдання, використовувати більше автономних функцій та надавати більше корисних даних у реальному часі зовнішньому пілоту БпЛА та іншій команді.

У майбутньому планується розробити більш інтегровані платформи, що виявлятимуть інші БпЛА і об'єкти у повітрі та уникатимуть перешкод від них. Майбутні платформи будуть мати можливості надсилати та отримувати інформацію про місцезнаходження інших БпЛА і створювати так званий ефект «рою», що дасть можливість сканувати території на пошук зниклої людини одночасно і швидше покриваючи більшу площу.

Обговорення результатів досліджень (Discussion)

Враховуючи всі вищезазначені проблеми автори дослідили їх та створили ряд рекомендаційних заходів, що полегшить інтеграцію системи БпЛА у практичну діяльність підрозділів ДСНС України.

1. Визначити ролі зовнішнього пілота БпЛА та зовнішнього пілота (оператора) №2 перед його безпосереднім використанням на місці надзвичайної ситуації. Зовнішній пілот БпЛА має бути зосереджений лише на самій операції польоту, а не виконувати інші, пов'язані з цим завдання. Тому рекомендується, щоб екіпаж БпЛА складався мінімум з 2 осіб. Для ефективного виконання пошукових операцій може знадобитися навіть три або чотири людини. Втома та інші зовнішні чинники також повинні бути враховані для того, щоб інші зовнішні пілоти БпЛА та зовнішні пілоти (оператори) №2 могли замінити працюючий екіпаж БпЛА.

2. Як згадувалося раніше у статті, використанню можливостей БпЛА іноді заважають погодні умови, особливо вітер, хмарність і дощ. Хоча, повністю захиститись від атмосферних впливів неможливо, виробники докладають зусиль, щоб покращити довговічність та можливості апаратного забезпечення для польотів у складних погодних умовах. Тому, на цьому етапі актуальним стає рівень підготовленості зовнішнього пілота БпЛА до виконання завдань в екстремальних умовах, що досягається постійним підвищення кваліфікації та практичними відпрацюваннями.

3. Бувають обставини, коли екіпажові БпАК може знадобитися скинути предмет пораненому, наприклад, рятувальне коло, термоковдру, мобільний телефон, маркер тощо. На даний момент можливість це зробити обмежена, оскільки платформа, а іноді й законодавство, не дозволяють цього зробити. Як наслідок, виробники БпЛА роблять майбутні платформи готовими для легкого додавання до них можливостей скидання предметів для рятування людей. Можливо, законодавство також буде змінено і таку можливість буде надано для екстрених служб у майбутньому. Тому, потрібно постійно здійснювати моніторинг зміни в нормативно-правових актах та вимогах до використання БпЛА.

4. Під час використання БпЛА безпека має першочергове значення. Довіра громадськості до використання БпЛА аварійними службами також є надзвичайно важливою, оскільки багато громадян хвилюються побачивши в небі дрон. Безпека також важлива, коли БпЛА використовується разом із спеціальним авіаційним загonom (вертольоти та інше повітряне обладнання) з різних екстрених служб.

Щоб зміцнити довіру наших громадян до використання БпЛА під час надзвичайних ситуацій і рятувальних операцій, аварійні служби разом із виробниками платформ мають забезпечити можливість їх ідентифікувати як платформу «блакитного кольору» з відповідними вогнями, маяками та маркуванням. Крім того, екстрені служби повинні розглянути можливість використання злітно-посадкового майданчика з відповідними вогнями та маркуванням всередині, щоб забезпечити ще більш безпечні посадки.

На додаток до цього, однією з цікавих ініціатив, розроблених Середнім і Західним Уельсом, було впровадження темної кімнати для підтримки та допомоги пілоту і оператору польоту. Досвід екіпажів БпАК цієї країни у боротьбі з відблисками на екранах та іншими погодними проблемами що заважало їхній роботі, спонукало їх до розробки рішення, яке б захистило їх від зовнішніх факторів і розширило їх можливості. Приклад такої кімнати показано на рисунку 4.



