

## ПЕРЕВАГИ ТА РИЗИКИ ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ОБ'ЄКТІВ ІНФРАСТРУКТУРИ АЕРОПОРТУ

*Гера Оксана<sup>1\*</sup>, Фреюк Анастасія<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, \*e-mail: [oksana.hera@nung.edu.ua](mailto:oksana.hera@nung.edu.ua)

<sup>2</sup> Кафедра геодезії та землеустрою, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна, студентка гр. ГЗ-24-1

**Анотація.** Метою дослідження є визначення, ґрунтуючись на іноземних наукових здобутках, видів перевірок в аеропортах, які можуть проводитися з використанням безпілотних літальних апаратів; а також потенційних загроз безпеці аеропорту та методів їх запобігання. БПЛА дозволяють швидко контролювати стан об'єкта і, як правило, не вимагають повного припинення роботи аеропорту. Встановлено, що вони допомагають контролювати стан покриття аеродрому, проводити перевірки освітлення, виявлення сторонніх предметів та управління ризиками, пов'язаними з дикими тваринами. З іншого боку, неконтрольоване використання БПЛА може призвести до ризику зіткнення літаків у повітряному просторі аеропорту. Тому важливим питанням є впровадження платформи управління рухом для контролю безпеки польотів. Ці досягнення можуть бути впроваджені в процес інспектування українських аеропортів після скасування заборони на цивільні польоти.

**Ключові слова:** безпілотний літальний апарат (БПЛА), утримання аеропорту, аерофотограмметрія, оцінка експлуатаційної безпеки, індекс стану аеродромного покриття.

### Актуальність теми дослідження

Очікується, що після припинення активних бойових дій, відновлення повітряного сполучення буде одним із пріоритетних завдань. Реконструкція аеропортів розпочнеться з проведення інженерних обстежень для визначення поточного стану об'єктів, доцільності, вартості та термінів їх відновлення, а також розробки необхідної проектної документації (Гера, 2024).

Через обмеження польотів українські вчені можуть проводити лише теоретичні дослідження можливостей безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для інспектування аеропортів. Метою дослідження є визначення, на основі зарубіжних наукових джерел, видів перевірок в аеропортах, які повинні проводитися з використанням БПЛА, а також потенційних загроз безпеці аеропортів, які можуть виникнути в цій ситуації, та методів їх запобігання.

### Методика

Аеропорти потребують періодичного технічного обслуговування для забезпечення безпечної експлуатації повітряного руху під час зльоту, посадки та рулювання, а також належного стану всієї інфраструктури. Державна авіаційна адміністрація відповідає за управління процесом інспектування аеропортів. Інспектори відвідують аеропорт або злітно-посадкову смугу, щоб оглянути ситуацію, оцінюючи такі аспекти, як загальний стан покриття, перешкоди на підхідних траєкторіях та проблеми з проектуванням навколо злітно-посадкової смуги. Загальний візуальний огляд проводиться за допомогою ручного обладнання, такого як далекоміри, інклінометри та вимірні колеса (Kim et al., 2019).

Очевидним недоліком цього методу є те, що він обмежується прямим оглядом інспекторів об'єктів на рівні землі, і вимагає значної кількості робочих годин та обмеження роботи аеропорту. Сьогодні БПЛА можуть забезпечити ефективніший огляд для прийняття рішень на основі даних для програм інспектування, а також сприяти значній економії часу та коштів.

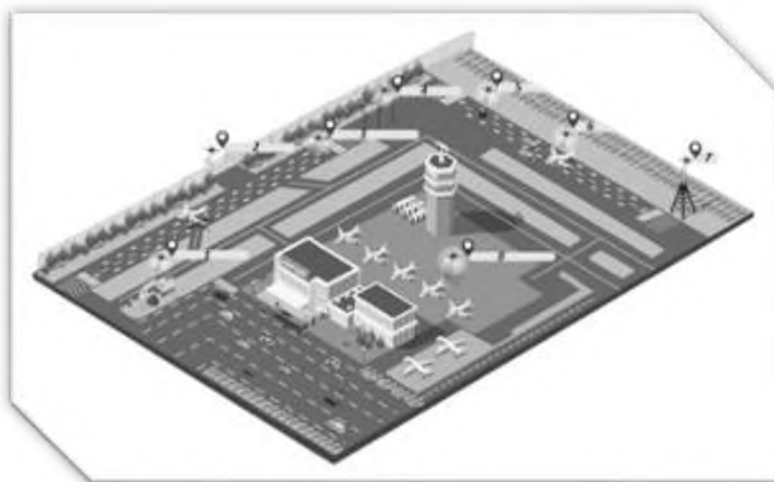
У дослідженні (Congress et al., 2022) зроблено спробу використовувати безпілотний літальний апарат, оснащений оптичною камерою, для інспекції та оцінки стану різних об'єктів аеропорту. Виконано порівняння значень індексу стану дорожнього покриття (PCI), отримані під час традиційних та повітряних інспекцій. Загалом, БПЛА визнано як інструмент збору даних, що має великий потенціал і доповнює існуючі практики.

