

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота / проект

II рівень вищої освіти (магістерський)

на тему «Перспективні тенденції формування та керування процесами розвитку інжинірингової діяльності та консалтингу в будівництві»

Виконав: студент 2 курсу,

групи: 8.1929-пцб

спеціальності:

192 - Будівництво та цивільна інженерія

освітньої програми Промислове і цивільне будівництво

спеціалізації: -

Гвоздок Іван Олександрович

Керівник доц., к.т.н. Юхименко А.І.

Рецензент проф. д.т.н. Анін В.І.

Запоріжжя
2020

АНОТАЦІЯ

Гвоздок І.О. Аналіз технологічних можливостей і сфер раціонального застосування БПЛА в обстеженні будівель і споруд.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Науковий керівник професор кафедри промислового та цивільного будівництва Арутюнян І.А. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2020 р.

Проаналізовані сучасні підходи та поняття з обстеження будівель і споруд з використанням БПЛА шляхом порівняння організаційно-технологічних можливостей традиційних та інноваційних технологій обстеження. Розглянуті технологічні особливості застосування БПЛА в обстеженні будівель і споруд. Визначена методологія формування інтегративних процесів обстеженні будівель і споруд, Розкрито поняття створення 3D-моделей та обробки «хмари точок». Визначена економічна ефективність застосування БПЛА в обстеженні будівель і споруд. Виконані розрахункові дослідження доцільності інвестицій в БПЛА.

Ключові слова: ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД; БЕЗПЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ; БПЛА; 3D-МОДЕЛІ; ХМАРА ТОЧТОК.

Список публікацій магістранта:

1. Гвоздок І.О., Арутюнян І.А. Технологічні можливості БПЛА в обстеженні будівель і споруд. *Збірник наукових праць студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів кафедри ПЦБ*. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020.

2. Гвоздок І.О., Арутюнян І.А. Автоматизація отримання результатів обстеження будівель і споруд за допомогою БПЛА. *Збірник наукових праць студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів кафедри ПЦБ*. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020.

ABSTRACT

Hvozdok I.O. Analysis of technological capabilities and areas of rational use of UAVs in the survey of buildings and structures.

Qualification final work for obtaining a master's degree in the specialty 192 "Construction and Civil Engineering". Supervisor Professor of the Department of Industrial and Civil Construction Arutyunyan I.A. Zaporizhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Industrial and Civil Construction, 2020

Modern approaches and concepts of inspection of buildings and structures using UAVs by comparing the organizational and technological capabilities of traditional and innovative survey technologies are analyzed. Technological features of UAVs in the survey of buildings and structures are considered. The methodology of formation of integrative processes of inspection of buildings and constructions is defined, the concept of creation of 3D models and processing of "cloud of points" is opened. The economic efficiency of UAV use in the inspection of buildings and structures is determined. Estimated studies of the feasibility of investing in UAVs have been performed.

Key words: INSPECTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES; UAV; 3D MODELS; CLOUD OF POINTS

List of postgraduate publications:

Гвоздок І.О., Арутюнян І.А. Технологічні можливості БПЛА в обстеженні будівель і споруд. *Збірник наукових праць студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів кафедри ПЦБ*. Запоріжжя: ІНІ ЗНУ, 2020.

2. Гвоздок І.О., Арутюнян І.А. Автоматизація отримання результатів обстеження будівель і споруд за допомогою БПЛА. *Збірник наукових праць студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів кафедри ПЦБ*. Запоріжжя: ІНІ ЗНУ, 2020..

АНОТАЦІЯ

Гвоздок І.А. Аналіз технологічних можливостей і сфер раціонального застосування БПЛА в обстеженні будівель і споруд.

Кваліфікаційна випускна робота для отримання ступеня вищого освіти магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та громадянська інженерія». Науковий керівник професор кафедри промислового та громадянського будівництва Арутюнян І.А. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра промислового та громадянського будівництва, 2020.

Проаналізовані сучасні підходи та поняття щодо обстеження будівель і споруд з використанням БПЛА шляхом порівняння організаційно-технологічних можливостей традиційних та інноваційних технологій обстеження. Розглянуті технологічні особливості застосування БПЛА в обстеженні будівель і споруд. Визначено методологію формування інтегративних процесів обстеження будівель і споруд, Розкрито поняття створення 3D моделей та обробки «хмара точок». Визначено економічну ефективність застосування БПЛА в обстеженні будівель і споруд. Виконано розрахункові дослідження доцільності інвестицій в БПЛА.

Ключові слова: ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ; БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА; БПЛА; 3D-МОДЕЛИ; ХМАРА ТОЧТОК.

Список публікацій магістранта:

Гвоздок І.О., Арутюнян І.А. Технологічні можливості БПЛА в обстеженні будівель і споруд. *Збірник наукових праць студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів кафедри ПЦБ*. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020.

2. Гвоздок І.О., Арутюнян І.А. Автоматизація отримання результатів обстеження будівель і споруд за допомогою БПЛА. *Збірник наукових праць*

студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів кафедри ПЦБ. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1.....	10
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД В УКРАЇНІ.....	10
1.1 Теоретичний огляд методів і моделей обстеження існуючих та нових будівель і споруд.....	10
1.2 Роль обстеження у будівельній галузі країни.....	22
1.3 Розгляд можливостей застосування іноваційних методів обстеження ..	29
РОЗДІЛ 2.....	55
ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД.....	55
2.1 Аналіз організаційних чинників при використанні БПЛА	55
2.2 Правове регулювання використання БПЛА	59
2.3 Адаптація організаційно-технологічних рішень при застосуванні БПЛА.....	63
РОЗДІЛ 3.....	67
ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА В ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД.....	67
3.1 Відчизняні приклади використання БПЛА в будівництві.....	67
3.2 Техніко-економічного обґрунтування доцільності застосуванні БПЛА	85
ВИСНОВКИ	9797
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	98

ВСТУП

Актуальність теми. Інженерна інфраструктура України значним чином сформована за радянських часів. Неправильна експлуатація, відсутність планових ремонтів, наслідки впливу зовнішнього середовища, погіршують стан будівель і споруд. Це змушує приділяти значну увагу життєдіяльності цих будинків і споруд. Для продовження життєвого циклу об'єктів будівництва треба проводити регулярні обстеження, без яких неможливо здійснювати будь-які будівельно-монтажні, оздоблювальні та опоряджувальні роботи. Ті ж самі проблеми існують і в новому будівництві, яке також не може бути розпочате без обстеження різних чинників.

Тема наукового дослідження: аналіз технологічних можливостей і сфер раціонального застосування БПЛА в обстеженні будівель і споруд.

Мета наукового дослідження: дослідження теоретико-методологічних основ та практичних рекомендацій по застосуванню інноваційних підходів на основі використання БПЛА для покращення організаційно-технологічних процесів обстеження будівель і споруд.

Для досягнення поставленої мети у роботі були сформульовані та вирішені такі **задачі**:

- проведення аналізу науково-технічних літературних джерел, які розкривають вагомість даної тематики;
- оцінка умов застосування БПЛА в обстеженні будівель і споруд;
- обґрунтування доцільності використання БПЛА та допоміжного обладнання у обстеженні будівель і споруд;
- проведення аналізу існуючих випадків використання БПЛА в будівництві.

Об'єкт дослідження: організаційно-технологічні процеси обстеження будівель і споруд.

Предмет дослідження: методи та моделі покращення організаційно-технологічних процесів обстеження будівель і споруд.

Зростання потреби оновлення та модернізації інженерної інфраструктури України потребує підвищення ефективності обстеження будівель і споруд. Одним із шляхів вдосконалення процесів обстеження є використання БПЛА (безпілотних літальних апаратів) або “дронів” у сукупності з програмними комплексами та пристроями.

Відповідно до п.6.4 ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 існує “попереднє та/або основне (детальне) обстеження”, саме до цих етапів може бути застосовано використання БПЛА. Але це не може виключити традиційних методів детального обстеження:

- дослідження інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов майданчика;
- інструментальні дослідження та випробування будівельних конструкцій(польові та лабораторні вимірювання міцності, геометричних параметрів, фізико-механічних характеристик, випробування конструкцій пробними навантаженнями тощо);
- вибіркове розкриття закритих елементів та вузлів для оцінки їх технічного стану та вимірювання необхідних технічних та експлуатаційних характеристик.

Дрони відкривають широкий спектр можливостей в обстеженні, діагностуванні та моніторингу будівель і споруд, серед яких:

- створення топографічних планів;
- кадастрова зйомка;
- визначення обсягів насипу та поглиблення для земляних робіт, визначення обсягів сипучих матеріалів;
- інспектування баштових кранів, підйомників та ін.;
- вивчення місцевості, виміри, аналіз територій;
- створення 3D - моделей будинків і споруд;
- тепловізійне обстеження.

Також використання БПЛА відкриває нові можливості у методах контролю та нормування при новому будівництві. У реальному часі

замовник, проектувальник та виконавчі структури можуть спостерігати за технологією виконання робіт, поставкою матеріалів, безпекою на будівельному майданчику та ін.

Сумісне використання інноваційних засобів автоматизації та традиційних методів обстеження дають змогу зменшити строки проведення обстеження, підвищити надійність і якість, зробити виробництво більш безпечним, а процеси більш технологічними та автоматизованими.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в:

- дослідження теоретико-методологічних основ та практичних рекомендацій по застосуванню БПЛА для покращення організаційно-технологічних процесів обстеження будівель і споруд;

- дослідження моделі та алгоритму, які є основою методики застосування БПЛА в будівництві і обстеженні будівель і споруд;

- дослідження впливу на організаційно-технологічні фактори у обстеженні будівель і споруд.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що завдяки підвищенню ефективності виконання робіт обстеження на основі використання БПЛА може бути підвищена надійність.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД В УКРАЇНІ

1.1 Теоретичний огляд методів і моделей обстеження існуючих та нових будівель і споруд

Виявлення та аналіз причин руйнування будівельних конструкцій, розробка методів їх пошуку та оцінювання здійснюється в процесі технічної діагностики об'єктів будівництва. Структура формалізованого опису та засоби контролю фактичних значень параметрів і їх експлуатаційних якостей конструкцій будівельних споруд представлена на рисунку 1.1 та 1.2.

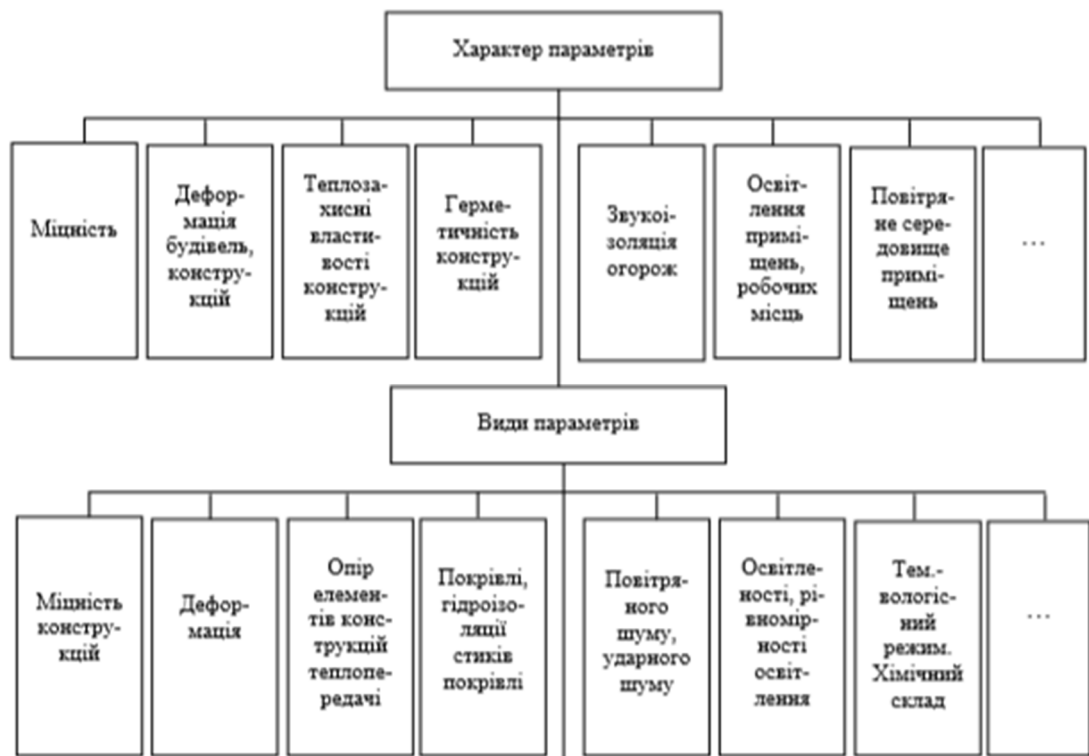


Рисунок 1.1 - Структура формалізованого опису та засоби контролю фактичних значень параметрів і їх експлуатаційних якостей конструкцій будівель і споруд

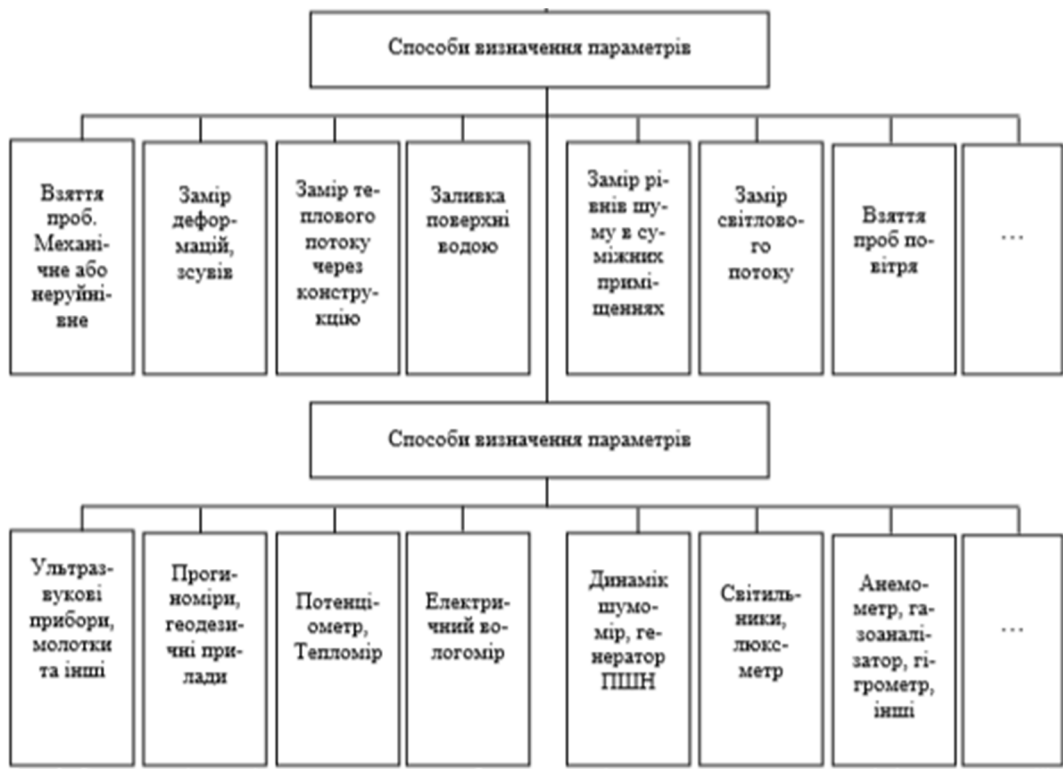


Рисунок 1.2 - Структура формалізованого опису та засоби контролю фактичних значень параметрів і їх експлуатаційних якостей конструкцій будівель і споруд (продовження рис. 1.1)

З них можна виділити декілька найбільш загальних, які суттєво впливають на експлуатаційну придатність: міцність і стійкість будівельних конструкцій; теплозахисні властивості; герметичність, особливо будівельних конструкцій; – звукоізоляцію; освітленість; вологість матеріалів будівельних конструкцій.

Перелік таких параметрів та їх нормативні або розрахункові значення для кожного типу будівельних конструкцій визначаються проектом. Порівнюючи фактичне значення параметра, встановлене за експертною оцінкою, з нормативним, роблять висновок щодо експлуатаційної придатності конструкції і споруди в цілому. Після чого приймаються рішення про заходи з підтримки даного параметра на заданому нормативному або розрахунковому рівні. В ході проведення технічної діагностики використовують наступні методи обстеження: візуальний, візуальноінструментальний, неруйнівний .

Проведено вивчення наукових джерел за проблематикою дослідження теоретичних засад щодо побудови методів обстеження діагностики технічного стану та аналізу причин пошкодження, отриманих відомими вітчизняними науковцями. Дані теоретичні дослідження змістовно та глибоко розкривають локальні проблеми та можливі варіанти вирішення задач, а саме аналіз та прийняття рішень, щодо виникнення та розвитку пошкоджень будівель та споруд. Забезпечення довготривалої та надійної експлуатації будівельних конструкцій споруд за рахунок своєчасного прогнозування та використання методів обстеження діагностики їх технічного стану є актуальною теоретичною та техніко-економічною проблемою, що потребує застосування ефективних рішень на всіх етапах життєвого циклу будівель та регламентуються положенням «Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд».

Методи обстеження та аналіз причин пошкодження системи діагностики технічного стану будівель і споруд При обстеженні виявляються видимі дефекти і пошкодження, проводяться обміри, схематичні плани, фотографії, виявляються місця, які необхідно обстежити більш детально за допомогою інструментів і приладів (рис. 1.1 та 1.2).

Візуально-інструментальне обстеження є деструктивним, так як у спорудах будівельних конструкцій відбираються зразки матеріалів для випробування в лабораторних умовах. Таке обстеження в умовах експлуатації не завжди є прийнятним, бо може призвести до ослаблення конструкцій. Неруйнівний метод обстеження полягає в тому, що необхідні виміри проводяться за допомогою різних приладів і пристосувань, без будь якого зниження міцності конструкцій і порушення оздоблення приміщень. Прилади для діагностики технічного стану використовуються для контролю якості матеріалів і конструкцій.

До методів контролю фізико-технічних параметрів відносяться: спостереження за тріщинами в конструкціях, контроль місцевих і загальних

деформацій, а також визначення: міцності конструкцій; товщини трубопроводів при контролі за корозією; – вологості деревини та інших матеріалів; товщини лакофарбових покриттів; повітропроникності стиків і конструкцій; теплозахисних якостей конструкцій; звукоізолюючої здатності огороджувальних конструкцій; місць пошкодження прихованої гідроізоляції; контроль герметичності стиків.

Тріщини в будівельних конструкцій є зовнішньою ознакою їх перевантаження та деформації. Вони можуть бути викликані різними причинами, мати різні наслідки, а тому поділяються на небезпечні (категорії А, Б) і безпечні (категорії В). При виявленні тріщин важливо з'ясувати причину їх виникнення та дати їм правильну характеристику, встановити, триває їх розвиток чи припинився. В будівельних конструкціях можуть виникати деформації під впливом різних навантажень і в залежності від фізико-механічних властивостей матеріалів конструкцій, їх геометричних характеристик. Уявлення про напружений стан конструкції можна отримати шляхом вимірювання та вивчення деформацій. Деформації можуть носити самий різний характер у вигляді паралельного зсуву перерізів конструкцій, розтягування або стиснення. Вони поділяються на місцеві, коли переміщення або повороти відбуваються у вузлах і конструкціях (подовження або стиснення елементів) і загальні, коли переміщаються і деформуються конструкції або споруди в цілому.

Деформації можуть бути залишковими або пружними, зникаючими після зняття навантаження. Тому для оцінки стану конструкцій необхідно знати їх геометричну характеристику до навантаження, під навантаженням і після її зняття. Неруйнівні методи випробувань і контролю якості матеріалів і конструкцій дозволяють дати оцінку їх фізико-механічним властивостям: міцності, пружності, щільності, напружено-деформованого стану конструкцій і виявлення дефектів в них. В ході обстеження будівельних конструкцій аналізуються чинники, що впливають на міцність і стійкість щодо руйнування конструкцій (рис. 1.3, 1.4).



