

Данило МОСКОВЧЕНКО,
аспірант кафедри промислового та цивільного будівництва
ORCID: 0009-0003-2342-6813

Катерина МІШУК,
канд. техн. наук, доцент
ORCID: 0000-0001-5480-6032

Запорізький національний університет, м. Запоріжжя

ІНТЕГРАЦІЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У БУДІВЕЛЬНИЙ ПРОЦЕС: ПОРІВНЯННЯ ТРАДИЦІЙНИХ МЕТОДІВ І СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У статті розглядається використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у будівельній галузі, як сучасного інструмента, що дозволяє підвищити ефективність, точність та безпеку будівельних процесів. Метою дослідження є визначення практичної доцільності використання дронів у будівництві шляхом порівняння їхніх можливостей з традиційними методами. Дослідження зосереджене на аналізі конкретних випадків використання дронів, таких як аерофотозйомка, 3D-моделювання, моніторинг та інспекція будівельних об'єктів, з метою оцінки їхньої ефективності, економічної доцільності, безпеки на будівельних майданчиках та виявлення потенційних обмежень. Дослідження спрямоване на виявлення шляхів оптимізації будівельних процесів за допомогою безпілотних літальних апаратів, включаючи аналіз їхнього потенціалу для підвищення ефективності, скорочення термінів будівництва та поліпшення якості виконаних робіт. Аналізуються різні сценарії застосування дронів та визначаються оптимальні варіанти їх використання з точки зору економічної ефективності. Особлива увага приділяється оцінці довгострокової перспективи та повернення інвестицій у безпілотні технології. У дослідженні використовуються методи порівняльного аналізу традиційних і безпілотних технологій, зокрема аерофотозйомки, 3D-моделювання, моніторингу та інспекції будівельних об'єктів. Особлива увага приділяється оцінці ефективності дронів у порівнянні з традиційними геодезичними інструментами та методами. Результати дослідження показують, що застосування БПЛА дозволяє значно скоротити час виконання будівельних завдань, зменшити витрати та підвищити точність зібраних даних. Дрони також суттєво знижують ризики для безпеки робітників, виконуючи завдання у важкодоступних або небезпечних зонах. Використання безпілотних літальних апаратів у будівництві відкриває нові можливості для оптимізації процесів, знижує витрати та покращує якість виконання робіт. Дослідження підтверджує, що інтеграція БПЛА у будівельні проекти має значний позитивний вплив на ефективність і безпеку будівельних процесів, роблячи їх більш прогнозованими та керованими.

Ключові слова: *безпілотні літальні апарати, будівництво, аерофотозйомка, фотограмметрія, 3D-моделювання, моніторинг, безпека, дрони, інспекція, традиційні методи, сучасні технології, картографування, управління проєктами, безпека праці.*

Постановка проблеми. Проблема, яку намагається вирішити дане дослідження, полягає у необхідності підвищення ефективності, точності та безпеки будівельних процесів. Сучасне будівництво стикається з низкою викликів, пов'язаних із необхідністю підвищення ефективності, точності та безпеки будівельних процесів. Традиційні методи виконання завдань, такі як топографічна зйомка, моніторинг та інспекція будівельних об'єктів, базуються на використанні наземних геодезичних інструментів та потребують значних часових та трудових ресурсів. Ці методи також часто обмежені людським фактором, що призводить до помилок та недоліків у зборі даних.

БПЛА, натомість, дозволяють виконувати високоточні аерозйомки великих територій за короткий проміжок часу, що значно спрощує та прискорює процес.

Впровадження дронів у будівельні процеси не лише прискорює виконання завдань, а й забезпечує вищу якість і безпеку та знижує загальні витрати, що робить їх важливим інструментом для сучасних будівельних проєктів.

Інтеграція дронів у будівельні процеси є значним кроком уперед у галузі інноваційних технологій, які змінюють традиційні методи будівництва, роблячи їх більш прогнозованими та керованими. Подальші дослідження та розробки в цій галузі сприятимуть ще більшому підвищенню ефективності, точності та безпеки будівельних робіт, що, у свою чергу, принесе значні економічні вигоди та покращення умов праці у будівельній галузі.

