

## Дрони у будівництві: контроль і безпека

Анна Бойко, студентка <sup>1</sup> (ORCID: 0009-0000-7343-166X)

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

### АНОТАЦІЯ

У роботі представлено можливості і особливості залучення дистанційно керованих літальних апаратів у будівельну галузь, зокрема з метою забезпечення контролю та безпеки як на будівельному майданчику, так і в процесі експлуатації. Визначено напрямки їхнього застосування, проаналізовано основні виклики. Також сформульовано висновки щодо перспектив використання БпЛА на будівельних майданчиках.

*Ключові слова:* безпілотні літальні апарати, будівництво, безпека праці.

### 1. ВСТУП

В умовах розвитку будівельної галузі сучасності ключового значення набувають процеси цифровізації, автоматизації та гарантія високих стандартів безпеки.

Одним із найбільш перспективних інструментів у цьому контексті виступають безпілотні літальні апарати (БпЛА). Їх застосування забезпечує комплексний моніторинг і контроль будівельних процесів, сприяє зниженню фінансових витрат, підвищенню продуктивності та мінімізації ризиків для працівників.

### 2. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ЗАСТОСУВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ

Сучасне будівництво вимагає оперативного контролю, аналізу стану споруд, логістики та ефективності робіт. У цьому контексті безпілотні літальні апарати (БпЛА) стають багатофункціональним інструментом, що застосовується на всіх етапах будівництва — від підготовчих робіт до фінальної інспекції.

*Моніторинг у реальному часі.*

Аерозйомка дозволяє швидко відстежувати хід робіт, виявляти відхилення від проєкту та приймати управлінські рішення дистанційно [1].

*Картографування територій. Фотограмметрія.*

Дрони з високоточними камерами створюють 3D-моделі рельєфу, що є швидшою та економічнішою альтернативою традиційній геодезії, зокрема за допомогою фотограмметрії — методу геодезичних досліджень, який дозволяє створювати хмари точок та 3D-моделі поверхні [1, 6].

*Контроль земляних робіт і логістики.*

БпЛА дають змогу оцінювати обсяги робіт, контролювати постачання матеріалів і транспортні маршрути, оптимізуючи ресурси.

*Інспекція важкодоступних об'єктів.*

Дрони безпечно обстежують дахи, фасади, мости та промислові споруди, виявляючи пошкодження без ризику для працівників.

*Забезпечення безпеки персоналу.*

Завдяки ШІ дрони фіксують переміщення працівників і техніки, виявляють порушення правил безпеки та аналізують ризики в автоматизованому режимі [7].



Рисунок 1. Приклад дистанційного обстеження будівель спеціалістами КНУБА

### 3. КОНТРОЛЬ І БЕЗПЕКА

Використання БпЛА відкриває нові можливості у сфері моніторингу, попередження та мінімізації ризиків, пов'язаних із виконанням будівельних робіт.

*Фіксація порушень техніки безпеки.*

За даними Управління з охорони праці та гігієни праці (ориг. «Occupational Safety and Health Administration», OSHA) падіння з висоти вважається однією з головних причин травматизму та смертності на будівельних майданчиках. Тож з метою запобігання нещасних випадків під час безпосереднього будівництва є «deep learning», за допомогою якого літальний апарат може розпізнавати, аналізувати та сигналізувати про поведінку, притаманну конкретній людині, що знаходиться на будівельному майданчику [7].

*Моніторинг зон підвищеної небезпеки.*

До таких зон належать котловани, ділянки висотних робіт та території інтенсивного руху будівельної техніки. Використання дронів дає змогу дистанційно оцінювати стан робочих платформ, укосів та шляхів пересування, знижуючи необхідність фізичної присутності інспекторів у небезпечних місцях.

*Контроль використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).*

Автоматизований моніторинг дозволяє виявляти випадки нехтування ЗІЗ у режимі реального часу та своєчасно інформувати відповідальних осіб.

*Аналіз відеопотоку в реальному часі за допомогою ШІ*

Системи обробки даних на основі нейронних мереж (зокрема, convolutional neural networks) забезпечують розпізнавання потенційно небезпечних ситуацій: падіння

працівників, порушення правил взаємодії з технікою, поява диму чи вогню, а також перевищення кількості осіб у небезпечній зоні [7].

#### 4. ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ

У будівництві застосовуються три основні типи безпілотних літальних апаратів. Це дрони роторного типу (з гвинтами); літакового з нерухомим крилом; гібридного (з гвинтами та крилами) [1, 8].

БПЛА можуть бути інтегровані з різноманітним сучасним програмним забезпеченням і апаратними компонентами для виявлення енергетичних характеристик будівель, виявлення дефектів в складних умовах [3,4,9].

Отримані дані обробляються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, зокрема Pix4D, та DroneDeploy, які дозволяють автоматизувати побудову карт, цифрових моделей та інтеграцію інформації у BIM-системи [5].

#### 5. ПРИКЛАДИ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

5.1. *Контроль продуктивності екскаваторів і бульдозерів при земляних роботах.*

Відовий приклад застосування БПЛА для сканування будівельного майданчика 40x200 м з досягненням точності висот 5,7 см [6].

