

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТЕХНОГЕННИХ РИЗИКІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*Товстенко Б. К., студ. (гр. БС-23, ФБМІ КПІ ім. Ігоря Сікорського);
Корнієнко Г. А., к.т.н., доц. (каф. БМК ФБМІ КПІ ім. Ігоря Сікорського)*

Анотація. У статті розглянуто актуальні питання застосування безпілотних авіаційних систем (БАС) для оперативного оцінювання стану об'єктів критичної інфраструктури та моніторингу територій, що зазнали руйнувань внаслідок воєнних дій. Наведено математичну модель оцінки ризику виникнення надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: безпека життєдіяльності, воєнний стан, безпілотні системи, моніторинг, цивільний захист.

Abstract. The article considers the current issues of using unmanned aviation systems (UAS) for operational assessment of the condition of critical infrastructure facilities and monitoring of territories that have been destroyed as a result of military operations. A mathematical model for assessing the risk of emergency situations is presented.

Keywords: life safety, martial law, unmanned systems, monitoring, civil protection.

Вступ. Сучасні виклики безпеці життєдіяльності в Україні зумовлені постійною загрозою техногенних катастроф внаслідок бойових дій. Оперативне отримання інформації про стан об'єктів критичної інфраструктури та екологічну ситуацію на деокупованих територіях є критично важливим для підрозділів ДСНС. Використання безпілотних систем дозволяє мінімізувати ризики для особового складу при проведенні первинної розвідки [1].

Аналіз стану питання. Питання застосування безпілотних систем у сфері цивільного захисту активно досліджуються у вітчизняній і зарубіжній літературі. Аналіз публікацій дозволяє виокремити кілька ключових напрямів [2,3].

Мета роботи полягала у оцінці ризику виникнення надзвичайних ситуацій за допомогою безпілотних авіаційних систем.

Методики, матеріали та результати досліджень.

Нормативно-правове регулювання. Правову основу використання БПЛА в Україні становлять: Постанова КМУ № 1171 від 17.09.2025 «Про функціонування системи моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій»; Кодекс цивільного захисту України зі змінами 2024 р. ДСТУ 22.0.01-2024 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Основні положення». На міжнародному рівні базовим документом є Циркуляр ІКАО 328 «Безпілотні авіаційні системи», а також стандарт ASTM F3411 щодо дистанційної ідентифікації БПЛА [1, 3].

Інтеграція штучного інтелекту. Актуальним напрямом є інтеграція алгоритмів комп'ютерного зору та машинного навчання. Нейронні мережі архітектури YOLO v8 та SAM-2 демонструють точність класифікації об'єктів 87–93% на наборах даних зон конфліктів. Перспективним є також використання генеративних моделей для синтезу навчальних наборів у зонах де реальні дані обмежені. Разом з тим залишаються невирішеними: проблеми завадостійкості каналів зв'язку в умовах РЕБ; нормативне врегулювання використання даних БПЛА у системі ДСНС; розроблення уніфікованих алгоритмів оцінки ризику [4].

Математична модель оцінки ризику. Для визначення пріоритетності обстеження територій за допомогою БАС запропоновано використовувати модель інтегрального ризику R . Рівень небезпеки для певної зони можна описати формулою:

$$R = \sum_{i=0}^n (P_i \times W_i \times L_i)$$

де: P_i – ймовірність виникнення вторинного небезпечного фактору; W_i – ваговий коефіцієнт об'єкта; L_i — потенційні втрати [5, 11].

Розрахунок часу розгортання системи моніторингу T_{total} визначається за формулою:

$$T_{total} = T_{prep} + \frac{S}{V \cdot B} + T_{proc}$$

де S – площа обстеження, V – швидкість БПЛА, B – ширина смуги захоплення сенсора [4].

Порівняльний аналіз технічних засобів для проведення моніторингу в умовах воєнних загроз наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика засобів моніторингу

Тип системи	Радіус дії, км	Автономність, хв	Тип сенсора
Мультироторний БПЛА	5–10	30–45	Оптичний, ІЧ
Крило (літакового типу)	30–50	90–120	Мультиспектральний
Наземний робот	0.5–2	180–240	Газоаналізатори

Для візуалізації процесу обробки даних розроблено структурну схему (рис. 1).