Таким чином, основна проблема полягає в необхідності знайти баланс між традиційними методами та інноваційними технологіями, щоб забезпечити оптимізацію будівельних процесів, підвищити їхню ефективність та безпеку, а також знизити витрати та ризики, пов'язані з людським фактором.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Чисельні дослідження підтверджують, що безпілотні літальні апарати (БПЛА) мають значний потенціал для оптимізації будівельних процесів. Завдяки можливості проведення детальної аерофотозйомки та створення точних 3D-моделей, БПЛА забезпечують більш ефективний моніторинг ходу будівництва, виявлення потенційних проблем та контроль якості виконаних робіт у порівнянні з традиційними наземними методами. Це дозволяє скоротити витрати, підвищити точність проєктування та уникнути затримок у будівництві.

Метою цього дослідження є проведення комплексного аналізу ефективності застосування безпілотних літальних апаратів у сучасній будівельній індустрії. Дослідження спрямоване на порівняльну оцінку традиційних та інноваційних методів будівництва з акцентом на підвищення продуктивності, точності та безпеки будівельних процесів.

Методика дослідження базується на аналізі наукової літератури і досліджень, які висвітлюють переваги та недоліки сучасних технологій у будівництві. У роботі застосовується порівняльний аналіз традиційних і безпілотних технологій, таких як аерозйомка, 3D-моделювання, моніторинг та інспекція будівельних об'єктів. Особлива увага приділяється оцінці ефективності дронів у порівнянні з традиційними геодезичними інструментами та методами. Інструментами для дослідження було прийнято такі методи: порівняльний аналіз, аерофотозйомка, 3D-моделювання, моніторинг та інспекція об'єктів, оцінка ризиків, економічний і статистичний аналіз. Ці методи дозволяють комплексно оцінити ефективність впровадження інноваційних технологій у будівництві та розробити рекомендації щодо їх оптимального використання.

Основний матеріал. Використання у будівництві безпілотних літальних апаратів (БПЛА), також відомих як дрони, квадрокоптери або безпілотики, вже давно перестало бути новинкою. Ці технології стали важливою складовою сучасного будівництва, пропонуючи широкий спектр можливостей для покращення ефективності, точності та безпеки. Початок 2010-х років ознаменувався першими серйозними кроками в інтеграції безпілотних літальних апаратів у будівельну галузь. Аерофотозйомка та картографування стали лише початком довгого шляху, що дозволяло отримувати загальне уявлення про хід робіт, але можливості були обмеженими.

З розвитком технологій БПЛА стали оснащуватися більш потужними камерами, датчиками та програмним забезпеченням. Дрони почали активно застосовуватися для моніторингу та інспекції будівельних майданчиків, створення високоточних карт та планів, а також для виконання різних завдань, що потребують повітряного огляду та точного оперативного збору даних. Завдяки БПЛА стало можливим створювати високоточне детальне тривимірне моделювання будівельних об'єктів, що дозволило більш точно оцінювати обсяги робіт, виявляти відхилення від проекту та планувати подальше будівництво.

Технологія БПЛА швидко розвивалася та інтегрувалася з передовим програмним забезпеченням, що кардинально змінило підхід до будівництва. Сучасні дрони стали не просто літальними апаратами, а високотехнологічними інструментами, здатними збирати та обробляти дані з неймовірною точністю. Програмні рішення, такі як Географічна Інформаційна Система (ГІС), Інформаційне Моделювання Будинків (ВІМ) та фотограмметрія, відкрили нові горизонти у використанні дронів, перетворюючи необроблені дані на цінні аналітичні висновки.

Завдяки цим інтеграціям, безпілотні літальні апарати стали невід'ємною частиною сучасного будівництва. Вони не лише збирають дані, але й дозволяють фахівцям миттєво візуалізувати та аналізувати інформацію. Це означає, що проєктувальники та інженери можуть на ранніх етапах виявляти потенційні проблеми, моделювати різноманітні сценарії та вносити необхідні корективи ще до початку будівництва.

На сьогоднішній день ринок пропонує різні типи дронів (рис. 1), кожен з яких обладнаний спеціалізованими датчиками для виконання конкретних завдань.

