

УДК 624.05

І.А. Шатрова,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0002-3566-8794

О.О. Демидова,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0003-4736-1535

І.С. Мальонкіна,

магістрант

ORCID: 0009-0004-9499-8402

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ЛІКВІДАЦІЯ НАСЛІДКІВ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ В УКРАЇНІ: ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОБСТЕЖЕННІ ПОШКОДЖЕНИХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Дане дослідження має на меті розглянути вдосконалення методів технічного обстеження в умовах воєнного конфлікту. Враховуючи фактор безпеки людей у процесі обстеження, здійснено пошук оптимальних методів та технологій для збирання та аналізу даних, зокрема розглядається застосування сучасних технологій таких як безпілотні літальні апарати (БПЛА) та геоінформаційні систем (GIS). Використання дронів дозволяє швидко та ефективно проводити обстеження важкодоступних місць та збирати високоякісні дані про пошкодження. Інтеграція БПЛА з GIS забезпечує системне уявлення масштабних проблем руйнувань та допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо ліквідації наслідків збройної агресії. Незважаючи на переваги використання цих технологій, слід враховувати їхні обмеження. Комбінування різних методів обстеження дозволяє отримати найбільш повну та точну інформацію про стан будівель і споруд, що є ключовим у прийнятті рішень щодо відновлення та реконструкції постраждалих територій. В процесі дослідження було розглянуто практичне використання даних технологій в рамках проекту «Rebuild ua», завдяки якому було оцифровано основні руйнування Чернігівської, Сумської, Київської областей. Використання безпілотних літальних апаратів у поєднанні з геоінформаційними технологіями дозволяє систематизувати, проаналізувати, отримати візуальну інформацію та зображення з геометричними даними, що спрощує процес оцінювання збитків та прийняття рішень під час процедури обстеження. GIS технології також здатні забезпечували можливість аналізу географічних даних, візуалізації пошкоджень на карті, визначити місцезнаходження пошкоджених об'єктів та оцінити їхні збитки. Інтеграція GIS технологій й безпілотних літальних апаратів разом з іншими системами дозволяє спростити прийняття рішень щодо пріоритетів ліквідації та відновлення.

Ключові слова: *технічне обстеження, геоінформаційні системи, ліквідація наслідків збройної агресії, безпілотні літальні апарати.*

Постановка проблеми. Питання актуальності теми ліквідації наслідків збройної агресії російської федерації проти України характеризується реаліями

воєнного часу, агресією та збитками, що щоденно спричинюються на території України внаслідок бойових дій. З метою ліквідації наслідків, пов'язаних з пошкодженням будівель і споруд, а також для прийняття подальших рішень щодо відновлення чи демонтажу таких об'єктів, необхідно здійснити обстеження. Одним з видів обстежень, що передбачає українське законодавство є технічне обстеження. Його проведення дозволяє оцінити відповідність технічного стану об'єктів відповідно до основних вимог надійності та безпеки. Водночас в нинішніх умовах проведення обстеження, пріоритетним фактором і викликом в роботі фахівців є питання безпеки, ефективності, оперативності проведення таких заходів. Саме тому, використання сучасних методів і технологій фахівцями будівельної галузі здатне найбільш врахувати та забезпечити усі ці ключові фактори. Таким чином, проблематика дослідження полягає в тому, як ефективно використовувати сучасні технології для обстеження пошкоджених об'єктів та вжиття необхідних заходів для їх відновлення або демонтажу, які є найбільш ефективні і найбезпечніші методи та технології для технічного обстеження, для використання в умовах воєнного конфлікту. Отже, основні аспекти проблематики, які розглядаються у даній статті, включають потребу у вдосконаленні методів ліквідації наслідків збройної агресії у питанні безпеки і ефективності обстежень у воєнних умовах, а також використання сучасних технологій у будівельній галузі для розв'язання цих проблем.