Рисунок 1.3 - Чинники впливу на міцність і стійкість будівельних конструкцій

Аварії будівельних конструкцій є наслідком сукупності ряду причин: дефектів виробництва будівельних робіт; відступи від проектних рішень при зведенні конструкцій; неправильної експлуатації споруд або їх окремих конструкцій; порушення елементарних правил монтажу збірних залізобетонних конструкцій і деталей; введення споруд в експлуатацію з великими недоробками.

Дефекти інженерно-геологічних вишукувань призводять до руйнувань в результаті недостатніх досліджень геологічних та гідрогеологічних умов майданчика будівництва, неправильної конструкції фундаментів, недостатнього врахування впливу підземних комунікацій, розташованих поблизу споруд, відсутність у проектах вказівок про заходи щодо забезпечення стійкості конструкцій при будівництві на просадочних ґрунтах.



Рисунок 1.4 - Чинники виникнення пошкодження будівельних конструкцій і споруд

Чинниками руйнування конструкцій можуть бути недоліки проектів та проектних рішень, а саме: застосування неповноцінних конструктивних рішень; недостатнє забезпечення жорсткості і стійкості збірних конструкцій, як у процесі будівництва, так і при експлуатації; недостатня деталізація креслень окремих відповідальних вузлів несучих конструкцій і споруд;

неправильний облік навантажень, що діють на конструкцію або споруду; помилки в розрахунках конструкцій.

Низька якість, а також дефекти виробництва робіт є наслідком: відсутності на будівництві кваліфікованого технічного персоналу, а також частою його зміною; недотримання вимог нормативних документів до виробництва робіт; відступи від проектних рішень, зокрема, застосування матеріалів недостатньої міцності; недотримання послідовності монтажу споруд із збірних конструкцій; відсутність вхідного контролю, щодо якості будівельних матеріалів і виробів на будівництві; недотримання правил будівництва на просадних ґрунтах; – виконання окремих конструкцій або їх елементів незадовільної якості; нечітка розбивка осей несучих конструкцій споруд; заміни матеріалів конструкцій або їх частин без узгодження з проектною організацією.

Руйнування будівельних конструкцій відбуваються через: відсутності на заводах конструкцій кваліфікованого нагляду та контролю за виготовленням виробів; недбале армування та грубі відступи від проектів, які відображаються у зміщенні робочої арматури до стислій зоні, внаслідок чого захисні шари товщають до 40–60 мм; відсутності арматури в опорних частинах; недостатнє анкерування стержнів; довільну заміну арматури в порівнянні з проектною; неправильне армування, що веде до обвалення плит, балок, перекриттів і покриттів, консольних балок, балконів.

Руйнування, викликані неправильною експлуатацією споруд, виникають через перенапругу конструкцій і їх елементів внаслідок встановлення додаткового обладнання, не передбаченого технологічним проектом; заміну одного обладнання іншим з більш динамічним навантаженням; додаткове улаштування різного роду отворів в конструкціях. Дефекти також виникають внаслідок значної вібрації обладнання, що шкідливо впливає на конструкції і споруди. Основними причинами обвалення покриттів є грубі відступи від вимог будівельних норм і правил у частині провадження робіт з виготовлення та монтажу конструкцій.

До аварій призводить сукупність таких порушень, як: недостатнє врахування особливостей сучасних проектних рішень; перевантаження будівельних конструкцій; довільна заміна перерізів елементів конструкцій; зміна розрахункової схеми роботи конструкцій; невдалі проектні рішення конструкцій покриттів; порушення технологічних карт, щодо порядку монтажу конструкцій.

Будівлі, що будуються за типовими проектами, опиняються в аварійному стані внаслідок допущення занижених порівняно з діючими нормами коефіцієнтів запасу міцності в несучих конструкціях. Необхідність посилення будівельних конструкцій в процесі їх експлуатації виникає, як при реконструкції і технічному переоснащенні підприємств, так і внаслідок фізичного зносу і різних пошкоджень, викликаних корозією матеріалів, механічними впливами, діями агресивного середовища. Одним із головних завдань процесу проведення експертизи споруд є виявлення їх дійсного стану і прогнозування можливості їх подальшої експлуатації.

В період експлуатації будівельних конструкцій під навантаженням можна виділити три основні стадії:

- перерозподіл і вирівнювання піків механічних напруг за рахунок розвитку пластичних деформацій;
- накопичення і розвиток дефектів і пошкоджень внаслідок впливу експлуатаційних факторів: вібрацій, ударів, локальних і загальних перевищень навантажень, нагрівання або переохолодження конструкцій, зміни властивостей матеріалів конструкцій, розвитку втомних тріщин, появи різниці осідань фундаментів, впливу агресивних факторів;
- стадія деградації та руйнування, коли, внаслідок накопичення пошкоджень конструкції переходять в обмежено працездатний і навіть в аварійний стан.

В ході проведення експертизи будівельних конструкцій виявлено, що вогнищами початку руйнування є:

- місця сполучення елементів конструкцій – вузли, стики

– особливо, коли останні виконані з різних матеріалів; – концентратори напружень: місця різкої зміни перерізів, отвори, надрізи, тріщини, зварні шви;

– місця шкідливих технологічних впливів: локальних нагрівів, можливих переохолоджень конструкцій, впливу агресивних газів і рідин, місця можливих ударів і вібрацій від технологічних агрегатів, місця скупчення пилу, скрапу, снігу на покрівлі разом з пиловими відкладеннями, місця підвіски вантажів, не передбачених проектом.

Стосовно до споруд розрізняють два види зносу: фізичний і моральний. Фізичний знос дозволяє судити про втрату первісного стану, експлуатаційних якостей і технічних властивостей конструкцій об'єкта. Моральний – невідповідність споруд існуючим нормативним об'ємно-планувальним, архітектурноконструктивним та іншим вимогам. Тому споруди, збудовані в різні періоди, мають різну ступінь зносу. Встановлення ступеня фізичного зносу здійснюється за методикою, визначеною СОУ ЖКГ 75.1135077234.0015:2009.

Суть її полягає в тому, що за результатами обстеження технічного стану конструктивних елементів встановлюється відсоток зносу кожного елемента. Процент зносу будівлі в цілому визначають як середній зважений, виведений з відсотка зносу окремих конструктивних елементів, за формулою:

$$I_{\phi} = \sum_{i=1}^n I^i \phi * D_i / 100 \quad (1.1)$$

де $I^i \phi$ – знос конструктивного елемента, встановлюється на підставі обстеження фактичного технічного стану;

D_i – питома вага вартості конструктивного елемента в загальній відношній вартості споруди на момент обстеження.

Експерт повинен провести обстеження технічного стану об'єкта, проаналізувати причини руйнувань і надати висновки про можливості збереження, ремонту чи повної заміни окремих конструкцій або їх елементів.

Експертиза проводиться з метою виявлення дефектів і своєчасного відновлення умов безпечної експлуатації у таких випадках:

- виконання програми запобігання аварій;
- зміна технології виробництва або його консервації;
- зміна власника;
- страхування організації;
- визначення економічної доцільності ремонту та реконструкції;
- збільшення нормованих погоднокліматичних впливів (сейсмічні, снігові, вітрові навантаження);
- закінчення строків обстеження або нормативних строків експлуатації;
- необхідність наявності висновку про стан споруд для одержання організацією ліцензії на експлуатацію виробничого об'єкта. Процес проведення експертизи складається з наступних етапів:

- підготовчі роботи до проведення обстеження, або попередній етап;
- проведення обстеження;
- видача висновку експертизи.

Підготовчі роботи до проведення обстеження виконуються експертною організацією на підставі письмового звернення до неї у формі заявки від організації (Замовника) на виконання даної роботи. За кожною заявкою наказом керівника призначається експертна група фахівці-експерти різних галузей науки в залежності від характеру виконуваних робіт. Одночасно із заявкою Замовник подає експертній організації проектну, будівельну, експлуатаційну документацію по об'єкту обстеження.

Експертна група в ході підготовчих робіт вивчає об'єкт з метою встановлення обсягів і строків виконання робіт при проведенні обстеження, а саме:

- проводить огляд об'єкта та оцінку умов експлуатації конструкцій;
- визначає ділянки з найбільшим ступенем зносу конструкцій і наявні небезпечні дефекти і пошкодження. В ході попереднього огляду експерт збирає інформацію, яка дозволяє уточнити програму і обсяги робіт з

обстеження, вивчає технічну документацію. При відсутності робочих креслень укладається додаткова угода на їх виготовлення і відновлення. Підготовчий етап закінчується оформленням таких документів:

- договору на створення науково-технічної продукції;
- технічного завдання; програми обстеження;
- календарного плану;
- кошториси на виконання робіт.

Після узгодження і підписання вищевказаних документів складається акт приймання здачі виконаних робіт за попередньою обстеження. Даний документ є підставою для виставлення рахунку Замовнику на виплату авансу за договором. Експертна організація виступає як генеральний підрядник робіт з обстеження конструкцій. Для окремих досліджень, з якихось причин не виконано експертною організацією може бути притягнутий Субпідрядник.

Другий етап – обстеження починається з оцінки відповідності фактичних об'ємно-планувальних та конструктивних рішень будівлі початкового проекту.

Результати обстеження при діагностиці технічного стану будівель і споруд. Обстеження конструкцій включає:

- визначення фактичних розмірів перерізів конструкцій і з'єднань, їх просторового положення;
- перевірку відповідності конструкцій проектної документації, фактичної геометричної незмінюваності, виявлення відхилень, дефектів та пошкоджень елементів і вузлів конструкцій із складанням відомостей дефектів і пошкоджень;
- уточнення фактичних і прогнозованих навантажень і впливів, узгодження їх із Замовником;
- встановлення фактичних фізико-механічних властивостей матеріалів конструкцій;
- перевірку фундаментів при виявленні деформацій каркаса споруди та несучої здатності ґрунту внаслідок виникнення осаду фундаментів. За

результатами обстеження складається відомість дефектів, підтверджуючими документами яких є фотофіксація дефектів і показання приладів. "Під дефектом розуміють будь-яке відхилення від проекту або стандарту, що перевищує допустиме нормоване відхилення".

У відомості, поряд з описом виду та місця розташування дефекту, вказується категорія його небезпеки, встановлювана за ознаками:

А – дефекти та пошкодження особливо відповідальних елементів і сполук, що представляють небезпеку руйнування. Якщо в результаті обстеження виявляються пошкодження групи А, то відповідну частину конструкцій слід негайно вивести з експлуатації до виконання необхідного ремонту або підсилення.

Б – дефекти та пошкодження, які не загрожують в момент огляду небезпекою руйнувань конструкцій, але в подальшому здатні викликати пошкодження інших елементів і вузлів або при розвитку пошкодження перейти в категорію А.

В – дефекти та пошкодження локального характеру, які при подальшому розвитку не можуть впливати на інші елементи і конструкції (пошкодження допоміжних конструкцій, майданчиків, місцеві прогини і вм'ятини ненапружених конструкцій). Залежно від характеру дефектів здійснюється повірочний розрахунок конструкцій та прийняття рішень щодо способи їх усунення. Для цього необхідно виконати наступні роботи:

- вибрати розрахункову схему конструкцій з урахуванням наднормативних відхилень фактичних навантажень і властивостей матеріалів конструкцій;

- перевірити несучу здатність елементів, вузлів і з'єднань. Перерахунок конструкцій за даними обстеження представляє собою: аналітичну схему, у якій є і реальна конструкція з її дефектами різного ступеня небезпеки, і дійсне відхилення розрахункових параметрів. На цьому етапі експертизи багато залежить від якості обстеження споруд, зокрема від правильної обробки і аналізу зібраної інформації.

Остаточний повірочний розрахунок проводиться за методикою, встановленою ДБН В.2.1-2009 для відповідних конструкцій. За результатами обстеження розробляються рішення по відновленню працездатного стану конструкцій.

Третій етап – видача висновку експертизи є оформлення результатів обстеження у вигляді звіту. Звіт містить докладний аналіз та оцінку технічного стану конструкцій і схеми їх посилення.

Замовник отримує технічний висновок разом з актом здачі-приймання виконаних робіт. Після цього експертна організація виставляє Замовнику рахунок на оплату [1].

1.2 Роль обстеження у будівельній галузі країни

Технічне обстеження будівель і споруд дозволяє визначити перспективу їх подальшої експлуатації і поточний стан. Завдяки такій експертній оцінці виявляються існуючі дефекти та можливі пошкодження конструкцій, здатні привести до аварійної ситуації, а також повного або часткового руйнування об'єктів. Разом з обстеженням технічного стану будівель і споруд може проводитися перевірка інженерних мереж і оточуючих об'єкти територій.

Право на експертну діяльність надано фахівцям, які мають відповідну кваліфікацію, яка повинна бути підтверджена кваліфікаційними сертифікатами та іншими дозвільними документами.

Завданням експертної оцінки будівель і споруд є здійснення контролю за їх технічним станом і безпекою експлуатації. Проведене обстеження визначає надійність споруд, ступінь зносу конструкції і можливість використання об'єктів за їх призначенням в подальшому. У звіті про технічне обстеження будівлі вказуються виявлені недоліки конструкцій і способи їх

усунення. За результатами експертизи надається звіт і заповнений паспорт технічного стану будівлі.

Паспортизація необхідна для того, щоб своєчасно виявити аварійні і передаварійні ситуації під час експлуатації будівлі. Паспорт технічного стану будівлі робиться в декількох примірниках. Один-два передаються власнику об'єкта, а ще один зберігається у організації, яка надала звіт про технічний стан об'єкта.

Паспортизації підлягають всі будівлі, якою б не була форма їх власності. Якщо ж відсутній паспорт технічного стану, це загрожує накладенням штрафних санкцій та припиненням робіт на підприємстві під час проведення перевірок відповідними органами.

Обстеження технічного стану будівель обов'язково проводиться в тих випадках, коли:

- необхідно узаконити будівництво, зведене самовільно, без відповідної проектної документації та дозволів. Обстеження технічного стану дозволяє отримати висновок про безпеку експлуатації будівель та їх характеристики. Такий документ може бути наданий в ДАБІ для офіційної реєстрації нерухомого майна та прав власності на неї. Без нього узаконити будівництво неможливо;

- необхідно проводити обстеження технічного стану будівель і споруд при створенні проекту їх реконструкції. Така оцінка технічного стану будівель і споруд дозволяє правильно оцінити експлуатаційні характеристики об'єктів, їх міцність і здатність витримувати певні навантаження. На підставі дослідження об'єкта визначається оптимальний варіант реконструкції, який забезпечує безпечну експлуатацію будівель в подальшому;

- ведеться перебудова будівлі, перепланування квартири або офісних приміщень. При проведенні таких робіт змінюються навантаження на несучі елементи будівель. Технічне обстеження конструкцій будівлі в таких випадках і висновок експерта обов'язкові;

- при проведенні робіт з капітального ремонту. Як правило, в ході них виникають серйозні якісні зміни споруди, можуть бути порушені несучі конструкції. Це тягне за собою зміну параметрів міцності споруди;

- проводиться обов'язкова або позапланова перевірка після виникнення надзвичайних ситуацій. Наприклад, після пожежі або аварії. Фахівці в таких випадках встановлюють наявність пошкоджень і вказують, як правильно усунути дефекти. Роботи по обстеженню будівельних конструкцій будівель і споруд дозволяють отримувати повну оцінку стану об'єкта і можливості його відновлення;

- необхідно ліквідувати пошкодження або деформацію об'єктів будівництва. Наприклад, при наявності тріщин в стінах або усадки будови. Обстеження дозволяє встановити ступінь небезпеки, можливості подальшої експлуатації такого об'єкта нерухомості. За фактом перевірки видається відповідний висновок;

- при оформленні договору купівлі-продажу нерухомості також може знадобитися звіт про технічний стан будівлі. Дуже часто їх запитують покупці до моменту здійснення операції. Багато хто хоче знати технічний стан об'єкта нерухомого майна, щоб оцінити витрати на можливі ремонтні роботи;

- необхідно зіставити проект з будівлею, яка побудована за цим проектом. Всі об'єкти суворо повинні відповідати технічній та проектній документації, яку складено для них. Навіть незначний відступ від регламентів може призвести до небезпечних наслідків в процесі експлуатації об'єкта, так як змінюється навантаження на несучі конструкції;

- необхідно змінити призначення об'єкта нерухомого майна. Наприклад, квартиру потрібно перепланувати і переоформити в нежитлове приміщення. Навіщо потрібна будівельна експертиза нежитлових і житлових об'єктів. Проведення таких заходів дозволить виявити дефекти, своєчасно їх усунути і убезпечити здоров'я та життя людей при експлуатації будівлі.

Паспорт є технічним документом власника будівлі, в якому міститься зроблений на основі об'єктивних даних висновок про придатність (або непридатність) будівлі до експлуатації.

Крім аналізу технічного стану промислового об'єкту, фахівці також розробляють детальні рекомендації щодо усунення можливих технічних дефектів будівель.

Вартість послуг з технічного обстеження будівель і споруд коригується залежно від площі об'єкта, його технічних конструктивних особливостей тощо [2].

Нормативні документи які безпосередньо або опосередковано регулюють процеси обстеження :

ДСТУ-Н Б В.1.2-18: 2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану.

ДК 018-2000 Державний класифікатор будівель та споруд

ДСТУ Б В.3.1-XX:201X 2 ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва

ДБН А.2.2-1-2003 Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд

ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво

ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві.
Основні положення

ДБН В.1.1-7-2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва

ДБН В.1.1-12:2006 Будівництво у сейсмічних районах України ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму

ДБН В.1.2-5:2007 Науково-технічний супровід будівельних об'єктів

ДБН В.1.2-6-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість

ДБН В.1.2-7-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека

ДБН В.1.2-8-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека життя і здоров'я людини та захист навколишнього природного середовища

ДБН В.1.2-9-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації

ДБН В.1.2-10-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму

ДБН В.1.2-11-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії
ДБН В.1.2-12-2008 Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки

ДБН В.1.2-14-2009 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ

ДБН В.1.3-2:2010 Геодезичні роботи у будівництві

ДБН В.2.1-10-2009 Основи и фундаменти споруд. Основні положення проектування

ДБН В.3.1-XX:201X Експлуатаційна придатність будівель та споруд. Основні положення

ДБН В.2.2-24:2009 Проектування висотних житлових і громадських будинків

ДБН В.2.3-6:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування

ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель

ДБН В.2.6-161:2010 Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення

ДСТУ Б В.3.1-XX:201X 3 ДБН В.2.6-162:2010. Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення

ДБН В.3.2-2-2009 Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт

ДБН 362-92 Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації

ДСТУ ISO 9001:2009 Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT) ДСТУ ISO 9000:2007 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2005, IDT) ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення

ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять

ДСТУ Б В.2.1-8-2001 (ГОСТ 12071-2000) Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Відбирання, упакування, транспортування і зберігання зразків

ДСТУ Б В.2.1-27:2010. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань ДСТУ Б В.2.6-2:2009 Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови

ДСТУ Б В.2.6-27:2006 Конструкції будинків і споруд. Автоматизовані системи технічного діагностування будівельних конструкцій. Види випробувань

ДСТУ Б В.2.6-145:2010 (ГОСТ 31384:2008, NEQ). Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги

ДСТУ Б В.2.7-23-95 Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Загальні технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-42-97 Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів

ДСТУ Б В.2.7-61:2008 Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови (EN 771-1:2003, NEQ)

ДСТУ Б В.2.7-83-99 (ГОСТ 2678-94) Будівельні матеріали. Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Методи випробувань

ДСТУ Б В.2.7-84-99 (ГОСТ 26589-94) Будівельні матеріали. Мастики покрівельні на гідроізоляційні. Методи випробувань

- ДСТУ Б В. 2.7-101-2000 (ГОСТ 30547-97) Будівельні матеріали. Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови
- ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності
- ДСТУ Б В.2.7-239:2010 Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Методи випробувань (EN 1015-11:1999, NEQ) прДСТУ Б В.3.1-XX:201X
- ДСТУ Б В.2.7-248:2011 Матеріали стінові. Методи визначення границь міцності при стиску і згині (ГОСТ 8462-85, MOD)
- ДСТУ Б В.2.7-290:2011 Будівельні матеріали. Метод мікроскопічного кількісного аналізу структури (ГОСТ 22023-76, MOD)
- ДСТУ Н А.2.2-Х:201Х2 Настанова з розроблення документації з підтримання експлуатаційної придатності будівель та споруд
- ДСТУ-Н Б А.1.1-81:2008 Система стандартизації та нормування в будівництві. Основні вимоги до будівель і споруд. Настанова із застосування термінів основних вимог до будівель і споруд згідно з тлумачними документами Директиви Ради 89/106/ЄЕС
- ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва
- ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009 Споруди транспорту. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів
- ДСТУ-Н Б В.1.1-29:2010 Захист від пожежі. Вогнезахисне оброблення будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання Д
- СТУ-Н Б В.1.3-1:2009 Виконання вимірювань, розрахунок та контроль точності геометричних параметрів. Настанова.
- ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2013 Настанова щодо захисту будівельних конструкцій будівель та споруд від корозії Положення про порядок консервації та розконсервації об'єктів будівництва, затверджене наказом Мінбуду України № 2 від 21.10.2005

ГОСТ 6992-68 Покрытия лакокрасочные. Метод испытаний на стойкость в атмосферных условиях (Покриття лакофарбні. Метод випробувань на стійкість в атмосферних умовах)

ГОСТ 15140-78 Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии (Матеріали лакофарбні. Методи визначення адгезії)

ГОСТ 24846-81 Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений [3,8].