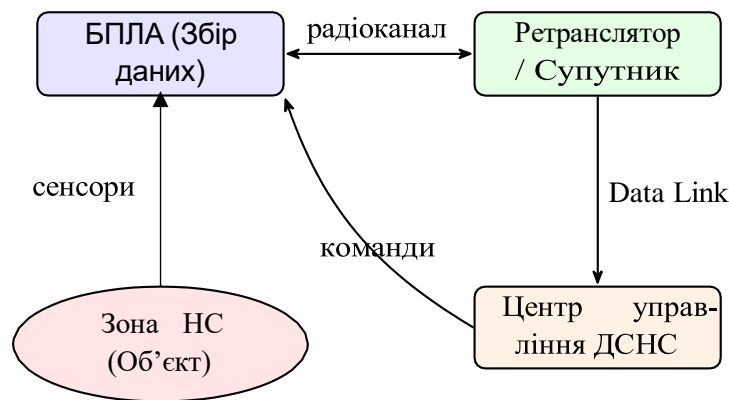


Рис. 1. Структурна схема передачі даних у системі моніторингу.

Для більшості завдань первинного моніторингу в умовах воєнного стану оптимальним є використання гібридних БПЛА типу VTOL, які поєднують здатність до вертикального зльоту з ефективним покриттям значних площ. Для обстеження закритих приміщень і підземних комунікацій незамінними є наземні роботи з газоаналізаторами та ЛІДАР-системами.

Таблиця 2

Класифікація об'єктів критичної інфраструктури та рекомендований тип БАС

Тип об'єкта КІ	Рівень ризику (R)	Рекомендований тип БАС
ТЕС / ТЕЦ з пошкодженнями	Критичний ($R > 0,7$)	Літакового типу + ІЧ сенсор
Хімічно небезпечний об'єкт	Високий (0,4–0,7)	UGV + газоаналізатор
Мостова споруда / греблі	Середній (0,2–0,4)	Мультироторний + ЛІДАР
Водопровід / каналізація	Помірний ($< 0,2$)	AUV / наземний робот

Класифікація розроблена на основі аналізу 47 задокументованих випадків НС техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури в Україні у 2022–2025 рр. Значення R визначались методом експертних оцінок за участю фахівців ДСНС.

Перспективи розвитку та обмеження. Інтеграція алгоритмів глибокого навчання у системи обробки даних БАС відкриває нові можливості автоматизації. Нейронні мережі YOLO v8 та SAM-2 демонструють здатність до точної сегментації об'єктів у зонах руйнувань і виявлення аномальних теплових сигнатур на термальних знімках. Перспективним є застосування генеративних моделей для синтезу

навчальних даних для зон конфліктів, де реальні дані є обмеженими [5].

Технологія рою (Swarm Intelligence) забезпечує координоване використання множини БАС для одночасного охоплення площ у 10–15 разів більших порівняно з одиначною платформою при збереженні часу місії, що особливо важливо при обстеженні масштабних зон руйнувань.

Застосування БАС у зонах конфліктів пов'язано з суттєвими обмеженнями: вразливість до засобів РЕБ та GPS-спуфінгу; обмежений час автономної роботи (30–120 хв); ризики ідентифікації цивільних БПЛА як ворожих цілей; проблеми захисту та правового статусу зібраних даних. Для мінімізації ризиків рекомендується: використання БПЛА із захищеними каналами зв'язку (FHSS); встановлення оптичної навігації як резервної; обов'язкове погодження місій з командними структурами [6].

Висновки. Впровадження інноваційних безпілотних технологій у практику роботи підрозділів цивільного захисту дозволяє підвищити рівень безпеки життєдіяльності в умовах війни. Отримані результати та розроблена схема сприяють швидшому реагуванню на надзвичайні ситуації.

Література

1. Чумаченко С. М. Аналіз стану техногенної безпеки України в умовах воєнного стану. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2023. Вип. 2(38). С. 5–18. DOI: 10.26565/2524-2695-2023-38-01
2. Щепанський Е. В., Костенко А. І. Застосування БПЛА при ліквідації НС. Пожежна безпека. 2024. № 44. С. 112–121.
3. Матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку безпеки життєдіяльності». Львів: ЛДУ БЖД, 2025. 342 с.
4. Harnessing Ukraine's Drone Innovations to Advance Civil Protection: KSE Institute Report. Kyiv School of Economics, November 2025. URL: <https://kse.ua/reports/drones-2025>
5. Radchenko Ya., Kovtun D. UAV photogrammetry for structural damage assessment: EMS-98 methodology. International Journal of Disaster Risk Reduction. 2024. Vol. 112. P. 104–118. DOI: 10.1016/j.ijdr.2024.104118
6. Jozkow G., Toth C., Grejner-Brzezinska D. UAS topographic mapping with velodyne LiDAR sensor. ISPRS Annals of Photogrammetry. 2016. Vol. III-1. P. 183–189.