Аналіз попередніх наукових досліджень. У роботі [1] зроблено аналіз сучасних методів проведення контролю технічної експлуатації будівель і споруд, зокрема використання методики математичного, комп'ютерного моделювання. Робота [2] присвячена дослідженням використання безпілотних літальних апаратів при обстеженні будівель і споруд, а також проведено порівняння основних моделей безпілотних літальних апаратів.

Мета роботи. Дослідження використання сучасних технологій з метою ліквідації наслідків збройної агресії рф, зокрема під час обстеження зруйнованих будівель і споруд.

Виклад основного матеріалу. Однією з пріоритетних задач, що стоїть перед місцевим самоврядуванням та громадянами під час повномасштабного вторгнення та збройної агресії рф це ліквідація наслідків, в тому числі в частині фіксації руйнувань для ліквідації наслідків бойових дій та відновлення інфраструктури населених пунктів в умовах воєнного стану. До аварійно-відбудовних чи аварійно-ремонтних робіт та інших першочергових відновлювальних заходів належить процедура проведення обстеження зруйнованих та пошкоджених будівель і споруд.

Метою проведення обстеження будівлі чи споруди є визначення фактичного технічного стану такого об'єкта в цілому та його елементів, зокрема встановлення кількісних показників якості конструкцій для прийняття рішення щодо знесення чи відновлення шляхом капітального, поточного ремонту чи реконструкції. Відповідно до пункту 6 Порядку виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії російської федерації, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19 квітня 2022 р. № 473, визначають комісійне та технічне обстеження. Технічне обстеження, на відміну від комісійного, здійснюють виконавці робіт, які пройшли відповідну професійну атестацію та отримали кваліфікаційні сертифікати на право виконання робіт [4].

Відповідно до ДСТУ Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану» [5] обстеження технічного стану здійснюється у три етапи:

- підготовка до проведення обстеження;
- попереднє (візуальне) обстеження;
- Детальне (інструментальне) обстеження.

На кожному з даних етапів є актуальним питання застосування сучасних технологій з метою забезпечення безпеки та ефективності збирання, систематизації та аналізу даних, оптимізації використання ресурсів та зменшення втрат. У різних процесах технічного обстеження деякі сучасні технології здатні забезпечити якісне отримання інформації в складних, важкодоступних умовах. Реальним рішенням на етапі візуального (попереднього) або основного етапу обстеження є використання безпілотних літальних апаратів (дронів). Дрони на практиці виявилися надзвичайно корисними в обстеженні важкодоступних місць, таких як зруйновані будівлі, підтоплені райони або зони з обмеженим доступом через ризик для людей. З їх використанням можна отримати візуальну інформацію та зображення з геометричними даними, що спрощує процес оцінювання збитків та прийняття рішень під час процедури обстеження. Дрони також можуть бути корисні для пошуку людей, які можуть опинитися у складних ситуаціях під завалами, що необхідно на першочергових заходах з ліквідації наслідків. Разом з тим, при технічному обстеженні можливе порушення рівноваги обвалених конструкцій, які втратили свої технічні характеристики за граничними станами, можливе захарачення підходів до частин об'єкту уламками, будівельним сміттям, недостатніми габаритами для руху. Також, дрони можуть бути використані для моніторингу підтоплених районів та ідентифікації місць, які можуть бути недоступні через небезпеку.

Питання технічного обстеження будівель і споруд за допомогою безпілотних літальних апаратів було досліджено О. Гураль [1]. У роботі було проаналізовано можливості, переваги використання БПЛА на прикладі обстеження цегляної димової труби. Автор зробив висновки, що саме використання технології дронів дозволило йому при обстеженні збільшити точність та ефективність зібраних даних, зменшити вартість робіт та мінімізувати використання людських ресурсів, забезпечуючи цим безпеку проведення обстеження.

