

Сучасні принципи та алгоритми обстеження пошкоджених будівель із застосуванням дронів

Роман Пасько, докторант каф. архітектурних конструкцій КНУБА, ORCID: 0000-0002-3313-0368 ¹,
Євген Кулінко, асистент, ORCID: 0000-0002-8834-3600 ¹,
Вадим Спірідонов, аспірант, ORCID: 0009-0003-4318-1833 ¹

¹ Київський національний університет будівництва та архітектури, просп. Повітряних Сил, 31, Україна

АНОТАЦІЯ

Розглянуто сучасні принципи та алгоритми обстеження пошкоджених будівель за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Вивчено методики обстеження будівель з використанням дронів та наведено приклади попередніх досліджень у цій сфері. Використання дронів дозволяє проводити ефективне обстеження у важкодоступних місцях, підвищуючи безпеку та знижуючи витрати. У статті підкреслено значення інноваційних підходів до технічного обстеження будівель.

Ключові слова: Обстеження пошкоджених будівель, дрони, безпілотні літальні апарати, GIS, BIM-моделювання, аналіз досліджень, алгоритми маршрутів.

1. ВСТУП

Інтерес до використання дронів у будівельній галузі обумовлений їхньою ефективністю у зборі даних та можливістю досліджувати важкодоступні ділянки будівель. Вони дозволяють не лише знижувати ризики для людей, але й підвищують точність виявлення пошкоджень, що сприяє точнішому аналізу стану конструкцій. Застосування безпілотників в обстеженні пошкоджених об'єктів особливо актуальне у післявоєнний період, коли потрібні ефективні інструменти для оцінки руйнувань.

2. МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є аналіз сучасних підходів і методик застосування дронів для обстеження пошкоджених будівель, особливо в умовах обмеженого доступу та підвищеного ризику. Дослідження спрямоване на вивчення алгоритмів створення геометричних моделей і прокладання оптимальних маршрутів, а також на оцінку ефективності безпілотників у поєднанні з інформаційними технологіями, такими як GIS та BIM, для забезпечення точності та безпечності процесу моніторингу.

3. АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Попередні дослідження у сфері обстеження пошкоджених будівель та інфраструктури показують значний прогрес у впровадженні сучасних технологій, зокрема дронів, для оптимізації процесів моніторингу.

У дослідженні Шатрової, Демидової та Мальонкіної [1] обговорюються перспективи застосування дронів та геоінформаційних систем для оцінки пошкоджень, завданих будівлям унаслідок воєнних дій в Україні. Автори вказують на переваги інтеграції GIS-технологій, що дозволяє створювати картографічні моделі, на які накладаються отримані з дронів візуальні дані та інформація про геометричні характеристики об'єктів. Це спрощує аналіз даних і допомагає візуалізувати масштаби пошкоджень, що є необхідним для планування відновлення. Зокрема, у рамках проекту «Rebuild UA» безпілотники

використовувалися для збору даних про руйнування в Чернігівській, Сумській і Київській областях. Такий підхід дозволяє систематизувати інформацію, полегшуючи ухвалення обґрунтованих рішень стосовно пріоритетності відновлювальних робіт.

Дослідження Левщанова [2] аналізує потенціал використання БПЛА в будівництві, акцентуючи увагу на перевагах порівняно з традиційними методами інспекції. Зокрема, дрони дозволяють проводити огляд багатоповерхових будівель, де традиційно використовуються промислові альпіністи, що є дорогим та ризикованим способом моніторингу. Використання БПЛА дозволяє значно зменшити вартість та тривалість обстежень, особливо в обмеженому просторі або на висоті, де присутній ризик для працівників. Крім того, дрони можуть бути оснащені камерами високої роздільної здатності для виявлення дрібних дефектів, таких як тріщини та корозія.

Іншим важливим аспектом досліджень є можливість використання дронів для оцінки енергоефективності будівель, наприклад, шляхом тепловізійного аналізу. Левщанов [2] підкреслює, що використання тепловізійних камер на безпілотниках дозволяє швидко визначити області теплових втрат, а також перевірити цілісність теплоізоляції та виявити місця можливого витоку газу. Це дозволяє ефективніше планувати заходи для підвищення енергоефективності будівель.

У дослідженні Горди, Червякова та Григоровського [3] розглянуто методику застосування інформаційного моделювання для дистанційного обстеження аварійних будівель з використанням безпілотних літальних апаратів. Метою цієї роботи є зменшення тривалості та ризику прийняття рішень в умовах невизначеності щодо стану будівель після воєнних дій або аварійних подій. Автори описують етапи створення інформаційної моделі, яка дозволяє враховувати динаміку розвитку пошкоджень конструкцій під впливом навантажень і швидко отримувати дані для оперативного реагування.

У дослідженні Булата, Бунька та співавторів [4] розглянуто ефективність використання безпілотних літальних апаратів для обстеження аварійних ділянок у шахтах та на будівельних об'єктах у випадках надзвичайних ситуацій. Авторами відзначається, що дрони є ефективним рішенням для проведення розвідки у складних умовах, де

традиційні методи обстеження є небезпечними або неможливими. Дрони з маневреністю та малими габаритами можуть обстежувати важкодоступні місця, передаючи інформацію в реальному часі для ухвалення оперативних рішень. Було вказано, що використання БПЛА дозволяє уникнути залучення промислових альпіністів, що знижує ризики для персоналу під час моніторингу стану висотних конструкцій, таких як димові труби та телебашти.