Рисунок 4 – Змодельована темна кімната для роботи зовнішнього пілота БпЛА

5. Однією з багатьох додаткових можливостей, які може надати БпЛА, є використання поточних даних (зображення, відео, телеметрія), які він фіксує. Технології бортових БпЛА швидко розвиваються, а якість і стабільність зображень дуже високі. Поки SD-карта на борту БпЛА записує зображення та відео, через канал із БпЛА майже в «реальному часі» відео транслюється керівнику ліквідації надзвичайної ситуації.

Для цього дані повинні безпечно та ефективно передаватись через телекомунікаційні мережі 3G і 4G, але для деяких випадків такі мережі недоступні, тому потрібно використовувати супутникові мережі.

Незалежно від доступних телекомунікаційних мереж, виробники БпЛА повинні переконатися, що платформа має можливість надсилати дані до Incident Commander у безпечному режимі. На даний момент для цього існують деякі сторонні продукти, і вони справді використовуються екстреними службами інших країн. Однак, капітальні та експлуатаційні витрати можуть зробити цю технологію недосяжною для багатьох екстрених служб і тому можливості інтегрованої трансляції у майбутньому повинні бути вбудовані в БпЛА.

6. Під час виконання завдань можна використовувати різні камери, включаючи тепловізійну камеру. Обидві камери мають різні можливості та способи використання. Однак одним із початкових обмежень є те, що коли доводиться змінювати камеру втрачається час на посадку і повернення БПЛА на вихідну позицію, що є критичним під час надзвичайної ситуації.

Тому рекомендується розглянути можливість використання в екстремальних ситуаціях подвійної камери, якщо БПЛА платформа дає можливість це зробити. Використання двох камер забезпечить гнучкість, результативність і ефективність виконання завдань.

7. Отримання БПЛА підрозділом також означає необхідність отримати і додаткові елементи до БПЛА. Це може бути футляр для зберігання чи перенесення, запасні частини, такі як гвинти, додатковий блок живлення або батареї. Виробникам БПЛА рекомендується постачати також разом пакети для ремонту, які включають все, що їм потрібно з точки зору швидкого ремонту і заміни, а також додаткові варіанти програмного забезпечення.

Висновки (Conclusions)

З початком використання БПЛА в підрозділах ДСНС України виникатимуть багато запитань і невизначеностей щодо ролі цих безпілотних літальних апаратів, як частини загального інструментарію під час реагування на надзвичайні ситуації або пошуку та рятування людей.

Невизначеність пояснюється тим фактом, що технологія була і є відносно новою, і багато готових платформ не призначені для таких критично важливих операцій. Адже багато БПЛА призначені для інших цілей, таких як сільське господарство, фотографія та відеозйомка. І їх ніхто спеціально не проектував для використання під час реагування на надзвичайні ситуації, ліквідації наслідків стихійних лих або виконання пошуково-рятувальних робіт.

Однак проаналізовані приклади використання БПЛА в екстремальних ситуаціях показує, що їх застосування розширює функціонал і покращує результативність реагування підрозділів аварійно-рятувальної служби на надзвичайні ситуації. В статті автори аналізували використання БПЛА для пошуку зниклих, що проводилося швидко та ефективно, наводилися випадки, використання БПЛА над палаючими будівлями, що містять багато небезпечних хімічних речовин та для виявлення «гарячих точок» пожежі в будівлях та управління реагуванням на ці ситуації. Загалом вони допомагають керівнику з ліквідації надзвичайної ситуації приймати обґрунтовані рішення, які призводять

до кращих результатів з локалізації та ліквідації надзвичайних ситуацій.

БПЛА не замінить працівників ДСНС, поліцейських чи екіпаж вертольоту. Вони просто стануть інтегрованими в загальне реагування на надзвичайні ситуації та ліквідацію наслідків стихійних лих, що призводять до прийняття більш обґрунтованих рішень та кращих результатів.