Дрони в будівництві пропонують значні переваги, такі як тривалий час польоту, висока витривалість, велика зона покриття, висока швидкість польоту, відмінна маневреність та можливість зависання. Вони підходять для огляду вертикальних конструкцій, роботи в обмежених просторах, і забезпечують точність у виконанні робіт. Однак, дрони також мають обмеження, включаючи складність експлуатації, потребу в довгій злітно-посадковій смузі, обмежену маневреність, чутливість до вітру, меншу вантажопідйомність та високу вартість. Незважаючи на ці недоліки, дрони стають важливою частиною будівельного процесу, забезпечуючи високоякісний моніторинг, інспекцію, картографування та аналіз території, а також підвищуючи безпеку на робочому місці.

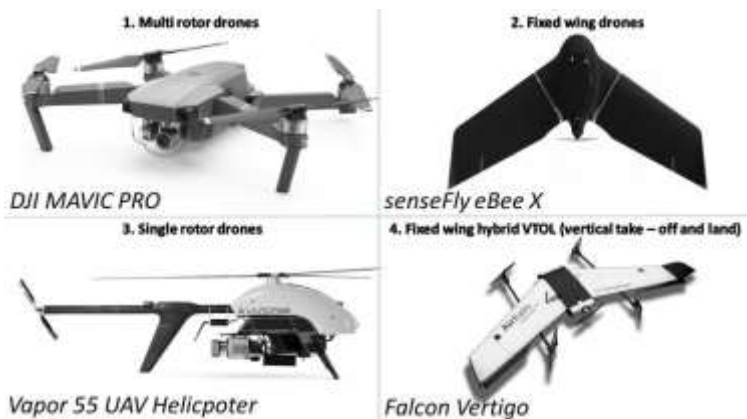


Рис. 1. Різні типи дронів [10]

Основні властивості та потенційні обмеження кожного типу дронів, що може допомогти у виборі найбільш відповідного апарата для специфічних завдань у будівництві допомагає наочно побачити (табл. 1) [4].

Таблиця 1

Переваги та недоліки різних типів безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для застосування в будівництві

|  ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ РІЗНИХ ТИПІВ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ (БПЛА) ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ | | |
|---|--|---|
| ВІД БПЛА | ПЕРЕВАГИ | НЕДОЛІКИ |
| БПЛА З НЕРУХОМИМ КРИЛОМ | <ul style="list-style-type: none"> • Тривалий час польоту та висока витривалість • Велика зона покриття та висока швидкість польоту • Стійкість у вітряну погоду • Вища вантажопідйомність, можливість встановлення важкого обладнання | <ul style="list-style-type: none"> • Обмежена маневреність • Потрібна довга злітно-посадкова смуга • Складність експлуатації та висока вартість • Потребує кваліфікованих пілотів |
| ВИНТОКРИЛІ БПЛА | <ul style="list-style-type: none"> • Відмінна маневреність та можливість зависання • Підходять для огляду вертикальних конструкцій та роботи в обмежених просторах • Менш вимоги до зльоту та посадки • Простота в експлуатації та доступність для пілотів з меншим досвідом | <ul style="list-style-type: none"> • Обмежений час польоту • Більш чутливі до вітру та поривів • Менша вантажопідйомність, обмежені можливості для установки важкого обладнання • Менша зона покриття та витривалість |
| ГІБРИДНІ ДРОНИ | <ul style="list-style-type: none"> • Поєднують переваги винтокрилих та нерухомих крил • Можливість вертикального зльоту та посадки, а також ефективного польоту вперед • Збільшений час польоту та можливість нести більше обладнання | <ul style="list-style-type: none"> • Більш складні в експлуатації • Вища вартість та потреба в додатковій інженерії та конструкторських роботах • Потребують спеціальних навичок для управління та експлуатації |

Згідно з даними однієї з найбільших компаній з розробки програмного забезпечення для управління дронами та аналізу даних - DroneDeploy, будівельний сектор демонструє найшвидший ріст використання дронів. Кількість комерційних користувачів дронів у цій сфері зросла на 239%. (рис 2). Процес, який раніше займав 2-3 тижні та вимагав значних інвестицій, тепер виконується за 1-4 дні за мінімальними витратами. Впровадження інноваційних технологій дозволило скоротити витрати та час на 75% і більше [11].