### Виклад основного матеріалу

Важливою перевагою для інспекції інфраструктури аеропорту є здатність БПЛА нести різноманітні датчики та вимірювальне обладнання, що покращують традиційні методи. Це передбачає візуальну інспекцію за допомогою камер з високою роздільною здатністю, інфрачервону термографію та ультразвукову інспекцію конструкцій. Метою цих інспекцій є моніторинг стану конструкцій та виявлення дефектів у матеріалах і компонентах, таких як тріщини, пори, розшарування, вм'ятини, корозія, розшарування матеріалів, спричинені факторами навколишнього середовища та механічним навантаженням.

Залежно від використаного обладнання, обстеження за допомогою БПЛА може надати такі результати: хмари точок, текстуровані моделі, 3D-об'єкти, ортомозаїки, цифрові моделі поверхні (DSM), цифрові моделі рельєфу (DEM) та цифрові моделі місцевості (DTM). Вхідні дані для створення 3D-моделей включають геореференційні фотографії або файли даних, згенеровані лазерним LIDAR. Візуалізації LIDAR не є візуально привабливими, але вони є більш точними, ніж моделі, отримані з фотографій (Rodríguez et al., 2024).

Така велика кількість різноманітних вихідних даних дозволяє планувати та контролювати різні види діяльності з утримання території аеропорту. Завдяки інформації, що передається БПЛА в режимі реального часу, можна виконувати такі операції (рис. 1):



**Рисунок 1.** Візуалізація потенційних напрямків застосування малих безпілотних літальних апаратів в аеропортах

(Джерело: [https://www.faa.gov/airports/new\\_entrants/on\\_airport\\_operations](https://www.faa.gov/airports/new_entrants/on_airport_operations))

1 – моніторинг етапів будівництва; 2 – спостереження за безпекою на території; 3 – перевірка покриття аеродрому; 4 – перевірка освітлення; 5 – виявлення сторонніх предметів; 6 – ситуаційна поінформованість (пожежна та рятувальна служба аеропорту); 7 – обстеження перешкод; 8 – управління ризиками, пов'язаними з дикими тваринами.

Однак, окрім численних покращень в управлінні інфраструктурою, присутність БПЛА в повітряному просторі аеропорту може становити ризик. Дослідження показують, що тверді та щільні матеріали, з яких виготовлені БПЛА, можуть становити набагато більший ризик зіткнення, ніж птахи, навіть при однаковій швидкості та вазі. Затримки рейсів, зміна маршрутів і навіть закриття злітно-посадкових смуг стають вимушеними заходами безпеки під час несанкціонованого вторгнення БПЛА. Розроблена платформа (Zhang, Liu, & Low, 2023) може бути використана для динамічного генерування 3D-траєкторій зіткнення та оцінки ризику його виникнення. У той час як стаття (Luca et al., 2025) містить детальний опис архітектури та робочого процесу платформи управління рухом БПЛА (UTM), розробленої для створення передумов для збільшення, поліпшення та підвищення безпеки експлуатації БПЛА у цивільному повітряному просторі.

## Висновки

Перелік сфер застосування безпілотних літальних апаратів постійно розширюється. Велика кількість надійних практичних експериментів демонструє доцільність їх використання для моніторингу стану та належного обслуговування всіх об'єктів інфраструктури аеропорту. БПЛА дозволяють швидко контролювати стан об'єкта і, як правило, не вимагають повного припинення роботи аеропорту. Дрони допомагають контролювати стан покриття аеродрому, проводити перевірки освітлення, виявлення сторонніх предметів та управління ризиками, пов'язаними з дикими тваринами. З іншого боку, неконтрольоване використання БПЛА може призвести до ризику зіткнення літаків у повітряному просторі аеропорту. Тому важливим питанням є впровадження платформи управління рухом для контролю безпеки польотів.

## Перелік літературних джерел

- Congress, S. S. C., Puppala, A. J., Treybig, C., Gurganus, C., & Halley, J. (2023). Application of Unmanned Aerial Vehicles for Monitoring Airport Asset Surfaces. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2677(3), 458–473. <https://doi.org/10.1177/03611981221115729>
- Kim, S., Paes, D., Lee, K., Irizarry, J., & Johnson, E. N. (2019). UAS-Based Airport Maintenance Inspections: Lessons Learned from Pilot Study Implementation. *Computing in Civil Engineering 2019*, 382–389. <https://doi.org/10.1061/9780784482445.049>
- Luca, V. D., Pascarelli, C., Colucci, M., Afrune, P., Corallo, A., & Avanzini, G. (2025). A Platform for Safe Operations of Unmanned Aircraft Systems in Critical Areas. *Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2025.02.004>
- Rodríguez, D. A., Lozano Tafur, C., Melo Daza, P. F., Villalba Vidales, J. A., & Daza Rincón, J. C. (2024). Inspection of aircrafts and airports using UAS: A review. *Results in Engineering*, 22, 102330. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102330>
- Zhang, N., Liu, H., & Low, K. H. (2023, January 23). UAV Collision Risk Assessment in Terminal Restricted Area by Heatmap Representation. *AIAA SCITECH 2023 Forum*. AIAA SCITECH 2023 Forum, National Harbor, MD & Online. <https://doi.org/10.2514/6.2023-0737>
- Гера, О. В. (2024). Перспективи використання БПЛА для спостережень за станом об'єктів інфраструктури аеропортів. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*, 3, 30–35. <https://doi.org/10.32782/apcmj.2024.3.4>