Технології швидко розвиваються, і зважаючи на тенденцію, БПЛА завтрашнього дня будуть розумнішими, швидшими, витривалішими з покращеними можливостями, такими як уникнення зіткнень, довший час польоту та швидший обмін даними. Автори переконані, що екстрені служби майбутнього використовуватимуть БПЛА в їхніх щоденних операціях, а також повноцінно в автономних польотах в нічний час, що матиме ще більший економічний ефект.

Список літератури:

1. Правила виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України: затв. наказом Міністерства оборони України від 08.12.2016 № 661.
2. Про допуск до експлуатації безпілотних літальних апаратів: затв. наказом ДСНС України від 20.11.2018 № 675.
3. Gharibi M., Boutaba R., Waslander S.L. Internet of Drones (2016) // *IEEE Access*. – 2016. - Vol. 4. - P. 1148-1162 (DOI: 10.1109/ACCESS.2016.2537208).
4. Kravchuk S., Minochkin D., Omiotek Z., Bainazarov U., Weryńska-Bieniasz R., Isakova A. (2017) Cloud-based mobility management in heterogeneous wireless networks // *Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments*, Wilga, Poland, 7 August 2017. - P. 104451W (doi: 10.1117/12.2280888; dx.doi.org/10.1117/12.2280888).
5. Kim, J., Kim, S., Ju, C., & Son, H. I. (2019). *Unmanned aerial vehicles in agriculture: A review of perspective of platform, control, and applications*. Ieee Access, 7, 105100-105115.
6. del Cerro, J., Cruz Ulloa, C., Barrientos, A., & de León Rivas, J. (2021). *Unmanned aerial vehicles in agriculture: A survey*. *Agronomy*, 11(2), 203. 6.
7. Maddikunta, P. K. R., Hakak, S., Alazab, M., Bhattacharya, S., Gadekallu, T. R., Khan, W. Z., & Pham, Q. V. (2021). *Unmanned aerial vehicles in smart agriculture: Applications, requirements, and challenges*. *IEEE Sensors Journal*, 21(16), 17608-17619.
8. Giordan, D., Adams, M. S., Aicardi, I., Alicandro, M., Allasia, P., Baldo, M., & Troilo, F. (2020). *The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for engineering geology applications*.

Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 79, 3437-3481.

9. Boon, D. P., Chambers, J. E., Hobbs, P. R., Kirkham, M., Merritt, A. J., Dashwood, C., & Wilby, P. R. (2015). *A combined geomorphological and geophysical approach to characterising relict landslide hazard on the Jurassic Escarpments of Great Britain*. *Geomorphology*, 248, 296-310.

10. Лаврівський М.З., Гаврись А. П. Розвиток безпілотних літальних апаратів в Україні та світі для виконання завдань цивільного захисту. *Науковий вісник НЛТУ України*. 27(1). 2017. С. 151-153.

11. Nikolaevich, K. V., Starodub, Y., & Havrys, A. (2021). *Computer Modeling in the Application to Geothermal Engineering*. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 1-23. <https://doi.org/10.1155/2021/6619991>.

12. Amici, S., Turci, M., Giammanco, S., Spampinato, L., & Giulietti, F. (2013). *UAV thermal infrared remote sensing of an Italian mud volcano*. *Advances in Remote Sensing*.

13. Havrys, A., Yakovchuk, R., Pekarska, O., Tur, N. (2023). *Visualization of fire in space and time on the basis of the method of spatial location of fire-dangerous areas*. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(2).

14. Aronica, G. T., Biondi, G., Brigandì, G., Cascone, E., Lanza, S., & Randazzo, G. (2012). *Assessment and mapping of debris-flow risk in a small catchment in eastern Sicily through integrated numerical simulations and GIS*. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 49, 52-63.