1.3 Розгляд можливостей застосування інноваційних методів обстеження

Галузі, починаючи від сільського господарства і закінчуючи розвагами і засобами масової інформації, в повній мірі використовують переваги, пропоновані БПЛА. Проте, очевидно, що одним з найбільш швидко зростаючих секторів є розвиток інфраструктури, яка включає в себе будівництво.

В обстеженні будівель і споруд безпілотні літальні апарати забезпечують легкий доступ до великих або важкодоступних місць, а також до складних або високих структурних елементів. Вони можуть збирати аерофотознімки, картографічну інформацію і зображення для подальшої обробки у програмних комплексах, або аналізу спеціалістами.

За даними звіту The Drone Market Report, до 2024 року обсяг світової виручки на ринку безпілотних літальних апаратів виросте до \$ 43 млрд (рис. 1.5). Лідуючим постачальником пристроїв залишається Північна Америка, але експерти вважають, що скоро країну потіснить Китай.



Рисунок 1.5 - Світовий розвиток використання дронів у світі

Сьогодні активно розвивається сегмент споживчих дронів. Завдяки властивості ready-to-fly («готовий до польоту») їх можна дістати з коробки і відразу ж запустити. Як з'ясували Goldman Sachs, бюджетні безпілотники стали найбільшою частиною ринку квадрокоптера.

В Європі, США, Азії дрони використовують в будівництві і освіті. Наприклад, в середній школі Бангкока безпілотники допомагають дітям з математикою, пише E-learning Industry. Багатьом школярам предмет дається нелегко. Спостерігаючи траєкторію польоту дрона, учні будують графіки і вирішують завдання з даними часу, висоти і відстані.

AI-driven software розробили програмне забезпечення, що дозволяє обробляти візуальні дані квадрокоптера для створення докладних карт будівельних майданчиків. Це допомагає виконавців робіт чітко розрахувати обсяги використовуваних матеріалів.

Відповідно до огляду актуальних для промислового використання функцій безпілотників, літальні апарати можуть підніматися на висоту від 50 метрів і вище і в середньому покривати до 12 км² полів менш ніж за годину.

Виробники активно випускають водонепроникні моделі для захисту від дощу. Погода в таких вимірах грає вирішальну роль. При аерофотозніманню якісні знімки виходять тільки в сонячні дні.

Безпілотники також збирають геометричні дані кар'єрів і рудників. Але при вимірах на складних рельєфах з використанням технології фотограмметрії не можна виключити можливу похибку.

Зараз набирає популярності установка сонячних панелей на житлових будинках. Перевірка якості їх роботи теж стає можливою завдяки дрону з тепловізійною камерою [4].

На даний момент тенденції ринку такі:

Будівельна галузь - найбільша і найбільш швидкозростаюча ніша економіки по впровадженню технології БПЛА. За останній рік комерційне використання дронів підприємствами збільшилася в 5 разів (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 - Тенденції розвитку ринку дронів в Україні

Незважаючи на те, що технологія Live Maps від DroneDeploy запущена кілька місяців тому, 10% всіх побудованих карт працюють, використовуючи це новітній винахід, а потреба в даних, що надходять в реальному часі, стає дедалі більше.

Ці компанії використовують технології БПЛА для збору даних про проекти в реальному часі, щоб мати уявлення про те, що відбувається на виробництві та визначити потенційні проблеми до того, як їх рішення стане занадто дорогим. Зокрема, в даний час саме будівництво - провідна галузь в цьому плані, зі збільшенням обсягу даних, отриманих з дронів, на 239% за останній рік. Також будівельні фірми тепер набагато частіше підприємств інших галузей використовують платформу DroneDeploy.

Незважаючи на підвищення використання корпоративних платформ, таких як дрони серії DJI M200, 90% комерційного картографування відбувається за допомогою моделей БПЛА, вартістю до \$ 1500, а самі використовувані дрони - Phantom 4 Pro і Mavic Pro.

Дані, отримані за допомогою дронів, мають велику цінність для великих компаній, що призводить до збільшення внутрішнього попиту на аерофотозйомку, яка застосовується в більшій кількості проектів. Кількість корпоративних компаній, зареєстрованих на платформі DroneDeploy, збільшується більш ніж на 20% щомісяця.

Виробничі запаси на робочих площах - найпоширеніші об'єкти вимірювань за допомогою дронів. У 2017 році користувачі DroneDeploy більше 300 000 разів вимірювали виробничі запаси, щоб відстежувати динаміку їх обсягу.

У таких галузях, як будівництво, покрівельні роботи і гірничодобувна промисловість, працівники нерідко отримують серйозні травми або навіть гинуть в результаті аварій. Прагнучи знайти кращі способи збору даних та огляду робочих ділянок, компанії все частіше впроваджують БПЛА для підвищення загальної безпеки робітників. Дрони мінімізують час, що витрачається на огляди небезпечних ділянок, таких як даху або будівельні майданчики, усуваючи необхідність піддавати людей ризику. Аерофотозйомка також допомагає виявляти потенційні проблеми безпеки і дозволяє відповідальним особам запобігати небезпечні ситуації.

Автоматичний аналіз відеоінформації, штучний інтелект і машинне навчання сприяють автоматизації робочих процесів

Велика частина програмного забезпечення в магазині додатків використовує останні досягнення в області автоматичного аналізу відеоінформації, штучного інтелекту і машинного навчання. Ці технології допомагають компаніям знизити кількість помилок, послідовно, з високою точністю і в рекордні терміни аналізувати ситуацію і значно автоматизувати складні робочі процеси.

Додаток Roof Report допомагає фахівцям в області покрівлі, встановлення сонячних батарей і страхового бізнесу виробляти точні вимірювання даху, завдяки використанню автоматичного аналізу відеоінформації і машинного навчання. Одночасно зі збільшенням впровадження БПЛА, кількість звітів про стан дахів подвоюється кожен місяць.

За допомогою штучного інтелекту і машинного навчання додаток від компанії Agremo дає можливість сільгоспвиробникам швидко підраховувати кількість рослин і отримувати точну інформацію про посіви. У 2017 році клієнти підраховали 439 978 289 рослин, використовуючи додаток від компанії Agremo.

Використовуючи автоматичний аналіз відеоінформації і штучний інтелект, додаток від компанії SkyClaim допомагає сільським господарствам і страховим компаніям виявляти збиток і визначати потенційні втрати врожаю. Використовуючи його функціонал, клієнти компанії DroneDeploy проаналізували більше 40 000 гектарів угідь і 75 різних типів культур.

Довідка про компанію DroneDeploy

DroneDeploy надає корисну інформацію клієнтам, картографію 12 мільйонів гектарів в 180-ти країнах. Платформа використовується найбільшими в світі галузевими підприємствами, що займаються будівництвом, сільським господарством, видобутком корисних копалин, геодезичними роботами і нерухомістю, що наближає нас до мети нашої

спільної стратегії - дрон на кожному робочому ділянці. Додатки, в свою чергу, стають все більш складними, і іноді замінюють цілі робочі процеси, підвищуючи їх ефективність, безпеку роботи і точність одержуваних даних.

Інспектування дахів.

Забудовник вирішив провести інспектування дахів (рис.1.7) і фасадів, щоб зрозуміти, в якому стані знаходяться вже побудовані і здані в експлуатацію будинки ЖК Continent. Таким чином компанія хоче попередити можливість появи будь-яких ерозій і оперативно реагувати на будь-які зміни якості будівництва, щоб в подальшому проводити ці перевірки не тільки регулярно, але і ефективно.

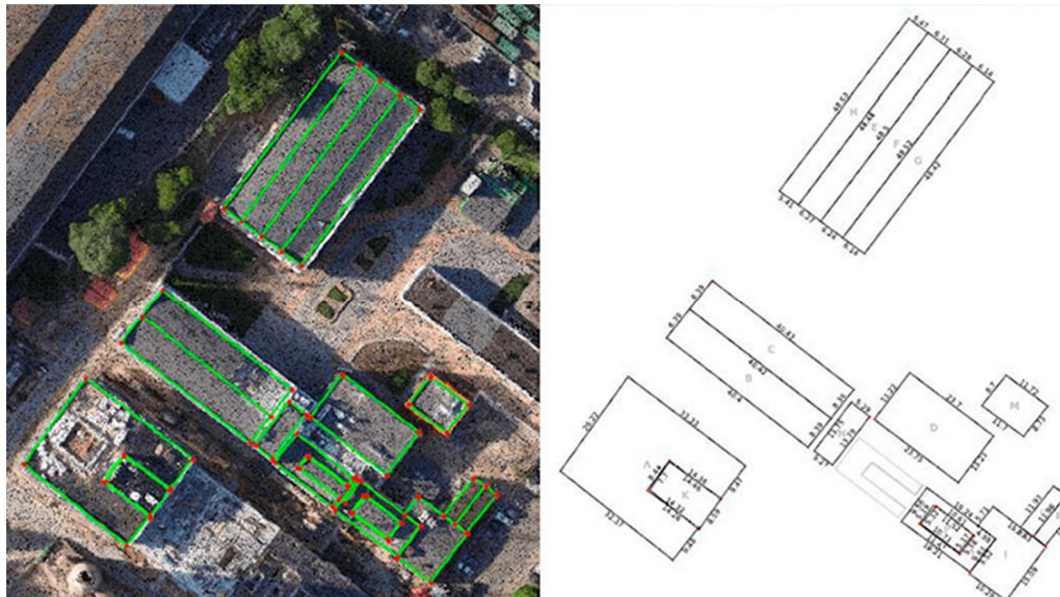


Рисунок 1.7 - Робочий процес вилучення даних з додатку DroneDeploy

Висока деталізація ортофотоплану дозволяє побачити навіть дрібні пошкодження або тріщини, будь-які візуальні відхилення стану даху від норми. Також він дозволяє оцінювати будівельний процес в цілому: на яких етапах знаходяться роботи, в якому стані під'їзди до будмайданчика, де розташовані ТМЦ та їх обсяги.

Інспектування дахів проводилося з використанням Phantom 4. Дрон літав по побудованій перед початком обльоту маршруту і фотографував з максимальним перекриттям 70x70.

Під час обльоту було отримано 786 фотознімків, які в хмарному сервісі DroneDeploy автоматично зшиваються в один загальний ортофотоплан (рис.1.8).



Рисунок 1.8 - Ортофотоплан будівельної ділянки та прилеглих територій

Висока деталізація ортофотоплану дозволяє побачити навіть дрібні пошкодження або тріщини, будь-які візуальні відхилення стану даху від норми. Також він дозволяє оцінювати будівельний процес в цілому: на яких етапах знаходяться роботи, в якому стані під'їзди до будмайданчика, де розташовані ТМЦ та їх обсяги.

В результаті обльоту не було виявлено проблемних ділянок - дахи будинків знаходяться в хорошому стані. Комфорту мешканців ніщо не загрожує (див. рис. 1.9)



Рисунок 1.9 - Дах одного з будинків ЖК Continent

Інспектування кранів

Ще одне питання, яке цікавило забудовника, це в якому стані знаходяться 2 висотних крана: один належить компанії, а другий – орендується (див. рис. 1.10)

«Для безпечного виконання будівельних робіт ми регулярно проводимо огляд кранів - викликаємо фахівців, вони оглядають і дають висновок про справність і придатність техніки. Але все ж хочемо самі своїми очима побачити і оцінити стан кранів, щоб розуміти, скільки вони прослужать, чи потрібно проводити якісь профілактичні ремонтні роботи і так далі»,- розповідає Євген Варава.



Рисунок 1.10 - Інспектування кранів

Для інспектування висотних кранів, які використовує забудовник на своїх об'єктах, SmartDrones вирішили використовувати DJI Matrice 210 (див. рис.1.11).



Рисунок 1.11 DJI Matrice 210

При використанні дрона в будівельних роботах потрібно розуміти, що близько підлітати до рухомих об'єктів небезпечно, оскільки може відбутися зіткнення, наприклад, зі стрілою крана. Для відео- або фотозйомки таких об'єктів краще використовувати дрони з камерами, що мають хороший оптичний zoom.

DJI Matrice 210 якраз обладнаний камерою, яка має 30-кратне оптичне наближення, що дозволяє переглянути з великої відстані навіть найдрібніші деталі. Крім того, перевага даної моделі безпілотної в тому, що його корпус водонепроникний - можна проводити зйомку і в сонячну, і в дощову погоду.

DJI Matrice 210 пробув в польоті 20 хвилин, за цей час, перебуваючи на відстані 70 метрів від висотних кранів, завдяки функції наближення, дроном були відзняті усі елементи металокопункції (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 - Стан крана. Фото з DJI Matrice 210

Такий огляд показав незначне наявність іржі на різних частинах крана, що, в принципі, типово для агрегатів, які активно експлуатуються.

Створення ортофотоплану

Ортофотоплан (див. рис. 1.13) дає можливість з максимальною достовірністю відтворити територію житлової забудови. Знімки, зроблені з дрона, перетворюються з центральної проекції в ортогональну. Рельєф місцевості і всі об'єкти відображаються коректно. Цей інструмент вирішує ряд важливих завдань для забудовника (див. рис. 1.15).



Рис. 1.13 Ортофотоплан ЖК Continent

Забудовнику важливо розуміти, чи відповідає документації. В процесі обльотів і аналізу ортофотоплану не було виявлено відхилень від Генерального плану (рис.1. 14)

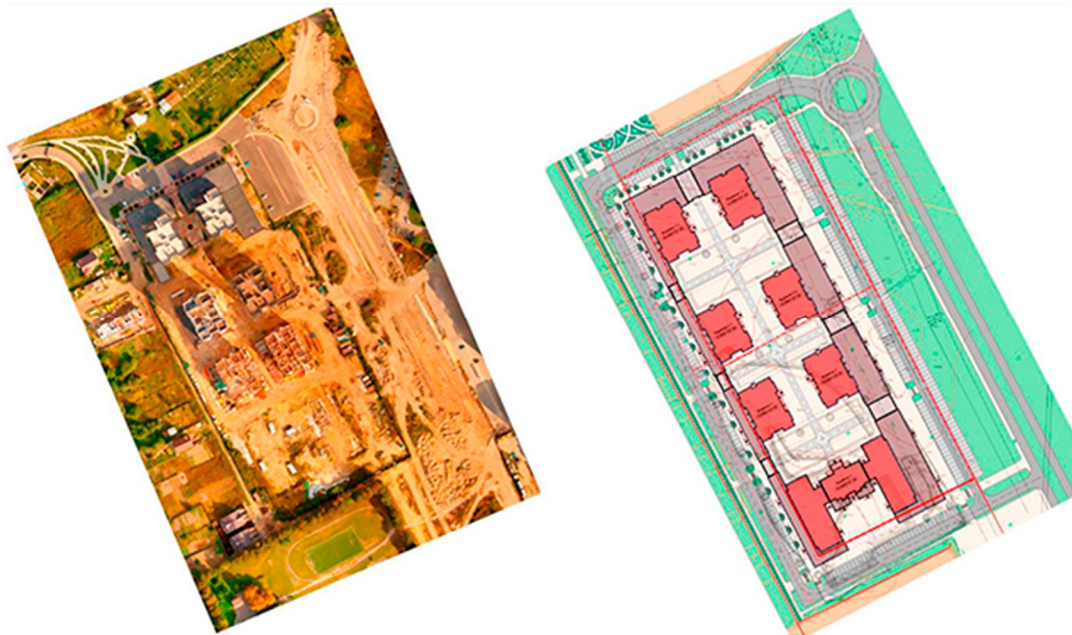


Рисунок - 1.14 Виявлення відхилень від Генерального плану забудови

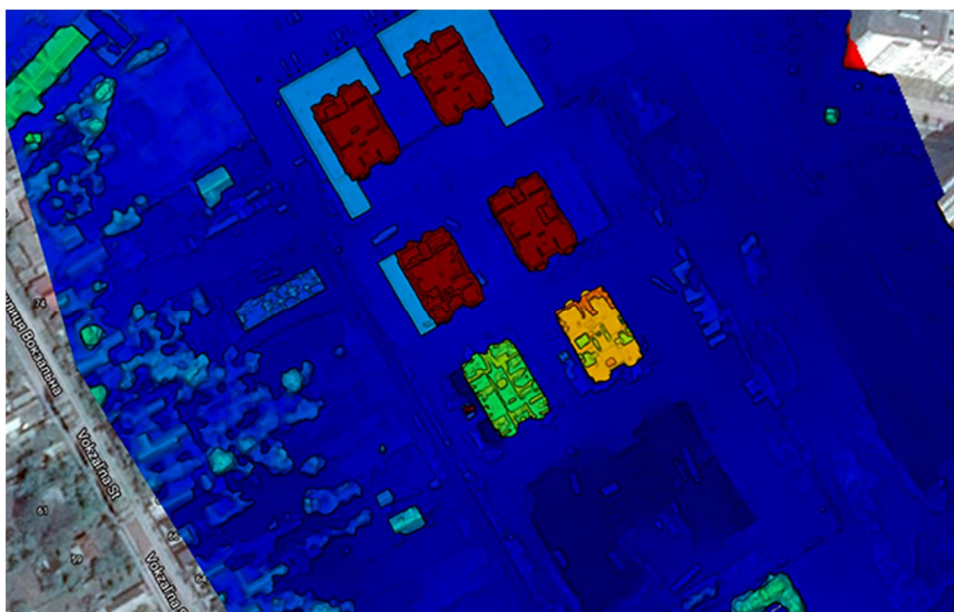


Рисунок 1.15 - Побудова карт висот

Карта висот дозволяє виявити наявність насипів, виїмок. А також провести точні розрахунки обсягів матеріалів, необхідних для вирівнювання майданчика [5].

Вимірювання площ виробок за допомогою дронів і квадрокоптерів проводиться з повітря, висота 100 м і вище, один сеанс триває близько 45 хвилин. За цей час безпілотник здатний провести аерофотозйомку території

1,5-10 км². Зв'язок з оператором підтримується на відстані до 3 км. Безпілотник протистоїть вітру, рухається зі швидкістю 12 м/сек.

Всі безпілотні літальні апарати за типом управління поділяються на:

- автоматичне управління;
- управління оператором з відомого пункту;
- гібридні.

А як же можна пристосувати дрон, щоб він вимірював площі? Для цього необхідно на безпілотник прикріпити камеру, а на землі встановити GPS-пристрій.