Рис. 2. Зростання впровадження БПЛА в галузях (рік до року)

Завдяки безпілотним літальним апаратам будівельна галузь переживає справжню трансформацію. Інноваційні рішення на основі дронів суттєво підвищують ефективність та безпеку будівельних процесів. За даними Міжнародної організації праці (МОП), щорічно у світі відбувається понад 600 000 нещасних випадків на будмайданчиках, що робить питання безпеки одним із пріоритетних. Висока вартість нещасних випадків на будівельних майданчиках, що сягає в США понад 1 трильйон доларів на рік, стимулює пошук нових рішень для підвищення безпеки та ефективності будівельних процесів.

Безпілотники внесли свіжий підхід у будівництво, дозволивши оптимізувати процеси. Використання дронів дозволяє суттєво знизити ризики, пов'язані з виконанням небезпечних робіт на висоті або у важкодоступних місцях. Дрони забезпечують безпеку персоналу, виконуючи небезпечні завдання замість людей. Безпілотні літальні апарати пропонують економічно вигідну альтернативу традиційним методам. Завдяки дронам будівельні компанії можуть оптимізувати планування, мінімізувати ризики та підвищити загальну ефективність проектів. БПЛА суттєво підвищують ефективність роботи, скорочуючи терміни виконання завдань зменшуючи витрати [7, 8, 9].

Розглянемо ключові аспекти застосування БПЛА у будівництві, порівняємо їх із традиційними методами та оцінимо вплив цих технологій на різні етапи будівельного циклу.

Дослідження підтверджують, що застосування БПЛА робить робочі процеси швидшими, точнішими та безпечнішими.

Рис. 3 показує різні способи використання БПЛА у будівельній галузі.

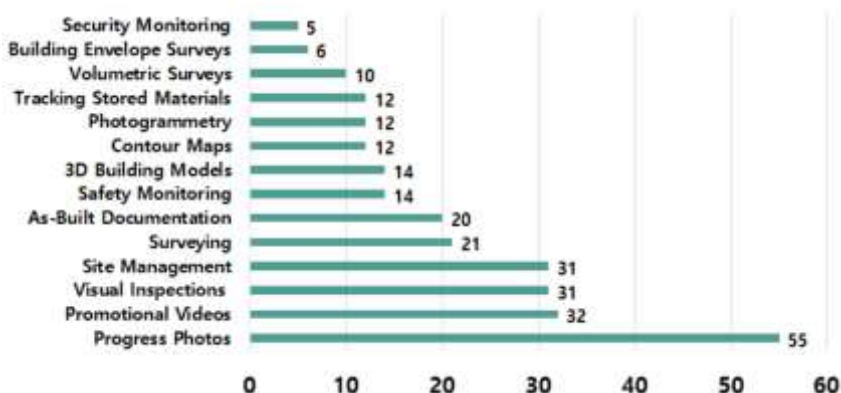


Рис. 3. Використання БПЛА у будівельній галузі

Серед опитаних будівельних компаній лідером за популярністю стало використання дронів для фотофіксації ходу будівництва. Цей варіант зазначили 55 компаній, що складає значну частку від загальної кількості респондентів.

Наступне за популярністю застосування дронів пов'язане зі створенням рекламних відео, на що вказали 32 компанії. Ще одним важливим застосуванням дронів, яке відзначили 31 компанія, є візуальний контроль та управління будівельними процесами.

Серед інших сфер застосування дронів, 21 компанія відзначила топографічну зйомку. Це свідчить про те, що дрони стають незамінними інструментами для створення детальних планів місцевості. Ще 20 компаній використовують дрони для створення детальної документації про поточний стан будівель та споруд. Це дозволяє відстежувати зміни, оцінювати знос та планувати ремонтні роботи. Крім того 14 компаній відзначили моніторинг безпеки та 14 – створення 3D моделей. 12 компаній використовують дрони для створення детальних контурних карт місцевості, що необхідно для планування будівельних робіт. Ще 12 компаній застосовують фотограмметрію для створення точних 3D моделей об'єктів, та 12 компаній – для відстеження руху матеріалів на будівельному майданчику. Дрони знаходять застосування і в інших, менш поширених сферах, таких як: проведення об'ємних обстежень – 10 компаній, оцінка стану оболонки будівель – 6 компаній та моніторинг безпеки на будівельних майданчиках – 5 компаній. Ці технології дозволяють підвищити ефективність і безпеку будівельних робіт. Результати дослідження свідчать про те, що багато будівельних компаній віддають перевагу безпілотним літальним апаратам замість традиційних методів, підкреслюючи їхню здатність забезпечувати більш детальну візуалізацію об'єктів та підвищувати точність вимірювань [2].