Використання дронів для обстеження пошкоджених будівель значно підвищує ефективність і безпеку процесів моніторингу. Вони забезпечують доступ до важкодоступних ділянок, що дозволяє знизити ризик для фахівців і зекономити час, потрібний для оцінки стану об'єктів. У підсумку, впровадження безпілотників і інформаційного моделювання дозволяє приймати обґрунтовані рішення в умовах невизначеності та мінімізувати ризики при оцінці пошкоджених конструкцій.

4. МЕТОДОЛОГІЯ МАЙБУТНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У майбутніх дослідженнях, буде розглянуто методіку, що передбачає поетапне попереднє сканування об'єкта обстеження з метою створення геометричних моделей, які слугуватимуть основою для прокладання оптимального маршруту польоту дрона. Даний процес включає кілька ключових етапів:

4.1. Підготовка до сканування та налаштування обладнання

Перед початком обстеження проводиться аналіз доступної документації об'єкта (плани, схеми, фотографії) для оцінки складності та визначення зон, які потребують особливої уваги. На основі отриманих даних встановлюються параметри зйомки, такі як висота польоту, частота кадрів та кут огляду, що дозволить отримати максимально чітке зображення всіх необхідних деталей. Сучасні дрони оснащені можливістю задавати маршрути й параметри польоту через спеціальне програмне забезпечення, що забезпечує точність та ефективність обстеження.

4.2. Первинне сканування та створення орієнтовної моделі

На цьому етапі дрон здійснює попереднє сканування об'єкта за принципом кругової зйомки, де камера фіксує об'єкт з різних кутів і висот, охоплюючи як горизонтальні, так і вертикальні поверхні. Для цього застосовуються алгоритми орієнтації та стабілізації камери дрона, що дозволяє уникнути спотворень і захопити якомога більше деталей. Отримані зображення обробляються для побудови орієнтовної 3D-моделі, що забезпечує базову геометричну структуру об'єкта. Ця модель слугуватиме основою для планування детального обстеження.

4.3. Постобробка даних та створення детальної геометричної моделі

Зібрані дані піддаються обробці в програмному забезпеченні для тривимірного моделювання, що дозволяє створити детальну геометричну модель об'єкта з високою точністю. Використання фотограмметричних методів і алгоритмів злиття зображень дозволяє сформувати повноцінну модель, що відображає не тільки зовнішню геометрію об'єкта, але й містить дані про можливі тріщини, деформації та пошкодження поверхні.

4.4. Оптимізація маршруту польоту дрона

Після створення геометричної моделі об'єкта визначається оптимальний маршрут польоту дрона для збору детальної інформації. Маршрут базується на таких ключових факторах:

- **Ключові точки обстеження:** виділяються зони з ймовірними пошкодженнями та важкодоступні ділянки.
- **Висота і кути зйомки:** налаштовуються для мінімізації тіней і покращення якості даних.
- **Маршрут з мінімальним дублюванням:** система обчислює траєкторію з мінімальною кількістю повторів, економлячи ресурс дрона.

Це забезпечує ефективне обстеження з максимальним охопленням і оптимальним використанням часу та акумулятора.

5. ВИСНОВКИ

Використання дронів у поєднанні з сучасними технологіями інформаційного моделювання забезпечує ефективне, безпечне та швидке обстеження пошкоджених будівель. Аналіз попередніх досліджень та запропонована методика свідчать про суттєве зниження ризиків для персоналу та економію ресурсів під час проведення обстежень. Безпілотники дозволяють отримувати детальні дані про пошкодження у важкодоступних зонах, що полегшує прийняття рішень та підвищує точність оцінки стану конструкцій. Такий підхід є перспективним для відновлювальних робіт в умовах, коли традиційні методи обстеження є складними або небезпечними.

Список літератури

- [1] Шатрова І.А., Демидова О.О., Мальонкіна І.С. Ліквідація наслідків збройної агресії в Україні: Застосування сучасних технологій при обстеженні пошкоджених будівель і споруд. Шляхи підвищення ефективності будівництва, Київ: КНУБА, вип. 53, 2024, с. 31-38.
- [2] Левщанов С.В. Застосування безпілотних літальних апаратів у будівельній індустрії. Технічні науки та технології, Чернігів: Чернігівська політехніка, вип. 36, 2024, с. 297-302.
- [3] Горда О.В., Червяков Ю.М., Григоровський А.П. Розробка будівельних інформаційних моделей процесу дистанційного обстеження аварійних будівель із використанням безпілотних літальних апаратів. Наука та прогрес транспорту, Дніпро: УДУНТ, вип. 99-100, 2022, с. 79-86, DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2022/276530>.
- [4] Булат А.Ф., Бунько Т.В., Шатов С.В., Кокоулін І.Є., Яценко І.О., Папірник Р.Б. Використання безпілотних літальних апаратів для обстеження аварійних та загрозованих ділянок при виникненні аварійних ситуацій у вугільних шахтах і на будівельних об'єктах. Геотехнічна механіка, Дніпро: ІГМ ім. М.С. Полякова, вип. 141, 2018, с. 27-40, DOI: <https://doi.org/10.15407/geotm2018.141.027>.

Робота виконана під керівництвом проф. В.О. Плоского