Будь-який безпілотник має бортовий комплекс управління, в який входить:

- приймач, пов'язаний із супутником, забезпечує прийом навігаційної інформації від системи GPS або ГЛОНАСС;
- система датчиків для забезпечення руху і орієнтації;
- система для вимірювання висоти та швидкості;
- приймаючі антени;
- бортова система зв'язку, з її допомогою можна передати дані з борту на землю і навпаки.

Швидкість польоту і частота кадрів проводиться в автоматичному режимі, за виставленими заздалегідь показаннями. За допомогою безпілотника можна виміряти одну площа вироблення або кілька, а потім їх об'єднати. Радіус роботи близько 700 м. Якщо відстань між безпілотником і керованим з землі пристроєм збільшиться, він сам повернеться на початкове місце.

Потім виміряну ділянку можна на GPS-пристрої розділити на ділянки дрібніше, і визначити їх площу або відстань між визначеними точками. Рахувати площу робіт або відстань зручно, оскільки пристрій працює з Word і Excel додатками. Вимірявши яку-небудь виробку, її можна знайти в інтернеті на карті Google Maps, і порівняти з виміряною площею.

Результат вимірювання площ виробок за допомогою безпілотників – фотознімки

Результатом вимірювання площ виробок за допомогою безпілотників є фотознімки. Принцип роботи аерофотозйомки такий, що всі знімки перекривають один одного:

- по горизонталі – на 80%;
- по вертикалі – на 60%.

Це робиться тому, що деякі знімки можуть бути перевернуті нестабільністю умов зйомки. Потім знімки обробляють, співпадаючі ознаки накладають один на інший, обрізають, приводять до одного масштабу, поєднують кути нахилу. Така група знімків, наведена в один великий знімок, називається ортофотоплан.

Щоб отримати ортофотоплан, потрібно виконати наступну роботу:

1. Знайти інформацію про об'єкті, і вивчити її.
2. Скласти маршрут для безпілотного літального апарату.
3. Визначити координати контрольних точок, і за допомогою геодезичного обладнання закріпити їх на місцевості.
4. Вибрати оптимальну висоту і швидкість руху безпілотника.
5. Виконати в повітрі маршрут і отримати знімки.
6. Обробити знімки в спеціальній програмі на комп'ютері [6].

Підрахунок обсягів

Алгоритми DroneDeploy дозволяють розраховувати обсяги матеріалів на складі, будівельного сміття, насипів та виїмок. Розрахунки можна проводити як для ідеально плоскій поверхні, так і по найнижчій точці. Але головне, що в сервісі реалізовано метод тріангуляції. Він дозволяє визначати обсяг для фігур будь-якої складності. Створюється хмара точок, що описує запаси матеріалів або кількість будівельного сміття, і розраховується її обсяг. Це ідеальний метод для розрахунку неправильних форм, якими, найчастіше, і є насипу або виїмки.

Розрахунок обсягів наявних будівельних матеріалів на території будівництва.

На території будівництва розміщені будівельні матеріали. Задаються граничні точки і на їх основі розраховується площа і об'єм матеріалів (рис. 1.16).



Рисунок 1.16 - Обсяг існуючих будівельних матеріалів на території будівництва

Розрахунок обсягу вирівнювання майданчика до необхідної позначки

На території забудови присутні ревізійні колодязі. Забудовник буде вирівнювати майданчик до найвищої точки. Компанії необхідно розуміти, який обсяг матеріалів для цього потрібен. Це дозволить уникнути додаткових витрат у разі недостачі або навпаки - надмірної кількості матеріалів і необхідності їх перевезення з будівництва.

За допомогою ортофотоплану визначилася найвища точка на майданчику - відмітка вирівнювання. Також задалася площа майданчика і площа вирівнювання. На підставі цих даних і було отримано обсяг матеріалів, який необхідний для виконання робіт (рис. 1.17).



Рисунок 1.17 - Обсяг матеріалів для вирівнювання площі до необхідної відмітки

Roof Report - новий додаток DroneDeploy для моніторингу стану покрівлі. В кінці минулого року провідна хмарна програмна платформа для комерційних дронів DroneDeploy представила свій новий продукт. Roof Report від DroneDeploy - це інструмент для точної перевірки покрівельних покриттів з використанням дронів. Цільова аудиторія - фахівці з покрівлі, оцінювачі страхових збитків і установники сонячних панелей. Перевірка даху - їх небезпечна і трудомістка робота. Можливість проводити інспекційні роботи з землі - спосіб убезпечити співробітників і залучити в їх ряди аерофобії.

Наші фахівці Ярослав Гнидюк і Сервер Акімов теж зацікавилися новинкою і вирішили зробити експериментальний політ на базі інноваційного парку UNIT.City. За допомогою дронів Phantom 3 Advanced і Mavic Pro, було відзнято 25 га платформи за 40 хвилин, встигнувши зробити 1500 фотографій. Для цього знадобилися два польоти для кожного дрона. Вирішивши ускладнити собі завдання, оператори запустили два дрона по перпендикулярних маршрутах, але з різницею висоти в 5 метрів. Так ми змогли отримати модель з різними кутами огляду. При звичайних робочих

польотах перпендикулярний політ двома дронами не обов'язковий - достатньо одного БПЛА.

Після тестового польотів пілоти визначили кілька характеристик Roof Report, які визначають його легкість, практичність, а головне - ефективність. Розглянемо їх ближче.

Автоматична зйомка даху за лічені хвилини

За допомогою мобільного додатка DroneDeploy ви можете швидко спланувати автоматичний політ. Додаток пропонує оптимальну аерофотозйомку, що допомагає створювати карти високої якості і 3D-моделі.

Знімки покрівлі з високою роздільною здатністю доступні відразу після польоту. На фото - технологічний парк Unit.City (див. рис. 1.18).

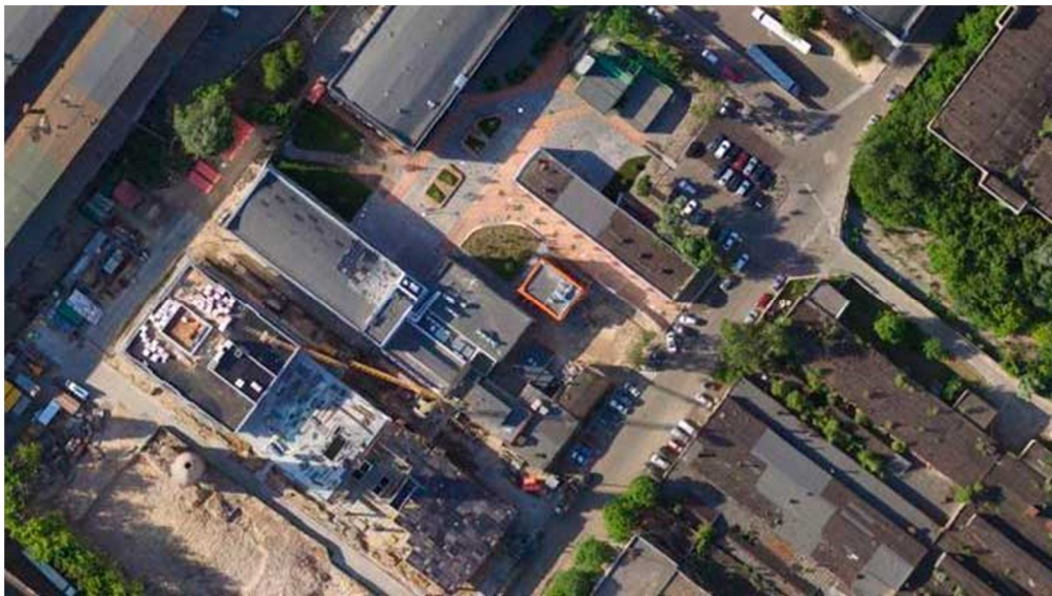


Рисунок 1.18 - Знімки покрівлі з високою роздільною здатністю доступні відразу після польоту

З функцією суміщення зображень, правильного фокусування і автоматичної посадки ви можете сміливо довіряти генератору карт для швидкого створення зображення покрівлі. Тим більше, що програма не вимагає додаткової підстроювання під погоду, достатньо виконувати стандартні рекомендації по польотах. Програма автоматично малює карту поверхні даху і нумерує елементи покрівлі. Точні звіти за одне натискання.

Зробивши аерофотознімки, фахівець зможе створити звіт про стан даху, натиснувши всього на одну кнопку - "Generate" - після того, як дрон завершить самостійний обліт. Кожен такий звіт відображає точний розмір займаної території, особливості та висоту даху, площа її поверхні і її нахил. Точність не залишає місця для хвилювань - все вимірювання на 99,4% безпомилкові. Склавши звіт про стан покрівлі, користувач завантажує PDF-копію. І ще про сумісність - хмарна платформа дозволяє легко ділитися з членами команди картами високого дозволу і дизайном дахів як в офісі, так і на виїзді (рис. 1.19).

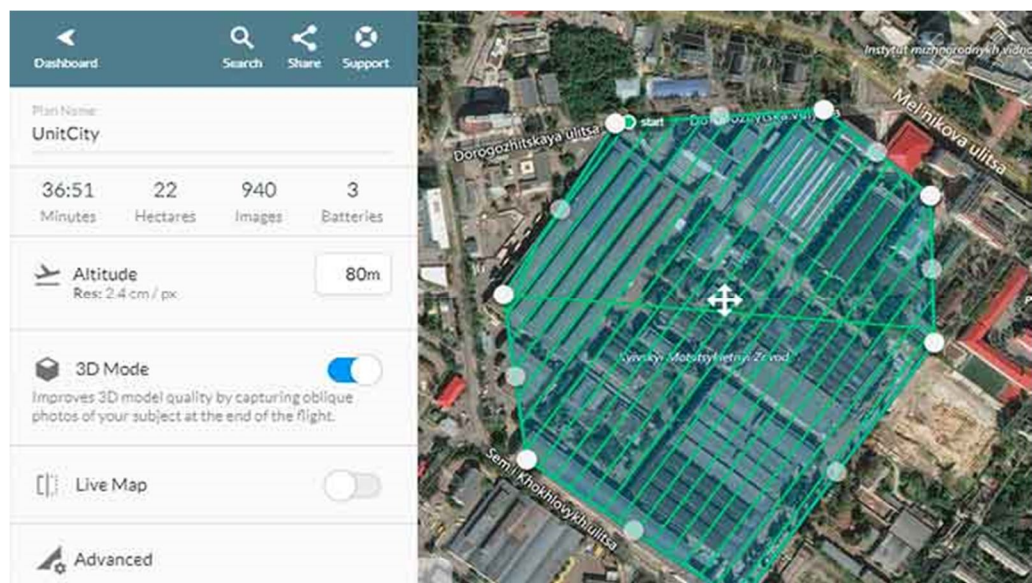


Рисунок – 1.19 План польоту для RoofReport

Середній час підготовки звіту - 2 години. Щоб скласти звіт, необхідно спланувати обліт, зібрати зображення даху, і почати обробляти карту і тривимірну модель. Для складання звітів про стан покрівлі потрібен доступ до додатка, який вам нададуть у вигляді пароля-ключа в магазині додатків компанії. Перший цикл використання безкоштовний, кожен наступний звіт буде коштувати 35 доларів. Готовий звіт буде відправлений користувачеві на електронну пошту протягом 2 годин. Підходить всім.

Компанія стверджує, що рішення для огляду покрівлі підходить як для комерційних, так і для житлових приміщень. І радить дотримуватися наступних рекомендацій, щоб обльоти проходили легко:

1. Летіть низько - на висоті 20-30 метрів над дахом.
2. Будьте пильні - в польоті остерігайтеся проводів і інших малопомітних перешкод, з якими можуть зіткнутися дрони.
3. Використовуйте правильний режим обробки - обробляйте отримані дані в режимі Structure за допомогою програми DroneDeploy для досягнення кращих результатів. Це режим для зйомки високих об'єктів з безліччю надбудов. Врахуйте, що хоч він і краще будує 3D-моделі, на відміну від звичайного режиму, але у нього є обмеження по кількості одночасно оброблюваних фотографій.
4. Купуйте відповідний дрон - використовувати Phantom 4 Pro або Inspire 2 буде найефективніше.
5. Вивчіть правила, перш ніж літати - уточніть місцеві обмеження на польоти за допомогою таких онлайн інструментів, як AirMap і Flyte.
6. Ретельно вибирайте місце зльоту і посадки - виробляєте зліт і посадку дрона на вільному від перешкод ділянці, наприклад, на під'їзній доріжці.

Створення топопланів

Наявність ТОПОПЛАН при проведенні будівельних робіт, проектуванні споруд, плануванні виробничих об'єктів і систем комунікацій обов'язково. БПЛА набагато швидше справляються із завданням по збору даних для створення ТОПОПЛАН, а карти, побудовані в програмному забезпеченні дронів, мають високу точність і дозволяють формувати ТОПОПЛАН в будь-якому потрібному масштабі.

В результаті побудови ТОПОПЛАН Клієнт отримує повну інформацію про рельєф ділянки, розташування інженерних об'єктів і комунікацій, наявності дерев. До того ж використання цифрових карт набагато зручніше, ніж паперових, і спрощує проведення проектних і передпроектних досліджень.

Кадастрова зйомка

Інформація в госгеокадастре часто не відповідає факту і вимагає постійних оновлень, оскільки регулярна експлуатація, проведення різного виду робіт призводить до зміщення меж земельних ділянок. Крім того, фактичне використання наділу може не відповідати цільовим призначенням.

Проведення аерозйомки дроном дозволяє в найкоротші терміни зібрати інформацію про земельні ділянки для порівняння з даними кадастру.

Ця інформація дозволяє привести у відповідність межі земельних ділянок, зафіксувати наявність кордону будівель на обстежуваній території, а також визначити, за цільовим чи призначенням використовується земля.

Визначення обсягів видобутку породи (насипу і поглиблення)

Для оптимізації робіт з видобутку проводиться підрахунок обсягів насипів вилучених копалин, аналізується стан кар'єрів і схилів, вимірюються обсяги заглиблень. Всю цю інформацію можна отримати, якщо провести аерозйомку.

Залучення безпілотників для проведення аерозйомки вигідніше в порівнянні з використанням пілотованої авіації, оскільки не вимагає наявності злітної смуги і витрат на паливо.

Отримані в результаті обльоту дроном 3D-моделі мають високу фотографічну якість і дозволяють точно визначати обсяги насипів або ж заглиблень.

Аудит майданчиків під будівництво інфраструктурних об'єктів

Перш ніж починати будівництво доріг, шляхопроводів, вокзалів, портів та будь-яких інших елементів транспортної інфраструктури, потрібно провести повне дослідження територій, відведених під будівництво. Збір інформації про характеристики та особливості площ, де планується розміщення транспортних об'єктів, стає більш ефективним, якщо в цьому процесі задіяти БПЛА.

Здатність дронів за короткий проміжок часу робити обліт великих ділянок і при цьому видавати дуже точну інформацію про їх стан, робить безпілотники незамінними учасниками містобудівних процесів.

Моніторинг нецільового використання землі

Дуже часто власники або орендарі експлуатують земельні ділянки і наділи не за цільовим призначенням. Це пряме порушення законодавства, яке має на увазі накладення штрафів.

Обліт дроном і зіставлення отриманих з нього даних з інформацією госгеокадастра допомагає ідентифікувати ділянки, де ведеться фактично незаконна діяльність.

Аерозйомка дозволяє виявити нелегальну забудову, орання земель природоохоронного значення, знищення або пошкодження захисних лісонасаджень, розміщення промислових об'єктів на не призначених для цього ділянках.

Інспектування будівель і висотних об'єктів (уникнути аварій)

Постійна експлуатація багатоповерхових будівель і висотних конструкцій, а також ряд факторів, таких як дощ, вітер, вібрація, призводять до погіршення їх стану. Інспектування дає можливість оцінити стан інженерних об'єктів, виявити проблемні місця. Це дозволяє попереджувати руйнування і аварії на об'єктах за рахунок своєчасного проведення ремонту або реконструкції.

Використання дрона в інспектуванні висотних об'єктів набагато спрощує цей процес - через свою мобільності дрони можуть легко зняти важкодоступні ділянки. До того ж при обльоті дроном повністю виключається ризик загрози для здоров'я або життя інспектує персоналу.

Створення 3D-моделей об'єктів ЖКГ

ЖКГ, що відповідають за належний технічний та санітарний стан житлового фонду, створення оптимальних умов для розвитку житлової сфери, і забезпечують ефективне надання послуг населенню.

Залучення дронів в цій сфері спрощує процес побудови 3D-моделей житлових будинків, технічних приміщень, елементів наземних комунікацій і прилеглих до них територій.

Сучасне ПО дронів дозволяє будувати 3D-моделі з високою деталізацією, що сприяє вирішенню завдань з водопостачання, своєчасної реконструкції житлових і допоміжних будівель, ремонту комунікацій, прибирання територій та вивезення побутових відходів (рис. 1.20).



Рисунок 1.20 - Створення 3D моделі будівлі

А ось у будівництві використання БПЛА - досить нова галузь, і забудовники неохоче впроваджують дрони в будівельний процес. Але все ж є компанії, які заради високої якості і безпеки будівельних робіт шукають шляхи поліпшення. Такою компанією є Strakhovskyi Group - найбільший забудовник в Київській області.

Strakhovskyi Group працює на результат, тому не боїться використовувати передові технології. На даний момент має ряд готових житлових комплексів і впевнено продовжує будівельні роботи в Бучі та Ірпені.

«У нас є DJI Phantom 4. Купувався він для зйомки житлового комплексу. Адже одна справа - бачити будинок з землі, і зовсім інша - бачити з висоти, така картинка сильніше вражає покупців. Тому для інформативних і красивих ракурсів наших комплексів ми проводили відео- та фотозйомку дроном. Але з часом почали використовувати його і для моніторингу

виконання будівельних робіт», - розповідає Євген Варава, маркетолог компанії Strakhovskyi Group.

«Ми не хочемо бути однаковими. Ми постійно розвиваємося, постійно шукаємо щось нове: впроваджуємо нові технології, використовуємо новітні матеріали, удосконалюємо дизайн, вивчаємо інновації та зарубіжні тренди в будівельному сегменті. Розуміючи, що наші іноземні колеги використовують дрони в якості помічників, ми вирішили наслідувати їхній досвіду і бути першими, хто в Україні використовує дрон в будівельному процесі», - говорить Андрій Страховський, керівник компанії Strakhovskyi Group [5].

У 2018 році була протестована технологія LiDAR (Light Detection and Ranging) в реальних промислових умовах. Завдання - виміряти лазером поверхню вугільного складу Ладижинської ТЕС.

На території зберігається від 80 до 180 000 тон вугілля. Традиційні виміри виглядають так: маркшейдер крок за кроком переміщається по піднесенню з лінійкою, поки його колега через оптичний прилад - тахеометр - фіксує зміни висоти. Досить трудомісткий процес, погодьтеся. Дронь справляються із завданням набагато швидше фахівців. Крім того, виключається людський фактор - коли можливі помилки і похибки в підрахунках.

Як це працює: датчик випускає лазерні промені в різних напрямках і чекає, поки їх відображення повернуться. Швидкість світла відома (299 792 458 м / с), тому час руху променів туди і назад дозволяє точно оцінити відстань. Алгоритм безпомилково визначає координати досліджуваного об'єкта. Облітаючи територію, LiDAR за секунду робить більш 100 000 вимірювань, які формують хмару точок - вершини тривимірної системи координат X, Y і Z. Потім з них створюється 3D-модель складу.

Подібну методику можна застосовувати і при обстеженні ліній електропередач. Якщо раніше процедура вимагала відключення установок, то з дроном обмежувати роботу ЛЕП не доводиться. Обладнаний тепловізором і

відеокамерами високої роздільної здатності безпілотник виявляє пошкодження проводів, контактних елементів і будівельних конструкцій.