15. Cánovas, J. B., Stoffel, M., Corona, C., Schraml, K., Gobiet, A., Tani, S., & Kaitna, R. (2016). *Debris-flow risk analysis in a managed torrent based on a stochastic life-cycle performance*

16. Cignetti, M., Godone, D., Wrzesniak, A., & Giordan, D. (2019). *Structure from motion multisource application for landslide characterization and monitoring: the Champlas du Col case study, Sestriere, North-Western Italy*. *Sensors*, 19(10), 2364. *Science of the total environment*, 557, 142-153.

17. Bühler, Y., Adams, M. S., Bösch, R., & Stoffel, A. (2016). *Mapping snow depth in alpine terrain with unmanned aerial systems (UASs): potential and limitations*. *The Cryosphere*, 10(3), 1075-1088.

18. Starodub, Y. P. & Havrys, A. P. (2018). *Conceptual model of portfolio management project for territories protection against flooding*. *MATEC Web of Conferences* 247, 00019 (2018) <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824700019>.

19. Starodub, Y., Karabyn, V., Havrys, A., Shainogal, I., & Samberg, A. (2018, October). *Flood risk assessment of Chervonograd mining-industrial*

district. In *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XX* (Vol. 10783, pp. 169-173). SPIE.

20. Havrys, A., & Khlevnoi, O. (2022). *Software-based method of determining the necessary population evacuation zone in case of a chemical accident*.

21. Boccardo, P., Chiabrando, F., Dutto, F., Giulio Tonolo, F., & Lingua, A. (2015). *UAV deployment exercise for mapping purposes: Evaluation of emergency response applications*. *Sensors*, 15(7), 15717-15737.

22. Calantropio, A., Chiabrando, F., Sammartano, G., Spanò, A., & Losè, L. T. (2018). *UAV strategies validation and remote sensing data for damage assessment in post-disaster scenarios*. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 121-128.

23. Official website Viewpro. Access : <http://www.viewprotech.com/index.php?ac=article&at=read&did=536>
<http://www.viewprotech.com/index.php?ac=article&at=read&did=536>.

References:

1. On approval of the Rules for flights by unmanned aircraft complexes of state aviation of Ukraine: Order of the Ministry of Defense of Ukraine dated December 08, 2016 No. 661.

2. On admission to the operation of unmanned aerial vehicles: Order of the State Emergency Service of Ukraine dated November 20, 2018 No. 675.

3. Gharibi M., Boutaba R., Waslander S.L. *Internet of Drones* (2016) // *IEEE Access*. – 2016. - Vol. 4. - P. 1148-1162 (DOI: 10.1109/ACCESS.2016.2537208).

4. Kravchuk S., Minochkin D., Omiotek Z., Bainazarov U., Weryńska-Bieniasz R., Iskakova A. (2017) *Cloud-based mobility management in heterogeneous wireless networks* // *Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments*, Wilga, Poland, 7 August 2017. - P. 104451W (doi: 10.1117/12.2280888; dx.doi.org/10.1117/12.2280888).

5. Kim, J., Kim, S., Ju, C., & Son, H. I. (2019). *Unmanned aerial vehicles in agriculture: A review of perspective of platform, control, and applications*. *Ieee Access*, 7, 105100-105115.

6. del Cerro, J., Cruz Ulloa, C., Barrientos, A., & de León Rivas, J. (2021). *Unmanned aerial vehicles in agriculture: A survey*. *Agronomy*, 11(2), 203.

7. Maddikunta, P. K. R., Hakak, S., Alazab, M., Bhattacharya, S., Gadekallu, T. R., Khan, W. Z., & Pham, Q. V. (2021). *Unmanned aerial vehicles in smart agriculture: Applications, requirements, and challenges*. *IEEE Sensors Journal*, 21(16), 17608-17619.