Порівняння традиційних методів зйомки та картографування з використанням БПЛА показує, що традиційні методи зйомки та картографування будівельних майданчиків, засновані на використанні наземних геодезичних інструментів, таких як тахеометри та GPS-приймачі, поступово поступаються місцем більш сучасним технологіям. Ці методи вимагають значних часових витрат та трудових ресурсів, оскільки геодезисти повинні вручну встановлювати контрольні точки на місцевості та проводити вимірювання. Далі, зібрані дані обробляються в спеціалізованому програмному забезпеченні для створення топографічних карт, планів та, у деяких випадках, 3D-моделей. Весь цей процес може зайняти кілька днів або навіть тижнів, а його точність залежить від людського фактора та умов навколишнього середовища.

На противагу цьому, використання безпілотних літальних апаратів для аерозйомки та створення 3D-моделей будівельних майданчиків значно спрощує та прискорює цей процес. БПЛА дозволяють виконувати високоточні аерозйомки великих територій за короткий проміжок часу. Отримані дані обробляються за допомогою спеціального програмного забезпечення для створення детальних 3D-моделей, які забезпечують оперативний доступ до актуальної інформації про об'єкт. Це значно покращує процес планування та проектування будівельних робіт [4].

Комплексний аналіз традиційних та безпілотних методів інспекції та моніторингу показує, що БПЛА забезпечують регулярний моніторинг стану будівельних об'єктів, виявляючи потенційні проблеми на ранніх стадіях та демонструє переваги використання безпілотних літальних апаратів для віддаленої інспекції та моніторингу будівель у порівнянні з традиційними методами (рис. 4).

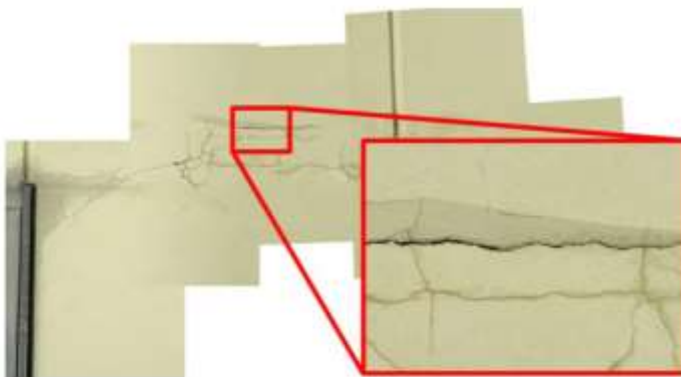


Рис. 4. Перевірка тріщин з високою роздільною здатністю за допомогою БПЛА

Це скорочує час та витрати на інспекцію, а також мінімізує ризики для робітників. Традиційні методи інспекції та моніторингу, що використовують людські ресурси, лазерні нівеліри та інші інструменти, вимагають значного часу і можуть бути схильні до людського фактора. Ці методи часто обмежені доступністю точок огляду та можливостями вимірювальних приладів [3].

Використання БПЛА в інспекціях – це економічно вигідне рішення, що дозволяє знизити витрати на обслуговування та ремонт об'єктів завдяки своєчасному виявленню дефектів. Висока точність даних, отриманих за допомогою безпілотників, забезпечує надійний моніторинг стану конструкцій та запобігає виникненню аварійних ситуацій.

Використання дронів у будівництві суттєво скорочує витрати часу на виконання різних завдань порівняно з традиційними методами. Це пов'язано з низькою перевагою, які забезпечують дрони в процесі виконання робіт.

Висновки і перспективи. Впровадження дронів в будівельний процес є яскравим прикладом того, як сучасні технології змінюють традиційні методи будівництва. Інтеграція безпілотних літальних апаратів у будівельну галузь трансформує традиційні підходи до проектування, будівництва та експлуатації об'єктів. Порівняльний аналіз показав, що застосування БПЛА має значні переваги в порівнянні з традиційними методами геодезичної зйомки та моніторингу ходу будівництва.