Сканування визначає критичні місця перетину ЛЕП з деревами, провисання проводів і нахили опор. Спеціальне програмне забезпечення дозволяє швидко обробляти отримані дані і використовувати інформацію для запобігання аварій. Це набагато ефективніше, ніж чекати закінчення пішої ревізії об'єкта. Зібрані дані здатні запобігати аваріям [4].

Практичні приклади використання дронів

Свою історію про інтеграцію дронів у виробництво розповів Сергій Федчун, директор з управління взаємовідносинами з клієнтами "Метінвесту". "Після завершення пілотного проекту з використання дронів вся наша команда прийняла одностороннє рішення про те, що їх використання на промислових підприємствах має велику прикладну користь", - ділиться спікер.

За його словами, все почалося з того, що старі інструменти не давали зростання бізнесу. Для оцифровки 3,5 тисячі га території, з них 1,3 тисячі га. забудови на трьох гірничодобувних і трьох металургійних підприємствах групи необхідно було швидке і недороге рішення, що має додаткові операційні переваги в короткостроковій перспективі, яким і були безпілотники.

Першим кроком на шляху до діджиталізації виявилися оцифровка інформації і створення моделей виробництва. Рішенням цього завдання стали дрони і 3D сканери, тому що вони забезпечували якісну і точну інформацію, безпеку для персоналу, безперервність роботи техніки, економію часу і, власне, автоматизували сам процес зйомки.

У підсумку, ефективність роботи зросла від 5 до 10 разів, на 40% збільшився рівень автоматизації, до 50% покращилася точність вимірювань, кількість нещасних випадків скоротилося на 40%, а ризики - на 60%, а для збору даних тепер потрібно було на 80 % менше часу.

"Для нас дуже важлива була світова статистика використання дронів, - продовжує пан Федчун. - До 2020 року в США очікується реєстрація понад 400 тисяч промислових дронів, до 2021 року прогнозують 420 тисяч робочих місць для пілотів дронів, 41% компаній у всьому світі використовують безпілотники або ж планують це робити в найближчий рік".

Один з практичних кейсів - побудова 3D-моделей. Нівеліри можна нарешті відсунути в сторону, а виміри сипучих речовин здійснювати дронами на відкритих і 3D-сканерами на закритих складах.

Крім цього, безпілотники незамінні для служби безпеки, а також для зовнішнього інспектування будівель, трубопроводів, огляду готової продукції, визначення забруднення повітря. Багато точок контролю знаходяться у важкодоступних місцях і таких чином підвищилася безпека роботи.

Вигоди для компанії "Метінвест" тільки на першому кейсі для трьох гірничо-збагачувальних підприємств у вигляді річного очікуваного економічного ефекту від відсутності простоювання обладнання становить 20 млн грн, при цьому продуктивність праці маркшейдерів зросла в п'ять разів.

Підвищилася і безпека праці. До того ж, тепер, поки маркшейдера роблять виміри, весь процес роботи на об'єкті більше не доводиться зупиняти і устаткування не простоює годину, а то й більше.

Поліпшилася і точність інформації. Коли маркшейдер приходить на об'єкт, він повинен визначати і заміряти точки, при цьому деякі борту залишаються розглянутими через важкодоступність. Для нормальної роботи кар'єра необхідно планувати його розвиток, а значить періодично робити заміри та розрахунки.

Раніше для цього потрібно було або витратити багато часу і сил на отримання необхідної інформації, або замовляти аерофотозйомку і витратити багато коштів. Фахівці компанії працюють з PHANTOM 4 і M210. Останній несе більше корисного навантаження і працює ефективніше в місцях з підвищеними магнітними аномаліями.

Ще кілька додаткових прикладів - це контроль і огляд складів з продукцією на залізничних станціях, відстеження забруднень повітря в реальному часі на різних рівнях висоти для складання екологічної карти, інспекція стану трубопроводів, відстійників на предмет забруднень, енергетичної інфраструктури, наприклад, пошкоджених теплоізоляторів.

Також в планах керівництва компанії лежить побудова цифрової карти по всіх об'єктах виробництва.

Олексій Чорномор, головний маркшейдер Єристівського Гока FERREXPO поділився досвідом застосування БПЛА для маркшейдерських робіт на об'єктах Єристівського ГЗК: "Перше завдання, яке ми хотіли вирішити - це безпека маркшейдера. Ми в основному працюємо крокуючою екскаваторами і забої у них дуже великі і важкі. Маркшейдер робить виміри в тому числі і внизу вибоїв і це дуже небезпечно. Оскільки процес зйомки досить тривалий - ризики для людського життя зростають. Другим завданням стала безперебійна робота техніки в кар'єрі і уникнути колосальних грошових втрат. Крім цього, ми хотіли отримувати великий обсяг даних. І останнє - це мінімізація людського фактора. маркшейдер часто доводиться працювати в умовах сильного вітру і низьких температур. Тепер у нас для цього є Matrice 210 RTK. Я робив ортофос'ємку з його допомогою при швидкості вітру понад 10 м/с, при зливах і при снігопадах і цей дрон справлявся зі своїми функціями чудово " [7].

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА ДЛЯ ОБСТЕЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

2.1 Аналіз організаційних чинників при використанні БПЛА

Станом на 2020 рік на ринку України нараховується близько 15 виробників безпілотних літальних апаратів. Рейтинг виробників БПЛА в Україні з кожним роком збільшуються (див. рис. 2.1). Кожен з виробників відрізняється один від одного за різними характеристиками, які вони надають своїм дронам. Більш за всіх відокремилась компанія “GLADIUS”, яка займається виробництвом підводних дронів, з появою яких збільшується потенціал обстеження будівель і споруд, які знаходяться під водою. Найбільш доцільним буде використання підводних дронів для обстеження конструкцій її мостових опор, підводних трубопроводів та вивчення поверхонь дна річок та інших водойм.

Успіх у використанні БПЛА залежить не тільки від літального пристрою, але і від обладнання, яке збирає інформацію та програмного забезпечення, яке її обробляє. Літальний пристрій (дрон) у цьому випадку сприймається, як допоміжне обладнання для транспортування та управління камерами, сенсорами та іншим.

Глобальний ринок безпілотних систем досягне \$ 51.97 млрд до 2025 року, в 2020 році обсяг становив \$ 20.8 млрд. Середньорічний темп зростання складе 20.1%. Ключові драйвери ринку - поетапне зняття обмежень американського регулятора FAA з ряду компаній, стрімка якісна еволюція апаратів і бортових систем.

Обсяги глобального ринку обладнання для забезпечення передачі даних з борту безпілотника виростуть на \$ 3.07 млрд в період з 2020 по 2024

році зі середньорічним темпом зростання на рівні 32%. Ключові драйвери ринку - розвиток систем радіоелектронної боротьби, зменшення розмірів модулів корисного навантаження і підсистем безпілотників.

Роком раніше ResearchAndMarkets.com прогнозували зростання обсягів ринку БЛА з \$ 19.3 млрд в 2019 році до \$ 45.8 млрд до 2025 року (середньорічний приріст на рівні 15.5%). Серед драйверів ринку згадувалися оптимізація сенсорів і систем управління, розвиток автопілотів і систем ухилення від зіткнень.

У 2015 році Teal Group припускали, що обсяг індустрії безпілотників виросте до \$ 14 млрд в 2025 році. [9].

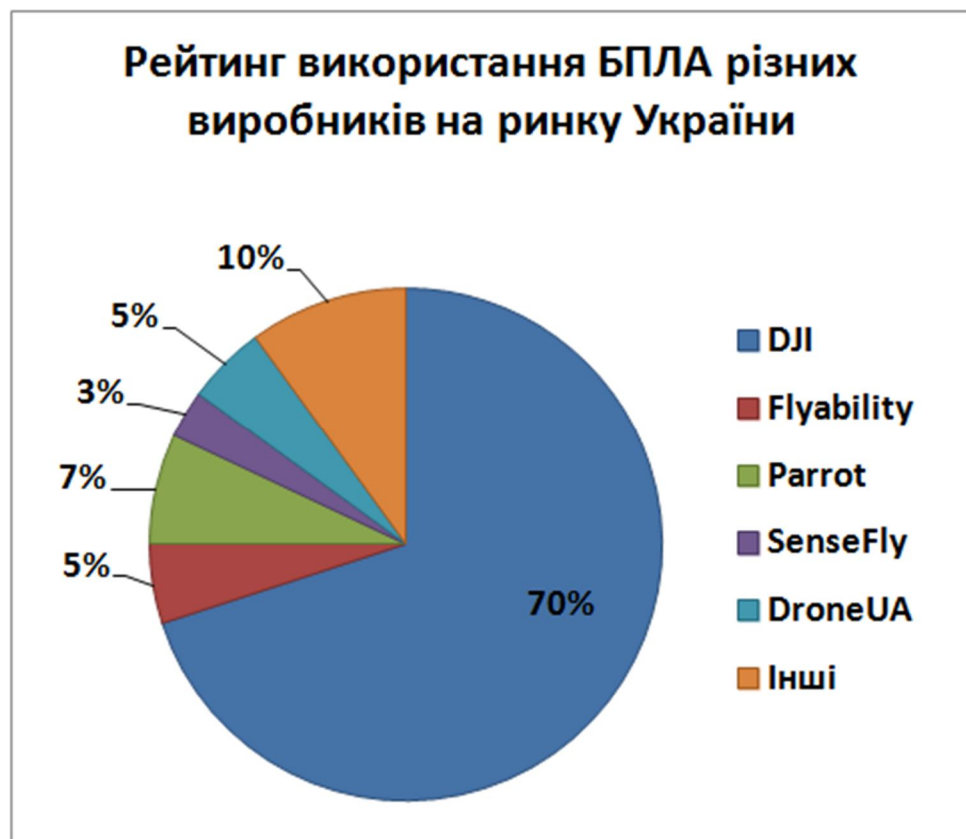


Рисунок 2.1 - Діаграма стану заповненості ринку України продукцією певних виробників

Різновиди дронів. Дрони стають реальністю і є комерційно доступними. Ринок дронів дає реальну можливість створення робочих місць та є джерелом інновацій та економічного зростання в наступні роки. Також вони несуть нові виклики пов'язані з безпекою та повагою прав громадян.

Необхідне вдосконалення законодавства, а також зусилля з розробки та впровадження технологій, для того щоб інтегрувати дрони у загальний простір цивільної авіації, та підвищити рівень впевненості у безпеці та дотриманні прав приватності.

Враховуючи різноманіття БПЛА важливою є їх класифікація. На основі узагальнення відомих класифікацій та тактико-технічних характеристик існуючих безпілотних літальних апаратів запропоновано їхню класифікацію, за основними ознаками: використання; тип системи керування; правила польоту; клас; тип; тип крила; спосіб зльоту/посадки; тип двигуна; паливна система; тип паливного бака; кількість використань; категорія (з урахуванням маси і максимальної дальності дії); радіус дії; висота; функціональне призначення.

У цій роботі буде розглядатися БПЛА типу «коптер». Коптери класифікуються за кількістю приводних двигунів. Існують три-, quadro-, гексо-, окто- та мультикоптери (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 - Квадрокоптер, гексокоптер та октокоптер відповідно

Найбільш поширеними коптерами для розваг та аматорської відеозйомки є quadroкоптери. Також вони є найбільш поширеними для моделювання.

Найвідомішим на сьогодні виробником quadroкоптерів обладнаних камерою для високоякісної відеозйомки є компанія DJI .

На ринку представлені такі її моделі quadroкоптерів як Phantom, Mavic, Inspire, Matrix, та інші (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Квадрокоптери DJI Phantom, Mavic, Inspire і Matrix

Обладнання для проведення обстеження для БПЛА. Камери і сенсори - невід'ємна частина для успішного проведення місій літальних апаратів. Різноманітність видів сенсорів дозволяє проводити як звичайну зйомку, так і у всіх доступних спектральних діапазонах для досягнення необхідного результату.

Основною властивістю додаткового обладнання для БПЛА є технологічні функції. Вони різні за форм-фактором, технологічним оснащенням та призначенням:

- ZOOM- Камери;
- спектральні камери;
- тепловізори;
- камери 360;
- газоаналізатори;
- лідари та інші.

Доступне програмне забезпечення для обробки даних для БПЛА.

Обробка даних - ключовий елемент застосування дронів в промисловості. Існує багато різних виробників програмного забезпечення але найпопулярніші в Україні це DroneDeploy, DJI Ground Station Pro, DJI Terra, Pix4D.

Програмне забезпечення є унікальним продуктом та може використовуватися на БПЛА від різних виробників. Також кожне ПЗ володіє певним набір функцій для тих чи інших завдань.

Pix4D VIM не тільки дає можливість отримувати метричні дані з дрона, а також надає розширений функціонал для аналізу отриманих даних. Наприклад, тимчасову шкалу для зручного доступу до даних на конкретний день і можливість довантажувати вихідні креслення, порівняти фактичні параметри об'єкта з запланованими, що дозволяє зменшити витрати на перебудову.

DJI Terra - картографічне програмне забезпечення, для допомоги галузевим професіоналам перетворити реальні сценарії в цифрові активи.

DJI Ground Station Pro - додаток для управління дроном за допомогою планшету. Плануйте автоматичні маршрути польотів, керуйте польотною телеметрією через хмарне сховище файлів і працюйте над спільними проектами.

DroneDeploy забезпечує простий автоматизований політ і збір даних, а також дозволяє переглядати і обмінюватися високоякісними інтерактивними картами, ортомозаїками і 3D-моделями.

2.2 Правове регулювання використання БПЛА

Законодавча база для використання і застосування дронів фрагментарна та недосконала. Але в багатьох країнах, зокрема в ЕС та США робляться цілеспрямовані кроки для врегулювання відповідного

законодавства. В Європі цим питанням займається Європейська агенція з авіаційної безпеки EASA.

Загальний підхід у врегулюванні використання дронів базується на оцінці ризиків що від них походять. Відповідно дрони поділяються на 3 категорії:

- Категорія низького ризику – авторизація для використання дрона не потрібна;
- Категорія середнього ризику – необхідний дозвіл для початка використання дрона, накладаються певні обмеження щодо його використання;
- Категорія високого ризику – літальний апарат повинен бути сертифікований, а пілот (оператор) мати відповідну ліцензію.

Інформація щодо законодавства та правил використання дронів у ЄС, Норвегії та Швейцарії публікується на сайті.

Один з базових принципів використання дронів – це безпека, зокрема безпечна інтеграція дронів з загальною авіаційною системою безпеки.

Правила безпеки мають бути пропорційними до ризику, беручи до уваги вагу, швидкість, складність, авіаційний клас та місце або особливості застосування дрона, тощо. Традиційна концепція авіаційної сертифікації, ліцензування пілотів та операторів має бути доповнена формами спрощеного регулювання. Виробники та користувачі малих дронів люблять гармонізацію правил управління для полегшення їх комерційного поширення та застосування. Європейською Комісією був розроблений та опублікований проект Правил щодо використання дронів: *Prototype Commission Regulation on Unmanned Aircraft Operations*.

Але на даний момент законодавчо сфера застосування дронів у Європі регулюється на національному рівні. Законодавчі акти країн членів ЄС публікуються на сайті міжурядової організації EUROCONTROL .

Згідно Європейського законодавства використання дронів не повинне приводити до порушення фундаментальних прав, включаючи повагу до приватного та сімейного життя, а також захист особистих даних.

Враховуючи те, що використання дрона може привести до нещасного випадку та нанесення шкоди, Європейська комісія працює над розробкою вимог щодо визначення винуватця нещасного випадку та щодо страхування цивільної відповідальності власника/оператора дрона.

В США використання безпілотних літальних апаратів регулюється Федеральною Адміністрацією з авіації, у відповідності до Федерального Кодексу «Code of Federal Regulations 14 C.F.R». У 2015 році Федеральною Адміністрацією з Авіації був прийнятий законодавчий акт, відомий як Part Ж107 , що вимагає обов'язкової реєстрації всіх БПЛА (рис. 2.4).

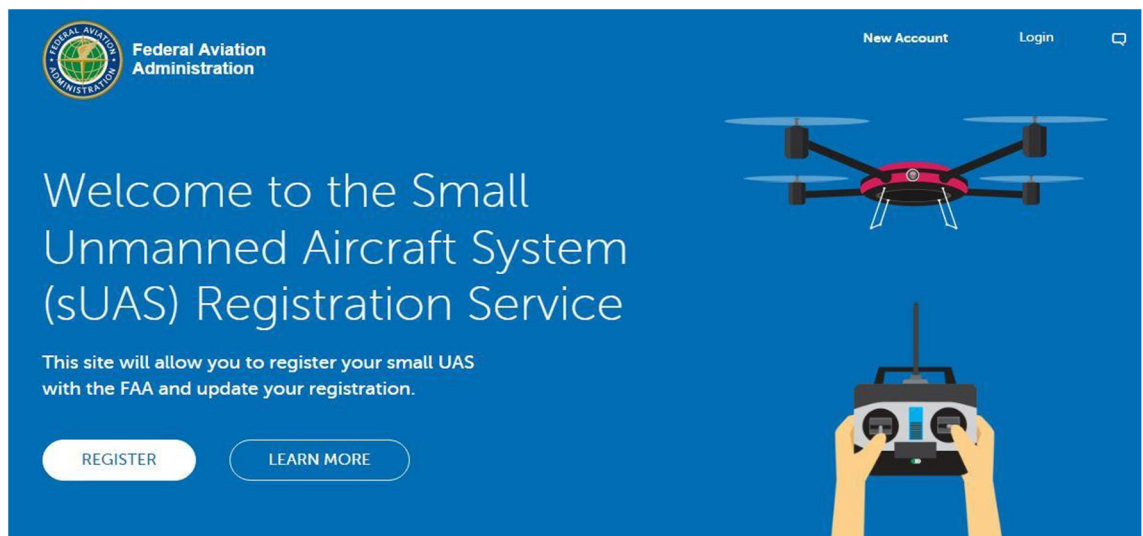


Рисунок 2.4 - Сайт реєстрації БПЛА в FAA

Однак 19.05.2017 Апеляційний суд округу Колумбія у справі Джон А. Тейлор проти Федеральної Адміністрації з Авіації виніс рішення, що вимога обов'язкової реєстрації не може застосовуватися до авіамоделей, вивівши таким чином значну частину дронів з під дії вимоги щодо реєстрації .

Відповідно до Кодексу авіамоделлю вважається дрон, що відповідає таким критеріям:

1. Використовується як хобі або для розваги;

2. Не порушує місцевих правил безпеки;
3. Важить не більше 55 фунтів (25 кг), або у разі більшої ваги, пройшов відповідну сертифікацію;
4. Не перешкоджає жодному пілотованому літальному апарату;
5. У разі виконання польоту в радіусі 5 миль (8 км) від аеропорту – необхідно завчасно попередити оператора аеропорту та контрольну вежу.

Законодавча база використання БПЛА в Україні

На сайті Державіаслужби України з'явилась окрема сторінка, «Безпілотні повітряні судна», де максимально конкретно й детально викладено нові правила використання БПЛА, як у текстовому форматі, так і у вигляді інфографіки (рис.2.5).

Чинними нормативними документами, що регулюють використання безпілотників, або, як визначено в законодавстві, «безпілотних повітряних суден» (БПС) в Україні наразі є Повітряний кодекс України (ПКУ), Положення про використання повітряного простору України та Авіаційні правила України «Правила використання повітряного простору України».