8. Giordan, D., Adams, M. S., Aicardi, I., Alicandro, M., Allasia, P., Baldo, M., & Troilo, F. (2020). *The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for engineering geology applications*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 79, 3437-3481.
9. Boon, D. P., Chambers, J. E., Hobbs, P. R., Kirkham, M., Merritt, A. J., Dashwood, C., & Wilby, P. R. (2015). *A combined geomorphological and geophysical approach to characterising relict landslide hazard on the Jurassic Escarpments of Great Britain*. Geomorphology, 248, 296-310.
10. Lavrivskyi, M. Z., & Havrys, A. P. (2017). *Development of unmanned aerial vehicles in Ukraine and the world for the performance of civil defense tasks*. Scientific bulletin of NLTU of Ukraine, 27(1), 151-153.
11. Nikolaevich, K. V., Starodub, Y., & Havrys, A. (2021). *Computer Modeling in the Application to Geothermal Engineering*. Advances in Civil Engineering, 2021, 1-23. <https://doi.org/10.1155/2021/6619991>.
12. Amici, S., Turci, M., Giammanco, S., Spampinato, L., & Giulietti, F. (2013). *UAV thermal infrared remote sensing of an Italian mud volcano*. Advances in Remote Sensing.
13. Havrys, A., Yakovchuk, R., Pekarska, O., Tur, N. (2023). *Visualization of fire in space and time on the basis of the method of spatial location of fire-dangerous areas*. Ecological Engineering & Environmental Technology, 24(2).
14. Aronica, G. T., Biondi, G., Brigandì, G., Cascone, E., Lanza, S., & Randazzo, G. (2012). *Assessment and mapping of debris-flow risk in a small catchment in eastern Sicily through integrated numerical simulations and GIS*. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 49, 52-63.
15. Cánovas, J. B., Stoffel, M., Corona, C., Schraml, K., Gobiet, A., Tani, S., & Kaitna, R. (2016). *Debris-flow risk analysis in a managed torrent based on a stochastic life-cycle performance*.
16. Cignetti, M., Godone, D., Wrzesniak, A., & Giordan, D. (2019). *Structure from motion multisource application for landslide characterization and monitoring: the Champlas du Col case study, Sestriere, North-Western Italy*. Sensors, 19(10), 2364. Science of the total environment, 557, 142-153.
17. Bühler, Y., Adams, M. S., Bösch, R., & Stoffel, A. (2016). *Mapping snow depth in alpine terrain with unmanned aerial systems (UASs): potential and limitations*. The Cryosphere, 10(3), 1075-1088.
18. Starodub, Y. P. & Havrys, A. P., (2018). *Conceptual model of portfolio management project for territories protection against flooding*. MATEC Web of Conferences 247, 00019 (2018) <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824700019>.
19. Starodub, Y., Karabyn, V., Havrys, A., Shainogal, I., & Samberg, A. (2018, October). *Flood risk assessment of Chervonograd mining-industrial district*. In Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XX (Vol. 10783, pp. 169-173). SPIE.
20. Havrys, A., & Khlevnoi, O. (2022). *Software-based method of determining the necessary population evacuation zone in case of a chemical accident*.
21. Гаврись, А. П., Лаврівський, М. З., Філіппова, В. В., & Марценюк, А. Ю. (2024). *Аналіз ефективності та перспектив застосування безпілотних літальних апаратів у сфері цивільного захисту*. Міжнародний науковий журнал "Грааль науки". – Відень. – Листопад, 2024. – № 46. – С. 531-546.
22. Calantropio, A., Chiabrando, F., Sammartano, G., Spanò, A., & Losè, L. T. (2018). *UAV strategies validation and remote sensing data for damage assessment in post-disaster scenarios*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42, 121-128.
23. Official website Viewpro. Access : <http://www.viewprotech.com/index.php?ac=article&at=read&did=536><http://www.viewprotech.com/index.php?ac=article&at=read&did=536>.

© А. П. Гаврись, М. З. Лаврівський,
О. В. Любовецький, А. Б. Тарнавський,
І. П. Кравець, В. В. Рихва, 2025.
Науково-методична стаття.
Надійшла до редакції 25.03.25.
Прийнято до публікації 04.06.2025.