Високоточна фотограмметрія та 3D-моделювання, що базуються на даних, отриманих за допомогою БПЛА, забезпечують створення цифрових двійників будівельних об'єктів, що дозволяє суттєво підвищити точність проектування, планування та контролю за ходом будівництва. В результаті скорочуються тимчасові та фінансові витрати, а також мінімізуються ризики, пов'язані з людським фактором.

Використання дронів для інспекції та моніторингу будівельних об'єктів дозволяє своєчасно виявляти дефекти та відхилення від проектної документації, що сприяє підвищенню якості та довговічності споруд. Крім того, застосування дронів для виконання небезпечних робіт у важкодоступних місцях значно підвищує рівень безпеки на будівельних майданчиках.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що БПЛА є перспективним інструментом підвищення ефективності, точності та безпеки будівельних процесів. Однак для широкого впровадження даної технології необхідний розвиток нормативно-правової бази, створення спеціалізованого програмного забезпечення та підготовка кваліфікованих кадрів.

Список літератури:

1. Могильний С.Г., Хайнус Д.Д., Винограденко С.О. Аналіз точності кадастрових зйомок із застосуванням БПЛА. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2024. Том 9. № 1. С. 146 – 151. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-1-24>
2. Choi H., Kim H., Kim S., Na W.S. An Overview of Drone Applications in the Construction Industry. *Drones*, 2023, 7(8), 515. <https://doi.org/10.3390/drones7080515>
3. Eschmann C., Kuo C.-M., Kuo C.-H., Boller C. Unmanned aircraft systems for remote building inspection and monitoring. *Proceedings of the 6th European Workshop - Structural Health Monitoring 2012, EWSHM 2012*, 2. P. 904-911. URL: <https://www.ndt.net/article/ewshm2012/papers/th2b1.pdf>
4. Liang H., Lee S.-C., Bae W., Kim J., Seo S. Towards UAVs in Construction: Advancements, Challenges, and Future Directions for Monitoring and Inspection. *Drones*, 2023, 7(3), 202. <https://doi.org/10.3390/drones7030202>
5. Molina A.A., Huang Y., Jiang Y. A Review of Unmanned Aerial Vehicle

Applications in Construction Management: 2016–2021. *Standards*, 2023, 3(2), 95-109. <https://doi.org/10.3390/standards3020009>

6. Nwaogu J.M., Yang Y., Chan A.P.C., Chi H.-L. Application of drones in the architecture, engineering, and construction (AEC) industry. *Automation in Construction*, 2023, Vol. 150, 104827. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104827>

7. Sulaiman, M., Liu, H., Bin Alhaj, M., Abudayyeh, O. (2023). UAV Applications in the AEC/FM Industry: A Review. In: Walbridge, S., et al. *Proceedings of the Canadian Society of Civil Engineering Annual Conference 2021. CSCE 2021. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 247, pp. 249-259. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0968-9_20

8. Takva Ç., İlerisoy Z.Y. Flying Robot Technology (Drone) Trends: A Review in the Building and Construction Industry. *Architecture, Civil Engineering, Environment*, 16(1), pp. 47-68. <https://doi.org/10.2478/acee-2023-0004>

9. Tatum M.C., Liu J. Unmanned Aircraft System Applications in Construction. *Procedia Engineering*, 2017, 196, pp. 167-175. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.187>

10. Tkáč M., Mésároš P. Utilizing drone technology in the civil engineering. *Selected Scientific Papers - Journal of Civil Engineering*, 2019, 14(1), pp. 24-37. <https://doi.org/10.1515/sspjce-2019-0003>

11. The Rise of Drones in Construction. URL: <https://www.dronedeploy.com/blog/rise-drones-construction> (дата звернення 17.12.2024)

References:

1. Mohylnyi, S., Khainus, D., & Vynohradenko, S. (2024). Analysis of the accuracy of cadastral surveys using UaVs. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*, Vol. 9, № 1, pp. 146 – 151. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-1-24>

2. Choi, H., Kim, H., Kim, S., & Na, W.S. (2023). An Overview of Drone Applications in the Construction Industry. *Drones*, 7(8), 515. <https://doi.org/10.3390/drones7080515>