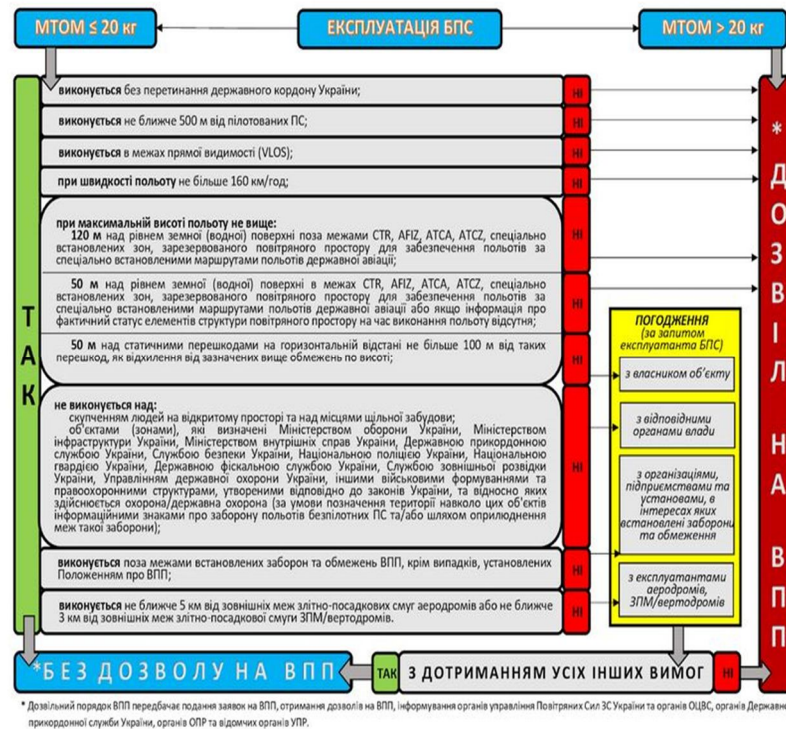


Рисунок 2.5 - Інфографіка щодо дозвільного порядку використання повітряного простору (ДАСУ)

2.3 Адаптація організаційно-технологічних рішень при застосуванні БПЛА

Для кращого розуміння та опису організації її та технології її роботи з БПЛА звернемося до існуючих закордонних прикладів. Розглянемо організаційні та технологічні рішення, які були використані під час будівництва стадіону Allianz Arena у Мюнхені (Германія) Ендрю Гібсоном та Джоном Мак Менмоном.

Основними критеріями щодо початку робіт є вибір правильного безпілотного літального апарату та програмного забезпечення.

Підходячи до вибору програмного забезпечення потрібно відповісти на деякі питання:

- Яке програмне забезпечення використовувати для з'єднання зображень?

- Які закони застосовуються до польоту безпілотника на будівельному майданчику?

- Який додаток використовувати для збору даних при обстеженні будівлі або споруди?

Коли програмне забезпечення підібране, обрана програма обробки зображень та організація, яка проводить обстеження, ознайомлення законодавчою базою, переходимо до технологічних особливостей виконання робіт за допомогою БПЛА.

Практичні рекомендації до виконання робіт:

- Першим кроком до польоту на жвавій будівельній ділянці є планування того, як і коли знаходиться дрон буде використовуватися. Ідеально знайти час, коли будівельний майданчик неактивний, щоб виконувати рейси. Це мінімізує кількість “шуму” у Ваших результатах. Ще одна важлива річ, яку потрібно знати, це максимальна висота найвищої

конструкції або предмета, над яким буде пролітати дрон. Ви можете спланувати автоматичні польоти вище, ніж цей об'єкт;

- Під час польоту вам потрібно буде постійно бачити безпілотною, незважаючи на те, що безпілотною може літати сам. Якщо на ділянці є підвищене місце що часто можна використовувати, це часто є гарним вибором для місця зльоту / посадки;

- Після того, як безпілотною приземлиться, вам потрібно буде дістати фотографії з безпілотною та завантажити їх у «хмару» для обробки. Одним із варіантів буде з'єднання безпілотною апарату по бездротової передачі даних з планшетом, який використовувався для планування польоту. Іншим варіантом буде використання SD-карти, яку можна вийняти з дрону і підключити до комп'ютера;

- Обробка даних відбуватиметься у «хмарному сервісі». Для того, щоб знайти фотографії найбільш точно вам потрібно буде використовувати наземні контрольні точки (див.рис.2.6).

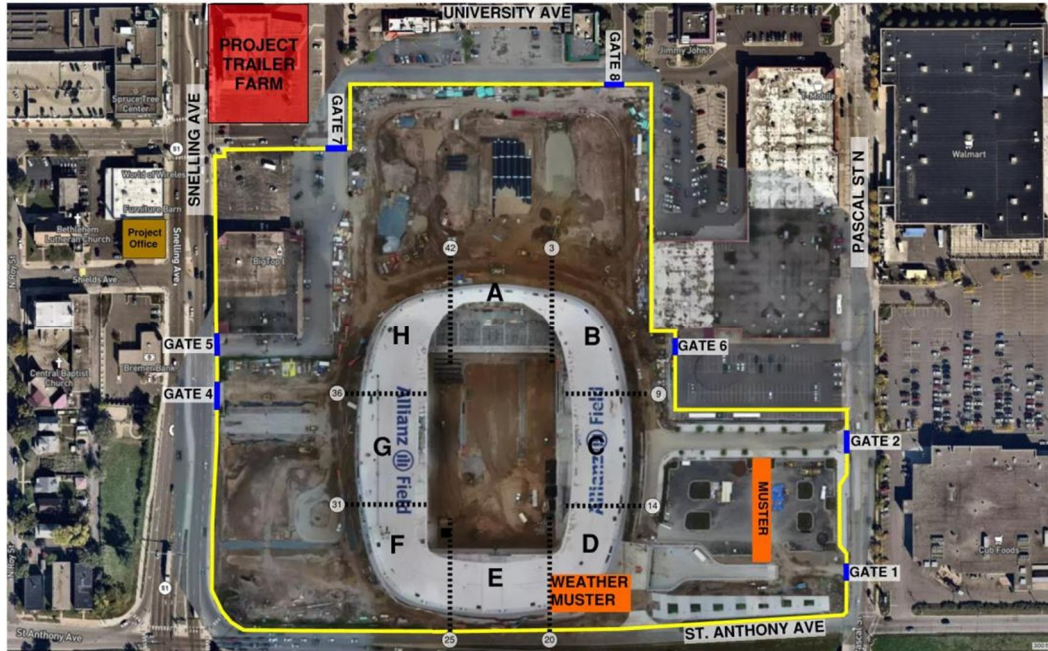


Рисунок 2.6 – Загальний план з контрольними точками

Наземний контрольний пункт - це пункт, що представляє єдине статичне розташування. Для найбільшої точності та реального

координатного розташування контрольних точок (GCP) повинні бути предмети / місця, які знімає геодезист, щоб було відомо їх точне місцезнаходження. В іншому випадку ви можете приймати координати і будувати наземні контрольні точки після першого польоту. Як правило, ви повинні мати кілька GCP, які оточують краї вашого будівельного майданчику. Ви позначите GCP, натиснувши фотографію, зроблену дроном, а потім клацнувши точку на цій фотографії. Ви повторите це для кількох фотографій на GCP.

- Після позначення GCP фотографії оброблятимуться у «хмарі». Ви зможете вибрати, які типи даних ви хочете мати можливість завантажувати або переглядати після завершення обробки. Ви можете відчувати різний проміжок часу, перш ніж ваші дані стануть доступними для вас, залежно від того, які типи даних ви запитували для виведення (див.рис. 2.7).

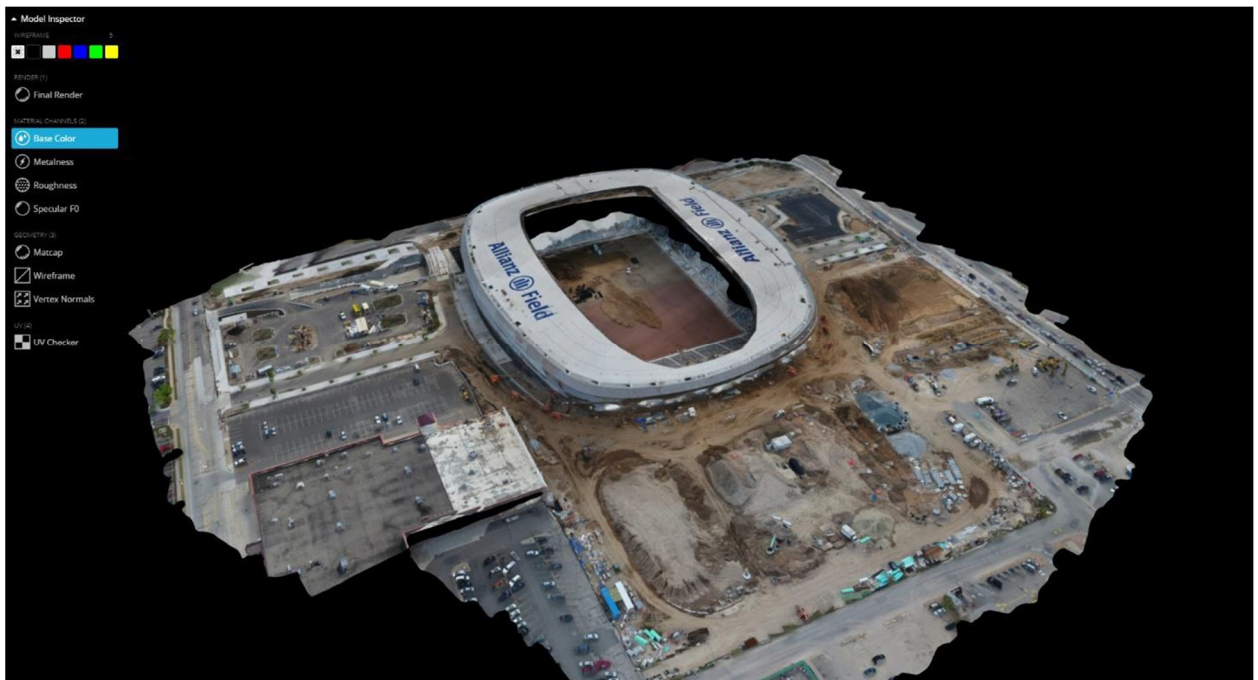


Рисунок 2.7 – 3D-модель об'єкту

Різні програми можуть мати різні типи виводу. Три основні типи даних – «хмара точок», сітка та ортомозаїка. Хмари точок можна перенести в ReCap, а потім і в інше програмне забезпечення Autodesk, таке як Civil 3D або Revit. Ортомозаїка - це одне зображення всього, що було прошиито, і, як

правило, це лише фотографії зверху вниз. Сітка схожа на хмару точок, але може бути кращою в налаштуваннях презентації, оскільки вона буде пропонувати м'яке зображення замість кольорових точок [10].

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА В ОБСТЕЖЕННІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

3.1 Відчизняні приклади використання БПЛА в будівництві

Як приклад, розглянемо приклад обстеження житлового будинку. У разі використання методу обльоту фасаду з виконанням аерозйомки, а потім побудови тривимірної моделі будівлі або його ділянок, процес буде складатися з наступних операцій:

1. Суцільна зйомка ділянки будівлі за допомогою дрона з камерою високого дозволу (рис. 3.1 – 3.3);
2. Масова обробка фотографій для підвищення їх якості: корекція освітленості, зменшення шуму та ін.;
3. Фотограмметрична обробка великої кількості фотографій в програмі з побудовою моделі будівлі і експортом ортофотопланів та інших проекцій об'єкта з потрібних ракурсів;
4. Дослідження ортофотопланів в надвисокому дозволі, виявлення дефектів на точній масштабній проекції об'єкта.



Рисунок 3.1 - Екран для прийому відеосигналу



Рисунок 3.2 - Фотографія фасаду з відстані 10 м

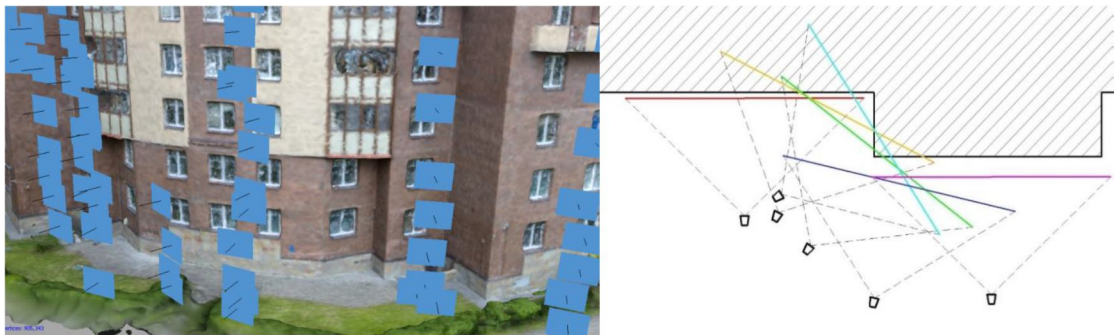


Рисунок 3.3 - Процес зйомки аерофотографій об'єкта з різних ракурсів

При правильно виконаній фотозйомці і грамотній обробці програмне забезпечення дозволяє отримати досить точну масштабну модель споруди. Проте, для поліпшення точності побудови корисно використовувати додаткові дані геодезичних вимірювань для точної прив'язки об'єктів.

Маркери з відомими координатами дозволяють точно орієнтувати модель в просторі, а також задати фактичні розміри конструкцій. Реальні графічні маркери можуть бути розпізнані програмою при обробці (рис.3.4) і братимуть участь в ній як відправні точки. Такі маркери можуть бути роздруковані і встановлені на конструкції.

Однак, розміщення маркерів на поверхні будівлі часто недоступно або занадто витратно. Тому в якості опорних точок можуть бути використані

будь-які характерні точки фасаду, наприклад, кут віконного отвору або будь-який відповідний точковий ділянку. Потім відповідні віртуальні маркери можна розставляти вручну на фотографіях або в моделі. Приклад вибору опорних точок на фасаді показаний на рис. 3.5,3.6,3.7.



Рисунок 3.5 - Встановлення роздрукованих маркерів на фасад для авторозпізнавання

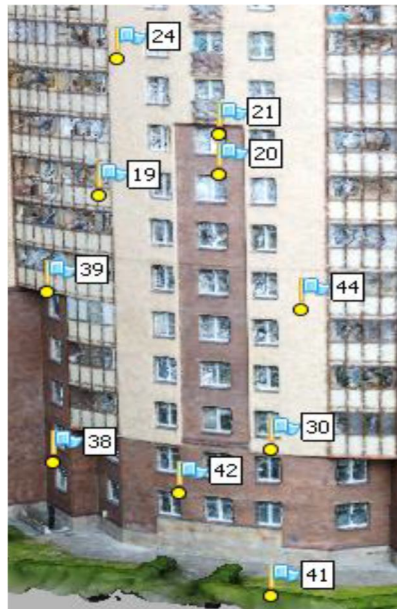


Рисунок 3.6 – Розташування маркерів на 3D- моделі

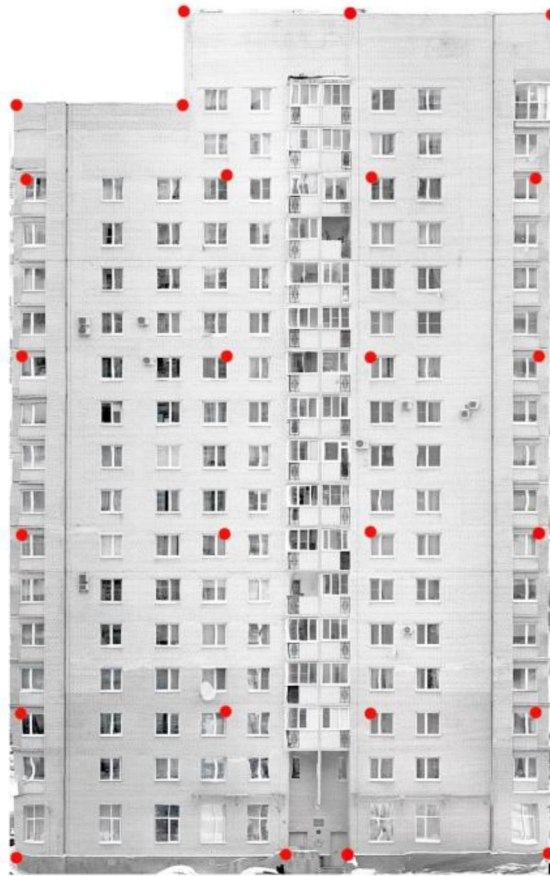


Рисунок 3.7 – Розташування точок на ортофотоплані

Автоматизована обробка фотографій і реконструкція тривимірної моделі відбувається в програмі «Agisoft Photoscan» наступним чином:

1. Початковим етапом є процес вирівнювання фотографій. У цей момент відбуваються обчислення взаємного положення фотографій, їх сполучних точок і просторових позицій об'єктів. Фототриангуляція виконується з кращою якістю, якщо в обробці знаходяться деталізовані фотографії з найбільшої кількості різних ракурсів і великими перекриттями (не менше 60%). Крім того, при вирівнюванні використовуються дані про прив'язку об'єктів, тобто координати маркерів або GPS позиціонування. В результаті утворюється хмара сполучних точок (рис. 3.8).

2. На основі розрідженого хмари сполучних точок обчислюється так зване «щільна хмара» в необхідній деталізації. Кількість точок щільного хмари варіюється в залежності від обраної точності і може досягати десятків мільйонів точок. Точки несуть інформацію про колір і являють собою обриси

будівлі в тривимірному просторі (рис. 3.9). На цьому етапі виконується ручна корекція хмари точок і обрізка зайвих фрагментів.

3. Побудова тривимірної полігональної моделі (рис. 3.10) ведеться на основі даних щільного хмари. Результатом обчислень є об'ємна віртуальна копія об'єкта, з якої можна експортувати різні види і проекції, зокрема, ортофотоплан (рис. 3.10).

4. Ортофотоплан служить універсальним інструментом для отримання зображення об'єкта з різних ракурсів, в т.ч. вид на задану площину. Для вказівки площині досить задати три маркера на моделі. Будучи ортогональною проекцією, ортофотоплан несе корисну інформацію про розміри і текстурному малюнку об'єкта, тобто перевершує по наочності креслярське уявлення фасаду (рис. 3.11).



Рисунок 3.8- Хмара сполучних точок для всіх фотографій



Рисунок 3.9 - Щільна хмара точок формує обриси тривимірної моделі



Рисунок 3.10- Полігональна 3D-модель з текстурою



Рисунок 3.11 - Ортофотоплан центрального фасаду

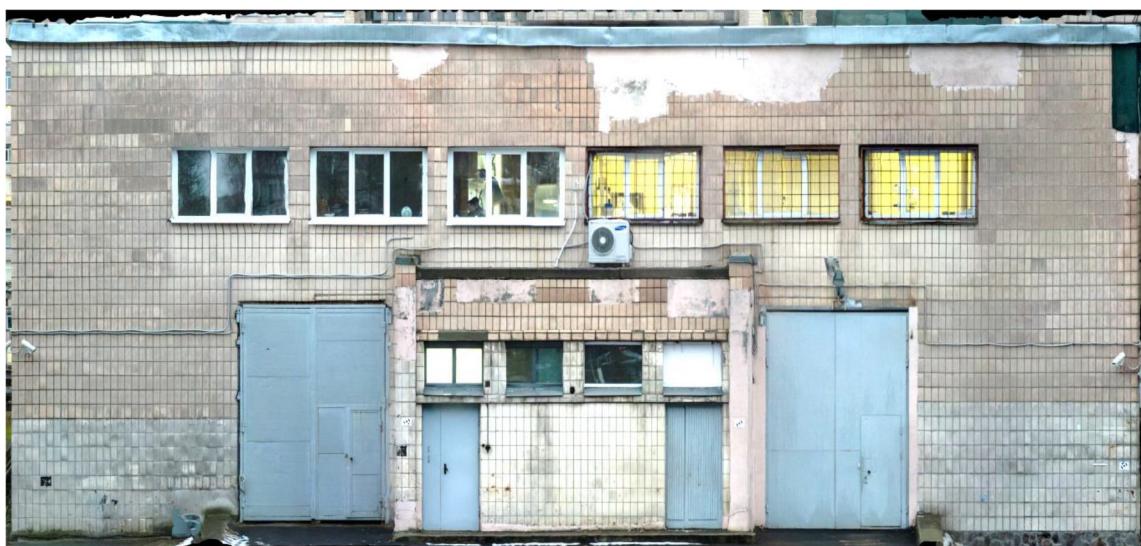


Рисунок 3.12- Ортофотоплан фасаду виробничої будівлі

Одним із способів подальшої обробки може бути так звана «плиткова модель». Модель являє собою тривимірну копію об'єкта (рис. 3.13), покриту

текстурою з високою роздільною здатністю, тобто практично зображує досліджуваний об'єкт (рис. 3.14) у віртуальному просторі. При роботі з будівлями і спорудами часто буває корисно виконати огляд такої моделі в камеральних умовах, тобто, не перебуваючи при цьому поруч з самим будовою.