5.2. *Моніторинг стану інфраструктури після аварій та стихійних лих*

Після загашення масштабної пожежі, що спалахнула на багатоповерховій автостоянці Liverpool Echo Arena 31 грудня 2017 року, Відділ МНС Ліверпуля вирішив використати протиударний промисловий квадрокоптер Flyability Elios для безпечного обстеження наслідків руйнувань [2].

5.3. *Оцінка обсягів робіт при відбудові повоєнних територій*

Україна почала широко застосовувати дрони для фіксації збитків, завданих інфраструктурі збройною агресією РФ, та для реконструкції інфраструктури після воєнних руйнувань [10].

#### 6. ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Впровадження дронів у будівництві супроводжується низкою викликів, пов'язаних із правовими, економічними, організаційними та безпековими аспектами.

До основних належать:

- правові обмеження щодо польотів;
- висока вартість обладнання та програмного забезпечення;
- потреба у кваліфікованих кадрах;
- ризики кібербезпеки.

Ці виклики стимулюють подальший розвиток технологій. Перспективним є використання «роевих» систем дронів [1] для масштабних обльотів та швидкого збору даних, а також інтеграція з цифровими двійниками споруд, що забезпечить безперервний контроль на всіх етапах життєвого циклу будівель. Окремо варто відзначити широкі можливості дронів у відбудові та реконструкції інфраструктури, особливо у післявоєнних умовах України.

Таким чином, подолання наявних викликів та розвиток технологічних рішень відкриває шлях до формування

«розумних» будівельних майданчиків, підвищення ефективності управління проектами та посилення рівня безпеки у будівельній галузі.

#### Список літератури

- [1] Савченко Я. Апаратно-програмне забезпечення та застосування безпілотних літальних апаратів та ін. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences.* 2024. Т. 337. № 3(2). С. 273–277. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-41>.
- [2] Гураль О. О. Технічне обстеження будівель і споруд за допомогою безпілотних літальних апаратів: Кваліфікаційна робота магістра. Тернопіль, 2022. 74 с. URL: [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/38063/1/KRM\\_Hural](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/38063/1/KRM_Hural)
- [3] Левщанов С. Застосування безпілотних літальних апаратів у будівельній індустрії. *Technical sciences and technologies.* 2024. № 2(36). С. 297–302. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-2\(36\)-297-302](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2024-2(36)-297-302).
- [4] Як працює тепловізійна камера в дроні: принцип та переваги - Drone Signal – Дрони, FPV обладнання, камери та запчастини для професіоналів. URL: [https://drone-signal.com.ua/2025/04/06/yak-praczuve-teplovizijna-kamera-v-droni-prynczyp-ta-perevagy/?srsrtid=AfmBOop3n\\_wn69wk7EHYfh\\_rxOK\\_81\\_9wUR8Cg1WnRzRTYGNnhMFv\\_Eg9](https://drone-signal.com.ua/2025/04/06/yak-praczuve-teplovizijna-kamera-v-droni-prynczyp-ta-perevagy/?srsrtid=AfmBOop3n_wn69wk7EHYfh_rxOK_81_9wUR8Cg1WnRzRTYGNnhMFv_Eg9).
- [5] 5 best drone software platforms 2025. *Fly Eye.* URL: <https://www.flyeye.io/drone-software-platforms-5-best/>
- [6] Julge K., Ellmann A., Köök R. Unmanned aerial vehicle surveying for monitoring road construction earthworks. *The baltic journal of road and bridge engineering.* 2019. Vol. 14, No. 1. P. 1–17. URL: <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2019-14.430>.
- [7] Real-time monitoring of work-at-height safety hazards in construction sites using drones and deep learning / M. Z. Shanti et al. *Journal of safety research.* 2022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.09.011>
- [8] Spoorthy Venkatesh Prakash. Unmanned Aerial Systems in the U.S. Construction Industry: Exploratory Study on Current State of Practice / Spoorthy Venkatesh Prakash, Caroline Clevenger, Manideep Tummalapudi // *EpiC Series in Built Environment.* 2022. Vol. 3. P. 482-486. URL: <https://doi.org/10.29007/hws2>.
- [9] What is a RGB drone sensor? And when you need to request RGB data. *GLOBHE - Global Drone Data for Digital Twins.* URL: <https://www.globhe.com/resources-collection/what-is-a-rgb-drone-sensor>.
- [10] Молоді О. С., Ковальчук О. Ю., Рашківський В. П., Плохута Р. О., Мусіяка І. В. Особливості обстеження будівель та споруд, що зазнали пошкоджень внаслідок воєнних дій. (*КЗЯТПС–2022*): матеріали XII Міжнар. наук.-практ. конф., 26–27 трав. 2022. Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. Т. 2. С. 94–96. URL: <https://conference-chernihiv-polytechnic.com/materiali-konferentsiyi/kzyatps-2022>.

<sup>i</sup> Робота виконана під керівництвом Володимира Рашківського, доц., зав. кафедри БМ.