3. Eschmann, C., Kuo, C. M., Kuo, C. H., & Boller, C. (2012). Unmanned aircraft systems for remote building inspection and monitoring. *Proceedings of the 6th European Workshop - Structural Health Monitoring 2012, EWSHM 2012*, 2, from <https://www.ndt.net/article/ewshm2012/papers/th2b1.pdf>

4. Liang, H., Lee, S. C., Bae, W., Kim, J., & Seo, S. (2023). Towards UAVs in Construction: Advancements, Challenges, and Future Directions for Monitoring and Inspection. *Drones*, 7(3), 202. <https://doi.org/10.3390/drones7030202>

5. Molina, A.A., Huang, Y., & Jiang, Y. (2023). A Review of Unmanned Aerial Vehicle Applications in Construction Management: 2016–2021. *Standards*, 3(2), 95-109. <https://doi.org/10.3390/standards3020009>

6. Nwaogu, J.M., Yang, Y., Chan, A.P.C., & Chi, H.-L. (2023). Application of drones in the architecture, engineering, and construction (AEC) industry. *Automation in Construction*, Vol. 150, 104827. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104827>

7. Sulaiman, M., Liu, H., Bin Alhaj, M., Abudayyeh, O. (2023). UAV Applications in the AEC/FM Industry: A Review. In: Walbridge, S., et al. *Proceedings of the Canadian Society of Civil Engineering Annual Conference 2021. CSCE 2021. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 247, pp. 249-259. Springer, Singapore.

https://doi.org/10.1007/978-981-19-0968-9_20

8. Takva, Ç., & Zeynep, Y.İ. (2023). Flying Robot Technology (Drone) Trends: A Review in the Building and Construction Industry. *Architecture, Civil Engineering, Environment*, vol. 16, no. 1, pp. 47-68. <https://doi.org/10.2478/acee-2023-0004>

9. Tatum, M.C., & Liu, J. (2017). Unmanned Aircraft System Applications in Construction. *Procedia Engineering*, 196, 167-175. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.187>

10. Tkáč, M., & Peter, M. (2019). Utilizing drone technology in the civil engineering. *Selected Scientific Papers - Journal of Civil Engineering*, vol. 14, no. 1, pp. 27-37. <https://doi.org/10.1515/sspjce-2019-0003>

11. The Rise of Drones in Construction, from <https://www.dronedeploy.com/blog/rise-drones-construction>

Danylo MOSKOVCHENKO, Katerina MISHUK

Integration of unmanned aerial vehicles into the construction process: comparison of traditional methods and modern technologies

The article examines the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in the construction industry as a modern tool that enhances the efficiency, accuracy, and safety of construction processes. The aim of the study is to determine the practical feasibility of using drones in construction by comparing their capabilities with traditional methods. The research focuses on analyzing specific cases of drone applications, such as aerial photography, 3D modeling, monitoring, and inspection of construction sites, to evaluate their effectiveness, cost efficiency, safety on construction sites, and potential limitations. The study aims to identify ways to optimize construction processes using UAVs, including an analysis of their potential to increase efficiency, reduce construction time, and improve the quality of completed work. Various scenarios for drone applications are analyzed, and optimal usage options are determined in terms of economic efficiency. Special attention is given to assessing the long-term prospects and return on investment in unmanned technologies. The research employs methods of comparative analysis of traditional and unmanned technologies, particularly in aerial photography, 3D modeling, monitoring, and inspection of construction sites. The study focuses on evaluating the efficiency of drones compared to traditional surveying tools and methods. The results demonstrate that UAVs significantly reduce the time required to complete construction tasks, lower costs, and improve the accuracy of collected data. Drones also greatly enhance worker safety by performing tasks in hard-to-reach or hazardous areas. The use of UAVs in construction opens up new possibilities for process optimization, reduces costs, and improves work quality. The research confirms that integrating UAVs into construction projects has a substantial positive impact on the efficiency and safety of construction processes, making them more predictable and manageable.

Keywords: *unmanned aerial vehicles, construction, aerial photography, photogrammetry, 3D modeling, monitoring, safety, drones, inspection, traditional methods, modern technologies, mapping, project management, occupational safety.*