Рисунок 3.13 - Житловий будинок в Україні



Рисунок 3.14 - Віртуальна «плиткова» модель будівлі для візуального огляду

Аерозйомка виконується під потрібними ракурсами (рис. 3.15). У свою чергу, ортофотоплан може бути виконаний не тільки в основній площині фасаду, але і під будь-якими кутами. Так, побудова ортофотоплану під кутом

в 45° (рис. 3.16) дозволяє досліджувати дефекти, що розвиваються на кутах будинку, або на перпендикулярних фасаду ділянках.



Рисунок 3.15 - Фотографія фасаду з дрона. Для побудови ортофотоплану фасаду виконуються знімки з різних ракурсів

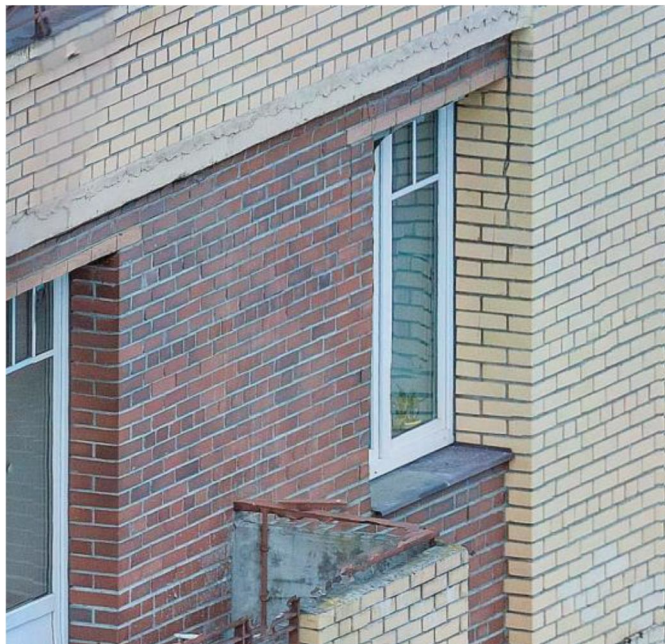


Рисунок 3.16- Фрагмент готового ортофотоплану фасаду під кутом. Видно вертикальну тріщину в простінку

Перевага такого підходу полягає в наочному поданні об'єкта в графічному вигляді. Суцільне зображення фасаду прискорює і полегшує роботу з дефектною картою, адже ортофотоплан вже є масштабною моделлю

частини будівлі, наприклад, фасадної стіни. За рахунок високого дозволу (до 1 мм на піксель) зображення виходить чітким і детальним, що допомагає розрізнити дефекти (рис. 3.17), а також зіставити їх з сусідніми (наприклад, осадові тріщини).

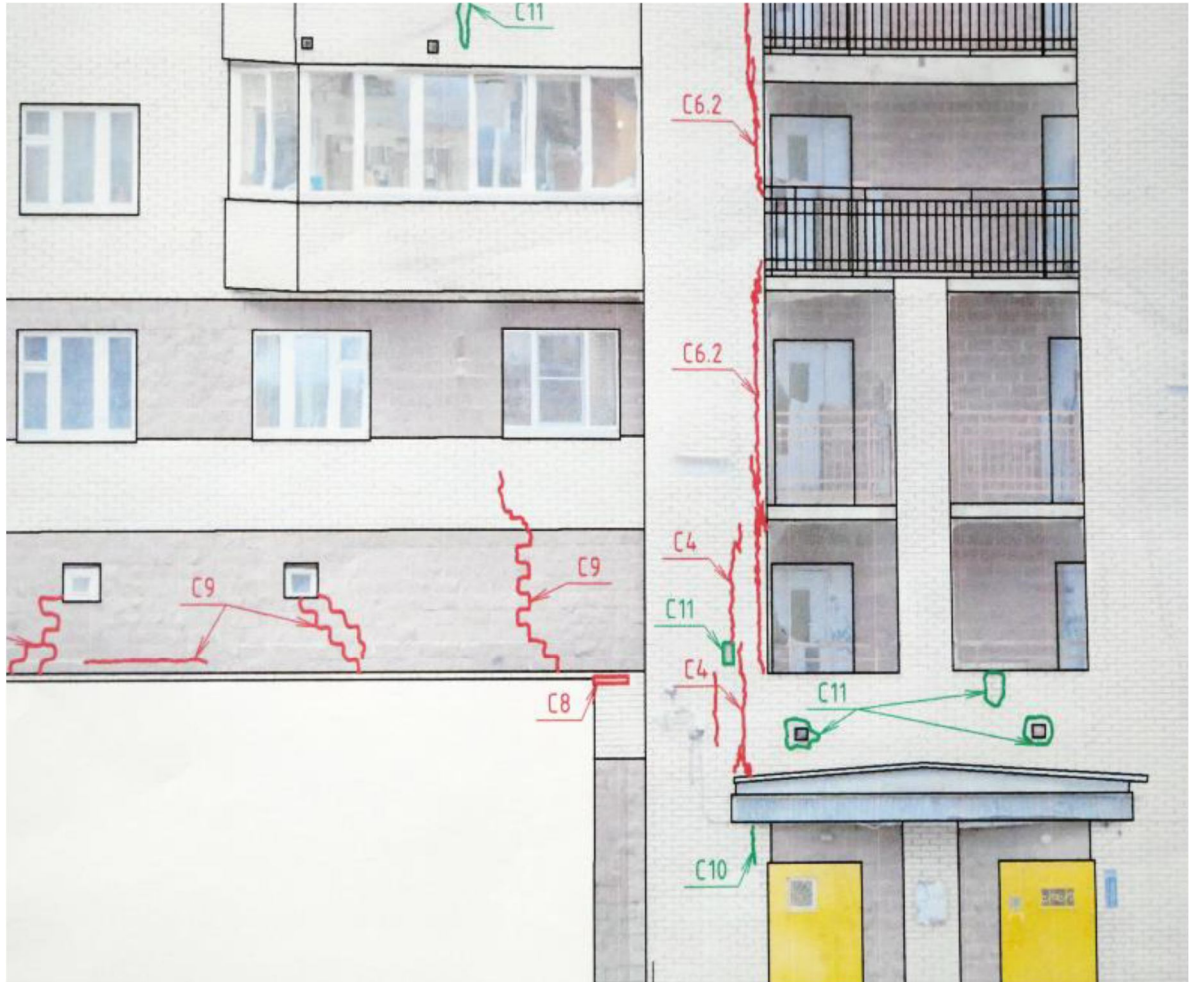


Рисунок 3.17 - Дефекти, нанесені на карту після класифікації

У разі застосування ортофотоплану в якості основи для карти дефектів і пошкоджень (рис. 3.18), стає можливим з високою точністю виміряти і підрахувати обсяги для кошторисного розрахунку, зокрема, кількість матеріалів для локального ремонту споруди.



Рисунок 3.18 - Карта дефектів і пошкоджень фасаду багатоквартирного будинку. Креслення виконаний на основі ортофотоплану в масштабі 1: 100

Опрацьована дефектна карта на основі ортофотоплану може бути передана в розробку проекту посилення або ремонту будівлі. Креслення з фотореалістичним зображенням об'єкта буде корисний на всіх етапах будівельного процесу, особливо при фасадних роботах (рис. 3.19). Майстер при роботі з фасадом зможе точно визначати місця установки конструкцій посилення або ділянки ремонту, орієнтуючись по зображенню стіни, наприклад, вважаючи по цеглинах.

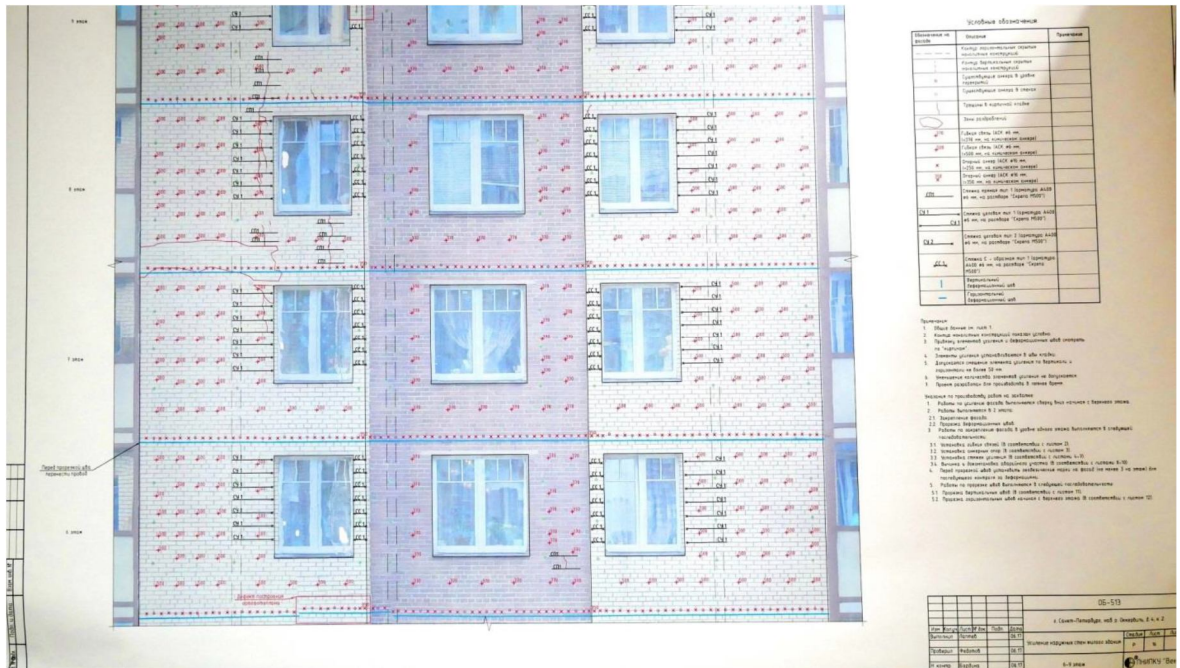


Рисунок 3.19 - Лист з проекту посилення фасаду житлового будинку.

Креслення на основі ортофотоплану

Тривимірна плиткова модель об'єкта може допомогти при необхідності уточнення зовнішнього вигляду фасаду на якій-небудь ділянці для поліпшення наочності сприйняття документації. Також вона може служити основою для лінійних вимірювань фрагментів фасаду.

У свою чергу, метод аерозйомки з фотограмметричної обробкою дозволяє оцінити якість виконаного ремонту, а також провести оцінку розташування конструкцій посилення та їх кількість. Метод може служити основним способом для розробки виконавчих схем та їх перевірки, зокрема, в процесі ведення технічного нагляду за будівельними роботами. Спеціаліст з нагляду може дистанційно контролювати обсяг виконаних робіт на недоступних ділянках фасаду. Ортофотоплан є зручним інструментом для обміну інформацією між будівельними організаціями. Деталізація хорошого ортофотоплану дозволяє розрізнити дрібні дефекти, а також визначити наявність конструкцій, наприклад, таких як хімічний анкер або скоба посилення кладки (рис. 3.20, 3.21).



Рисунок 3.20 - Приклад деталізації ортофотоплану



Рисунок 3.21 - Розстановка конструкцій посилення

Особливу увагу слід приділити можливості використання методу для ведення моніторингу за технічним станом будівель та споруд. Розглянемо це питання на прикладі моніторингу стану фасадів багатоквартирних будинків.

Традиційний підхід передбачає візуальне обстеження з розробкою карти дефектів фасаду. Також часто на тріщини встановлюються маяки, а на

конструкції кріпляться геодезичні марки для спостереження за деформаціями.

Однак, візуальне обстеження будівель вище 10-15 м утруднено без використання безпілотного апарату з камерою. Застосування дрона вирішує проблему видимості недоступних ділянок, а з оснащенням хорошою камерою стає можливим розпізнати і сфотографувати навіть слабо помітний дефект. Велика перевага несуть в собі ортофотоплани об'єктів: зіставляючи результати зйомок за тривалий період часу, можна робити висновки про розвиток ушкоджень споруд.

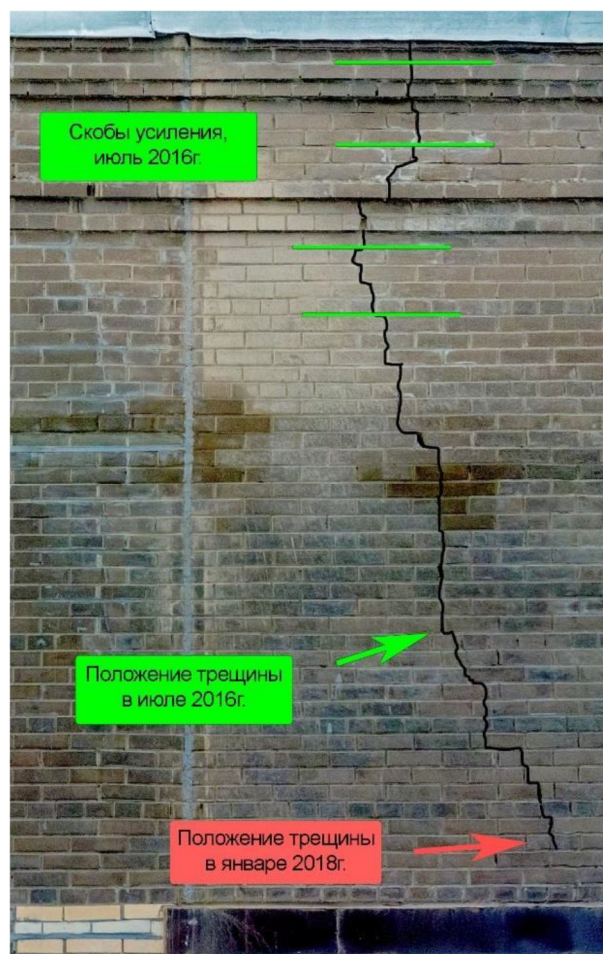


Рисунок 3.22 - Результат моніторингу за розвитком тріщини в стіні житлового будинку



Рисунок 3.23 - Спостереження за проблемною ділянкою цегляної кладки житлового будинку

Питання застосування фотограмметрії для точного спостереження за відносно малими деформаціями, такими як крен і відхилення, на думку авторів, на даний момент не є вирішеним. Для отримання достовірних даних про деформації будівель, особливо таких, як прогини горизонтальних несучих конструкцій, крен вертикальних споруд, випинання і нерівності стін потрібно істотно збільшити деталізацію на всіх етапах процесу. Точні фотограмметричні обчислення із застосуванням каліброваних камер, безліч ракурсів зйомки, великі фотографії в великій кількості - все це створить

великий обсяг даних, для обробки яких знадобляться дорогі ресурси і тривалий час. Разом з тим, великий ризик недостовірної обробки і, як наслідок, невірних значень відхилень і деформацій.

Проблеми польотів на БПЛА

Застосування безпілотних літальних апаратів передбачає високу кваліфікацію наземного пілота, в поєднанні зі спритністю, винахідливістю і накопиченим досвідом. Сам по собі політ квадрокоптера є ризикованим підприємством за такими критеріями, як:

1. Ризик падіння і пошкодження літального апарату.
2. Ризик пошкодження навколишнього майна, а також травм людей і тварин.
3. Негативний тлумачення процесу польоту і зйомки перехожими або мешканцями обстежуваного будівлі (реакція непередбачених людей може варіюватися від цікавості до різкого втручання в процес робіт).

Найважливішим фактором для польотів є погодні умови, особливо атмосферні опади і вітер. Рекомендується запускати апарат тільки при слабкому вітрі і під час відсутності дощу, снігу і туману. Серйозними перешкодами для повітряної зйомки можуть стати навколишні перешкоди, такі як дерева, дроти або троси, а також птиці. Високий шанс зіткнення з цими об'єктами зберігається навіть у тих БПЛА, які обладнані датчиками виявлення перешкод на відстані. Такі датчики, найчастіше, не здатні вловити перераховані перешкоди.

Значну групу проблем для управління являють собою неполадки, викликані погіршенням радіозв'язку між пультом управління і літальним апаратом. Такий вплив можуть надати перешкоди від антен будь-яких видів зв'язку, таких як GSM і Wi-Fi, особливо на частотах, близьких до частот радіозв'язку БПЛА. Загальна завантаженість ефіру спостерігається найчастіше саме в тих місцях, які піддаються обстеженню: багатоквартирні будинки, щогли, вишки і інші подібні об'єкти. Особливу увагу слід приділити перешкод, викликаним спеціальними пристроями для запобігання польотів

безпілотних апаратів в особливих зонах. Так, з кожним днем збільшується кількість районів з діючими «глушилками» або засобами для підміни GPS-координат. Ці пристрої негативно впливають не тільки на зв'язок дрона з оператором, але і на сам процес його польоту і орієнтування в повітряному просторі. Залежно від ситуації, що склалася, можливо неконтрольоване поведінка апарату, аж до улета або падіння, що приводить до повної його втрати.

Вимоги до зйомки фотографій

Що стосується умов фотозйомки об'єктів, то для отримання якісних знімків потрібно дотримати наступні умови:

1. Відсутність шлюбу на знімках, не допускаються помилки експозиції, а також змазування. Необхідно використовувати коротку витримку.
2. Широкий кут об'єктива покликаний захопити в кадр велику зону об'єкта. Дозвіл знімка також є ключовим параметром. Для високої деталізації застосовується якомога більшу роздільну здатність.
3. Обов'язково використовувати камеру, що забезпечує велику глибину різкості. Фотографованим поверхня повинна вийти чіткої і деталізованої, неприпустимий промах фокусування.
4. Зйомку для фотограмметричної обробки необхідно вести з великим перекриттям сусідніх фотографій.
5. Зйомка ведеться в світлий час доби. Небажано вести зйомку в умовах яскравого сонячного дня, так як наявний значний перепад яскравості між освітленими і тіньовими ділянками фасаду. Якнайкраще освітлення об'єкта досягається в світлу похмуру погоду, коли будівля рівномірно освітлене розсіяним світлом. Загальна якість зйомки камери повинно забезпечувати відсутність цифрових шумів на знімку. Дана умова ускладнює таку зйомку в регіонах з коротким світловим днем.

Нюанси фотограмметричної обробки

Алгоритм реконструкції тривимірних об'єктів з фотографій найкраще працює з цільними, непрозорими конструкціями, такими як стіни, дахи,

перекриття та колони будівель, промислових об'єктів циліндричної або прямокутної форми. Труднощі виникають при обробці таких об'єктів, де між основними контурами конструкцій на задньому плані видно фон. Такими конструкціями є перила сходів, різні огорожі, металеві каркаси і ферми і інші подібні споруди. Особливим випадком є що відображають і прозорі поверхні. Шибки, вітражі та інші поверхні з ефектом відображення, такі як металеві листи практично неможливо побудувати в тривимірному вигляді, так як під різними ракурсами на фотографіях відображається абсолютно різні відображення, і програма не може знайти спільні точки.

Фототріангуляція і побудова моделей є ресурсоемними обчисленнями і вимагають потужний персональний комп'ютер для зручної роботи з програмою. Дані можуть оброблятися із залученням потужностей декількох машин, а також на суперкомп'ютерах. Однак, моделі з середньою деталізацією можуть бути отримані і на аматорських системах, при цьому час обробки буде значним.