Практичне використання даної технології дронів також було застосовано в рамках проєкту «Rebuild UA», що мав на меті візуалізувати та проаналізувати зруйновану інфраструктуру України. Як результат, було оцифровано руйнування понад сорока тисяч зруйнованих та пошкоджених будівель і споруд. Робота полягала у створенні ортофотопланів, що стали основою карт, де створено шари відображення руйнувань за ступенем тяжкості, видом будівель та їх цільовим призначенням. Тобто цей процес хоч і не був частиною саме технічного обстеження, однак дозволив оцінити орієнтовний рівень та характер руйнувань, з метою подальшого більше детального обстеження.

На прикладі міста Тростянець Сумської області, дрони було застосовано для візуального обстеження, що дозволило умовно розподілити усі пошкоджені об'єкти за типами руйнувань для подальшого комісійного чи технічного обстеження. На рис. 1 наведені тези методології рівня руйнувань, що були застосовані в рамках даного проєкту.



Рис. 1. Методологія визначення рівнів руйнації з використанням в рамках проекту «Rebuild ua» [6]

В даному випадку серед переліку застосування сучасних технологій процесу обстеження можна виділити не лише використання БПЛА, а й впровадження геоінформаційних систем (GIS): GIS технології забезпечували можливість аналізу географічних даних та візуалізації пошкоджень на карті. Завдяки цій технології можна було точно визначити місцезнаходження пошкоджених об'єктів та оцінити їхні збитки. На прикладі міста Тростянець загальні збитки було оцінено 104,17 млн доларів. На рис. 2 наведено загальну суму збитків за видами будівель.

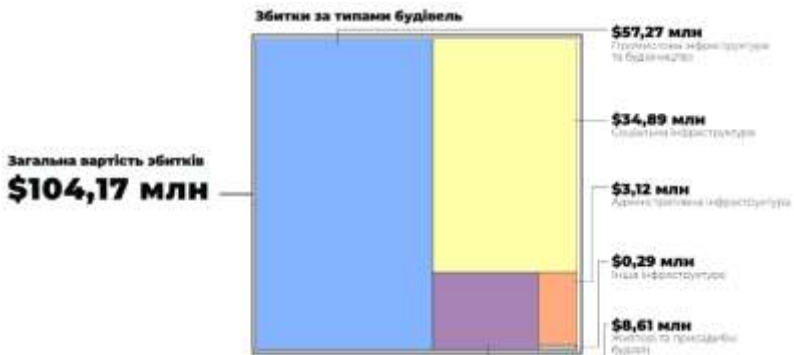


Рис. 2. Оцінка завданих збитків місту Тростянець в рамках проекту «Rebuild ua» [6]

Інтеграція GIS технологій й дронів разом з іншими системами дозволяє забезпечити доступ до актуальних географічних даних щодо стану міст, категорій будівель і спростити прийняття рішень щодо пріоритетів ліквідації та відновлення.

Ці приклади демонструють важливість та ефективність використання сучасних технологій у ліквідації наслідків збройної агресії та відновленні постраждалих територій.

Водночас, з метою систематизації інформації щодо використання сучасних технологій в процесі ліквідації наслідків збройної агресії розглянемо переваги та недоліки кожного з цих видів.

У використанні дронів перевагами є швидкість і ефективність: Дрони можуть швидко пролітати над великими територіями та здійснювати високоякісне зображення. Це дозволяє швидко отримувати інформацію про пошкодження будівель та споруд. Також завдяки ним, можна отримати доступ до важкодоступних місць, щоб дослідити об'єкти, які важко або небезпечно дістатися. Разом з тим, оператор дрона може знаходитися на відносно далекій відстані від об'єкта дослідження (до декількох сотень метрів.), що дозволяє зберігати безпеку і заздалегідь приймати коректні рішення.

Серед невеликого ряду недоліків використання технології дронів можна виділити обмеженість часу польоту: Більшість БПЛА мають обмежений час польоту, що може бути проблемою для великих об'єктів або територій. Також існує залежність від погодних умов: такі як сильний вітер або дощ, можуть ускладнити або унеможливити політ дрона.