Обчислення в програмі Agisoft Photoscan виробляються на комп'ютерах, що є в розпорядженні фахівців з обстеження. Для забезпечення швидкого виконання великого обсягу робіт будуть потрібні вкладення в комп'ютерну техніку. Деякі інші програми роблять обробку силами сторонніх, віддалених обчислювальних машин, що належать розробнику програми, так званим «хмарним» сервісом. Однак в цьому випадку, найчастіше, клієнт може зіткнутися як з очікуванням в черзі на обробку, так і з обмеженнями на кількість завантажуваних даних і швидкість відправки.

Потужний комп'ютер потрібен не тільки на етапі фотограметричних обчислень. Робота з ортофотопланів, що мають великий дозвіл, стає важко здійснюваною на застарілих ПК. Візуалізація складної віртуальної моделі з великою деталізацією також вимагає запасу потужності. Незважаючи на ці умови, фактична сума інвестицій для самостійної роботи організації з безпілотним літальним апаратом і швидкої фотограметричної обробкою на

власних ресурсах оцінюється авторами як прийятна в порівнянні з середньостатистичною прибутком в сфері обстеження будівель і споруд.

3.2 Техніко-економічного обґрунтування доцільності застосуванні БПЛА

Для об'єктивної оцінки доцільності використання БПЛА у обстеженні будівель і споруд, необхідно порівняти витрати пов'язані з традиційними методами обстеження та з використанням інноваційних підходів.

Для початка, треба визначитися з моделлю літального пристрою, яким ми будемо користуватися. За даними багатьох спеціалізованих організацій на ринку України виокремлюються дві моделі БПЛА від виробника DJI Phantom 4 Pro V2.0 та Mavic 2 Pro (див. рис. 3.1). Для подальшого визначення економічного ефекту від використання БПЛА обстеження будівель і споруд оберемо Mavic 2 Pro через більшу мобільність, компактність та нижчу вартість (див. табл. 3.24).

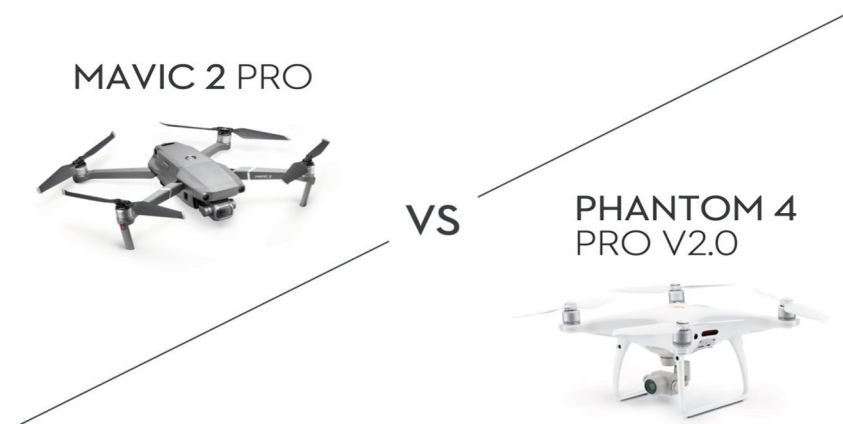


Рисунок 3.24 – Найвикористованіші БПЛА

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики БПЛА

	Phantom 4 Pro V2	Mavic 2 Pro
Вартість	60 000 грн	55 000 грн
Дизайн	Дизайн серії Phantom	Складений, компактний
Вага	1375 г	907 г
Розміри	251 x 398.78 x 172.2 мм	214 x 91 x 84 мм (в складеному)
Стабілізація	3-ох осевий підвіс	3-ох осевий підвіс
Відео	4К / 60fps при 100 Мбит /с	4К / 30fps при 100 Мбит /с
Камера	Механічний затвор, 1- дюймова матриця (CMOS), 20 МП	1-дюймова матриця (CMOS), 20 МП
Максимальна дальність	5 км	5 км
Час польоту	30 хв	30 хв
Датчики обльоту перешкод	у п'яти напрямках	у шести напрямках

Проведемо порівняння технологій обстеження на прикладі обстеження технічного стану будівлі. Для цього використаємо умовну модель п'ятиповерхового 1-секційного будинку серії 1-511 (див. рис. 3.25 – 3.26)



Рисунок 3.25 – Реальне зображення обстежуваної будівлі

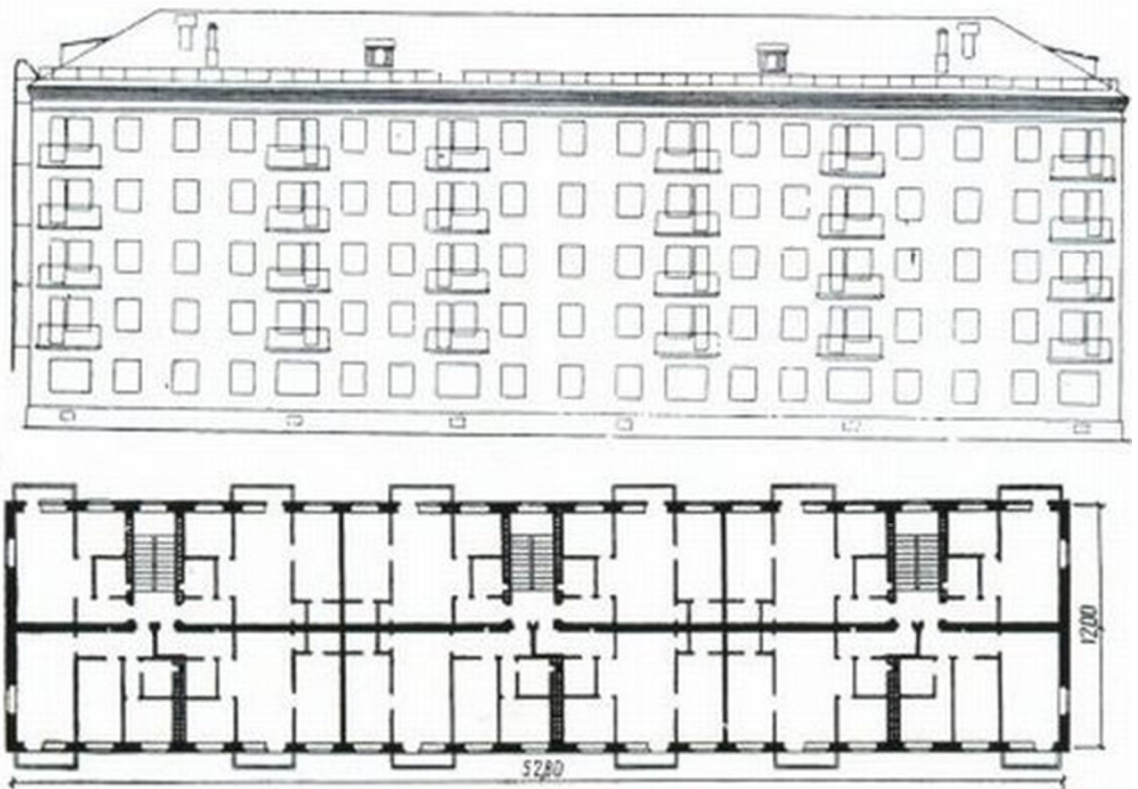


Рисунок 3.36 – План та фасад будинку 1- 511 серії

Для того щоб коректно оцінити вартість робіт скористаємося “Методичні рекомендації визначення вартості робіт з обстеження, оцінки технічного стану і паспортизації будівель і споруд” . Для скорочення розрахунків визначимо різницю між процесами, які мають принципову різницю у технології виконання робіт.

Визначення обсягів робіт по варіантам

Приймаємо, що загальний обсяг обстежуваної будівлі 10000 м³. Для початку обстеження потрібно визначити ланку працівників та перелік механізмів, які будуть використані для обстеження (див. табл.3.2-3.3).

Таблиця 3.2 - Машини і механізми, які застосовуються для обстеження

№ з/п	Найменування робіт	Найменування та марка механізму (машини)	
		I	II
1	Обстеження, обміри, зарисовки і визначення місць розкриття конструкцій.	Безпілотний літальний пристрій Mavic 2 Pro	Прилад для вимірювання довжини (рулетка, дальномір), бінокль, фотоапарат
2	Огляд зовнішніх і внутрішніх стін, виявлення деформацій та інших видимих дефектів стін і кладки, огляд розкритих конструкцій.	Безпілотний літальний пристрій Mavic 2 Pro	Прилад для вимірювання довжини (рулетка, дальномір), бінокль, фотоапарат

Таблиця 3.3 - Трудові ресурси

№ з/п	Найменування робіт	Склад ланки по варіантах	
		I	II
1	Попередній огляд об'єкта з метою виявлення дефектів, пошкоджень,	Інженер з обстеження будівель і споруд I кат.-1	Інженер з обстеження будівель і споруд I кат.-1

	відхилень від проекту.		Шкат. - 1
2	Обстеження, обміри, зарисовки і визначення місць розкриття конструкцій.	Інженер з обстеження будівель і споруд I кат.-1	Інженер з обстеження будівель і споруд I кат.-1 Шкат. - 1
3	Огляд зовнішніх і внутрішніх стін, виявлення деформацій та інших видимих дефектів стін і кладки, огляд розкритих конструкцій.	Інженер з обстеження будівель і споруд I кат.-1	Інженер з обстеження будівель і споруд I кат.-1 Шкат. - 1
4	Виконання схем та ескізів дефектів конструкцій.	Інженер з обстеження будівель і споруд I кат.-1	Інженер з обстеження будівель і споруд I кат.-1 Шкат. - 1
5	Складання технічного висновку.	Інженер з обстеження будівель і споруд I кат.-1	Інженер з обстеження будівель і споруд I кат.-1 Шкат. - 1

Визначимо вартість робіт з обстеження будівель і споруд за наступною формулою:

$$Дц = \frac{[T_{зт} \cdot Z_{ф} \cdot (1+B+B) + M] \cdot (1+П)}{1-\Gamma} x (1 + ПДВ); \quad (3.1)$$

де $T_{зт}$ – трудовитрати див. таблиця
 $Z_{ф}$ - середньогодинна зарплата фахівця, грн.;

B - обов'язкові відрахування, які визначаються від фонду оплати праці, в частинах одиниці.

$$B = п + с; \quad (3.2)$$

де $п$ - відрахування до пенсійного фонду;

$с$ - відрахування до фонду соціального забезпечення.

B - інші витрати, які визначаються від фонду оплати праці, в частинах одиниці

$$B = н + б \quad (3.3)$$

де $н$ - накладні витрати,

$б$ - банківське обслуговування.

M - матеріальні і прирівняні до них витрати.

$$M = в + а + у; \quad (3.4)$$

де $в$ - витрати на відрядження, грн.;

$а$ - амортизація приладів, лабораторного обладнання тощо, грн;

$у$ - інші витрати за розрахунком, грн. (за необхідності).

$П$ - планові нагромадження, в частинах одиниці (за домовленістю із замовником).

Γ - витрати, які визначаються від обсягу реалізації робіт, в частинах одиниці, відповідно

до постанови.

$$\Gamma = д + і, \quad (3.5)$$

де $д$ - відрахування на розвиток доріг;

$і$ - відрахування в Державний інноваційний фонд.

Визначення трудовитрат на виконання робіт з обстеження викладене в таблиці 3.4 .

Таблиця 3.4 – Калькуляція трудомісткості робіт по обстеженню будівлі традиційним методами

№ з/п	Найменування робіт	Нормативний вимірник	Кількість	Трудомісткість*, люд.-год.
1	Попередній огляд об'єкта з метою виявлення дефектів, пошкоджень, відхилень від проекту.	5000м ³	2	54,4
2	Обстеження, обміри, зарисовки і визначення місць розкриття конструкцій.	5000м ³	2	17
3	Огляд зовнішніх і внутрішніх стін, виявлення деформацій та інших видимих дефектів стін і кладки, огляд розкритих конструкцій.	100м ²	60	754,8
4	Виконання схем та ескізів дефектів конструкцій.	5000м ³	2	13,6
5	Складання технічного висновку.	5000 м ³	2	20,4

Визначаємо вартість виконання робіт по обстеженню будівлі:

$$Дц = \frac{[860,2 \cdot 70 \cdot (1+0,2+0,2)+1000] \cdot (1+0)}{1-0,1} \times (1 + 0,2) = 114\,000 \text{ грн}$$

На сьогоднішній день важко визначити норму часу для обстеження будівель і споруд засобами БПЛА. Але впевнено можна стверджувати що використання БПЛА для візуального обстеження будівель і споруд значно знижує трудомісткість робіт.

Визначимо дослідницьким шляхом за який час інженер з обстеження будівель може вже повністю обійти периметр житлового будинку, роблячи фотографії фасадів.

Периметр будинку дорівнює 54 м, Швидкість людини 1 м/с При звичайній ходьбі, прийму до уваги те що Інженер повинен робити фото через певну однаково відстань, кожні 5 м, зупинка та фотографування займає приблизно 10 секунд. В результаті отримуємо 3 хвилини.

Ті ж самі операції повторюємо з використанням дрону. запуск дрона і приземлення займає приблизно 10 секунд, Дрон може рухатись зі швидкістю 5 м/с та при цьому робити фото через кожні 5 м належної якості. отримує за 30 секунд.

Різниця в 6 разів у швидкості виконання роботи, тобто можемо прийняти, що трудомісткість робіт вказаних у таблиці може бути зменшена у 6 разів, але буде збільшена вартість амортизації приладів, через високу вартість дрона.

Розрахуємо вартість обстеження з виконанням БПЛА:

$$D_{ц} = \frac{[145 \cdot 70 \cdot (1 + 0,2 + 0,2) + 3000] \cdot (1 + 0)}{1 - 0,1} \cdot (1 + 0,2) = 23\,000 \text{ грн}$$

За результатами спрощеного розрахунку вартості робіт по обстеженню добре видно, що технологія використання БПЛА більш вигідна.

Щоб коректно оцінювати використання БПЛА оцінимо доцільність інвестицій по придбанню обладнання та інших похідних для проведення обстеження будівель і споруд.

1. Капітальні вкладення

Капітальні вкладення в обстеження будівель і споруд , складають
 $C_0 = A + B + C$,

де А- вартість обладнання (дрон, камера та інше);

В – вартість ПЗ для збирання та обробки даних з БПЛА (річна підписка) ;

С – вартість навчання оператора дрону принципам керування літальним пристроєм (Інженера з обстеження будівель і споруд).

$$C_0 = 55000 + 30000 + 30000 = 115\ 000 \text{ грн}$$

2. Обґрунтування можливого валового доходу

Будемо вважати, що за 1 місяць є можливість проводити обстеження 3-4 будівель або споруд різних типів та призначень. Будемо вважати, що валовий місячний дохід складатиме 300 000 грн.

Валовий дохід за вирахуванням ПДВ складе $GI = 300000 \times 5 \square\square 6 = 250\ 000$ грн. на місяць, або $250\ 000 \times 12 = 3\ 000\ 000$ грн на рік.

3. Поточні витрати

Складемо калькуляцію витрат по обстеження будівель і споруд на 1 м^3 користуючись досвідом аналогічних підприємств щодо витрат матеріалів, електроенергії, витрат на транспортування.

Заробітну плату одного робочого приймаємо в середньому 10 000 грн на місяць. При роботі 10 робочих протягом 12 місяців витрати на заробітну плату будуть складати $10 \times 12 \times 10000 = 1200000$ грн, а в перерахуванні на одиницю обсягу обстежуваної будівлі $1200000 : 30000 = 40$ грн на 1 м^3 , де 30000 річний обсяг обстежуваних будівель у м^3 .

У складі собівартості необхідно передбачити амортизаційні відрахування. Розрахуємо їх приблизну величину. У відповідності до прийнятого у країні методу амортизації у групі обладнання для обстеження будівель (річна норма амортизації 15%). Розрахуємо амортизаційні відрахування за перші 5 років (амортизація кожного року нараховується на залишкову балансову вартість). Результати розрахунків представлені у таблиці 3.5 .

Таблиця 3.5 – Амортизаційні відрахування

Рік від початку експлуатації	Залишкова вартість, грн.	Норма амортизації	Сума амортизації, грн.
1	55000	15%	8250
2	46750	15%	7013
3	39737	15%	5960
4	33 777	15%	5066
5	28710	15%	4306

Для урахування у складі собівартості приймаємо амортизаційні відрахування у середньому на 1 м³ обсягу робіт $30595 : 30000 = 1$ грн/м³

Результати розрахунку заводської собівартості представлені у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Калькуляція витрат на 1 м³ обсягу виконаних робіт

Витрати	Одиниця вимірювання	Вартість, грн.
1	2	3
Електроенергія для ПК, та дронів	кВт	1,68
Заробітна плата	грн	40
Нарахування на з/п	20%	8
Транспортно-заготівельні витрати	3,9 %	1,56
Усього прями витрати	грн	51,24
Загальнозаводські витрат	грн	11
Амортизація	грн	1
Загальна вартість	грн	51,24

Загальні витрати на 30000 м³ обстеженої будівлі 51,24 x 30 000 = 1 537 200 грн.

Для непербачених витрат та обслуговування обладнання для обстеження розраховуємо величину оборотного капіталу. Величину його порахуємо мінімум 10% від валового доходу, тобто 3 000 000 x 0,1 = 30 000 грн.

Обґрунтування доцільності інвестицій.

1. Розрахунок простого терміну окупності

Для розрахунку грошового припливу проекту, який у даному випадку буде складатись з чистого прибутку й амортизації, необхідно розрахувати річне значення чистого прибутку.

Таблиця 3.7 – Розрахунок річного прибутку

Показник	Позначення	Порядок визначення
1	2	3
Валовий дохід від реалізації продукції або послуг	GI	3 000 000 грн.
Собівартість продукції (зурахуванням амортизації) або операційні витрати	S	1 537 200 грн.
Прибуток до відрахування податків і відсотків по боргах	GP	$GP = GI - S = 1\,462\,800$ грн
Податок на прибуток	IT	30% від GP = 900 000 грн
Чистий прибуток	NP	$NP = GP - IT = 562\,800$ грн

Розрахунок простого терміну окупності наведений у таблиці 3.8 .

Розрахунок показує, що простий термін окупності без урахування знецінення грошей у часі складає 1 рік, що не перевищує 5 років і показує можливість подальшого розгляду проекту.

Таблиця 3.8 – Розрахунок простого терміну окупності

Період, роки	Величина інвестицій, грн	Чистий прибуток, грн.	Амортизація, грн.	Грошовий приплив (доход) проекту, грн.	Грошовий приплив від початку відліку, грн.
0	- 115 000				
1		562 800	8250	571050	571 050
2		562 800	7013	569 813	1 140 863
3		562 800	5960	568 760	1 709 623
4		562 800	5066	567 866	2 277 489
5		562 800	4306	567 106	2 844 595

2. Проста норма прибутку

Розраховується як відношення чистого прибутку за рік ($NP = 562\,800$ грн.) до загального обсягу інвестиційних витрат (капітальних вкладень) ($C_0 = 115\,000$ грн)

$$SRR = NP/C_0 = 562\,800/115\,000 = 4,89$$

Середній рівень доходності для об'єктів середньої інвестиційної привабливості, складає 489%. Проста норма прибутку перевищує середній рівень доходності, отже проект може бути інвестиційно привабливим.

Отже усі розглянуті критерії перевірки доцільності інвестицій показали, що проект по використанню обстеження будівель і споруд з використанням БПЛА може бути реалізований.

ВИСНОВКИ

За результатами проведеного аналізу науково-технічних літературних джерел ми отримуємо реальну картину становища виконання робіт по обстеженню будівель і споруд.

Спираючись на іноземні приклади виконання робіт по обстеженню, що дає можливість отримати об'єктивну оцінку застосування БПЛА в обстеженні будівель і споруд. Але це не дає можливість з 100 відсотковою ймовірністю стверджувати, що технологія обстеження будівель і споруд буде доцільна в Україні. Тонкощі дотримання норм законодавства країни та складність у керуванні БПЛА, обробці даних з БПЛА, та коректному оцінюванні ставлять під загрозу ефективну технологію виконання робіт.

Проведення розрахунків по визначенню техніко-економічної ефективності показують, що проект по впровадженню є доцільним та прибутковим.