Використання технології дронів в інтеграції з роботою геоінформаційних систем посилює переваги застосування. Така інтеграція систем здатна забезпечити системне бачення масштабних проблем руйнувань, дозволяє отримати інформацію для систематизації та аналізу з метою прийняття подальших рішень щодо будівель і споруд. Однак, зворотною стороною є складність використання та потреба у великій кількості даних. Для ефективного використання GIS потрібна велика кількість вхідних даних, які можуть бути вартісними та складними у зборі.

Враховуючи ці переваги та недоліки, важливо використовувати різні технології в комбінації з іншими методами обстеження для отримання найбільш повної та точної інформації про стан будівель і споруд.

Висновки. Підсумовуючи виклад наведених мною тверджень, варто відзначити, що належне технічне обстеження, є ключовим етапом для прийняття раціональних рішень щодо можливості подальшої експлуатації, необхідності поточних чи капітальних ремонтів об'єкта, реконструкції або демонтажу. У дослідженні були наведені особливості використання сучасних технологій, зокрема використання безпілотних літальних апаратів в інтеграції використання геоінформаційних систем. В роботі було систематизовано переваги та недоліки

У процесі подолання наслідків збройної агресії та відновлення інфраструктури в Україні дослідження сучасних технологій відіграє вирішальну роль у контексті ліквідації наслідків збройної агресії та відновлення інфраструктури на території України. Дане дослідження спрямоване на вдосконалення методів технічного обстеження в умовах воєнного конфлікту, приділяючи пріоритет безпеки людей та пошуку оптимальних і безпечних методів та технологій для збирання та аналізу даних.

Попередні наукові дослідження в цій області вже проведені, вони охоплюють вивчення сучасних методів оцінки стану функціональності будівель і споруд, використання безпілотних літальних апаратів для геодезичних цілей та оцінку різних моделей дронів. Проте, необхідні подальші дослідження, зокрема, щодо оптимальності і ефективності використання дронів та інших сучасних технологій у складних умовах військового конфлікту.

Основною метою даного дослідження є визначення шляхів застосування сучасних технологій у процесі ліквідації наслідків збройної агресії, зокрема дронів для обстеження зруйнованих будівель і споруд. Враховуючи важливість цієї проблематики та потребу у швидкій і ефективній ліквідації наслідків воєнних дій, таке дослідження стає актуальним та має значний практичний потенціал для подальшого використання в сфері будівництва.

Список літератури:

1. Білошицька Н., Татарченко З., Ревека, А., Лобко Д. Аналіз сучасних методів проведення технічного обстеження будівель та споруд. *Містобудування та територіальне планування*, 2022, 79, 45–56. DOI: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2022.79.45-56>
2. Гураль О.О. Технічне обстеження будівель і споруд за допомогою безпілотних літальних апаратів: кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю „192 Будівництво та цивільна інженерія“. Тернопіль: ТНТУ, 2022. 70 с.
3. Методика проведення обстеження та оформлення його результатів: Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 06 серпня 2022 року № 144. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0898-22#Text>.
4. Порядку виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії російської федерації: Постанова Кабінету Міністрів України від 19 квітня 2022 р. № 473. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/473-2022-%D0%BF#Text>
5. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. [Чинний від 2017-04-01]. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=65833
6. Тростянець. Спустошене місто з понівеченою інфраструктурою. URL: <https://rebuildua.net/trotyanets>
7. Юхименко, К., Писаренко, Н. Нові ринки для використання БПЛА в умовах надзвичайних ситуацій. *XIV Міжнародна науково-практична конференція "B2B MARKETING"*. 2020. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/33616>.
8. Іщенко В.С. Система керування БПЛА. ББК 32.97 Т11. 2016. 155 с.
9. Луцький М. Розвиток міжнародного регулювання та нормативної бази використання безпілотних літальних апаратів. *Вісник НАУ*, 2015, № 4, С. 5–14.
10. Cefalo R., Zieliński J.B., Barbarella M. *New Advanced GNSS and 3D Spatial Techniques: Applications to Civil and Environmental Engineering, Geophysics, Architecture, Archeology and Cultural Heritage*. Luxemburg: Springer, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-56218-6
11. Kilby T., Kilby B. *Getting Started with Drones: Build and Customize Your Own Quadcopter*. USA: Maker Media, 2016.
12. Toro F.G., Tsourdos A. *UAV Sensors for Environmental Monitoring*. Switzerland: MDPI, 2018. 64 p.
13. Reg Austin. *Unmanned Aircraft systems; UAVS Design, Development and Deployment*. A John Wiley and Sons, Ltd. Publication 2010. 332 p.
14. Civil Aviation Safety Authority, Australia. "Unmanned Aircraft and Rocket Operations": CASR Part 101. Australia: CASR, January 2003. 56 p.

References:

1. Biloshytska, N., Tatarchenko, Z., Reveka, A., & Lobko, D. (2022). Analysis of modern methods of technical inspection of buildings and structures. *Urban Planning and Territorial Planning*, 79, 45-56. DOI:10.32347/2076-815x.2022.79.45-56
2. Gural, O.O. (2022). Technical inspection of buildings and structures using unmanned aerial vehicles: master's thesis in the specialty "192 Construction and Civil Engineering". Ternopil: TNTU. 70 p.
3. Methodology for conducting the survey and drawing up its results: Order of the Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine dated August 6, 2022 No. 144. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0898-22#Text>.
4. The procedure for the implementation of urgent works related to the liquidation of the consequences of the armed aggression of the Russian Federation: Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine of April 19, 2022 No. 473. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/473-2022-%D0%BF#Text>.
5. DSTU N B V.1.2-18:2016. Guidelines for the inspection of buildings and structures to determine and assess their technical condition. [Effective from 2017-04-01]. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=65833
6. Trostyanets. Spustoshene misto z ponivechenoyu infrastrukturoyu. URL: <https://rebuildua.net/trostryanets>
7. Yukhymenko, K., Pisarenko, N. (2020). New markets for the use of UAVs in emergency situations. *XIV International Scientific and Practical Conference "B2B MARKETING"*. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/33616>
8. Ishchenko, V.S. (2016). UAV Control System. BBK 32.97 T11. 155s.
9. Lutskiy, M. (2015). Development of international regulation and regulatory framework for the use of unmanned aerial vehicles. *NAU Bulletin*, 4, 5-14.
10. Cefalo, R., Zieliński, J.B., Barbarella, M. (2017). *New Advanced GNSS and 3D Spatial Techniques: Applications to Civil and Environmental Engineering, Geophysics, Architecture, Archeology and Cultural Heritage*, Luxemburg: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-56218-6
11. Kilby, T., Kilby, B. (2015). *Getting Started with Drones: Build and Customize Your Own Quadcopter*, USA: Maker Media.
12. Toro, F.G., Tsourdos, A. (2018). *UAV Sensors for Environmental Monitoring*, Switzerland: MDPI, 64 p.
13. Reg, Au. (2010). *Unmanned Aircraft systems; UAVS Design, Development and Deployment*. A John Wiley and Sons, Ltd. Publication. 332 p.
14. Civil Aviation Safety Authority, Australia. "Unmanned Aircraft and Rocket Operations": CASR Part 101. Australia: CASR, January 2003. 56 p.

I.A. Shatrova, O.O. Demydova, I.S. Malonkina

Elimination of the consequences of armed aggression in Ukraine: application of modern technologies in the inspection of damaged buildings and structures

This study aims to consider the improvement of technical inspection methods in the context of military conflict. Taking into account the factor of human safety in the survey process, the search for optimal methods and technologies for data collection and analysis is carried out, in particular, the use of modern technologies such as unmanned aerial vehicles (UAVs) and geographic information systems (GIS) is considered. The use of drones allows for quick and efficient surveys of hard-to-reach areas and the

collection of high-quality damage data. The integration of UAVs with GIS provides a systematic view of large-scale destruction problems and helps to make informed decisions on how to address the consequences of armed aggression. Despite the advantages of using these technologies, their limitations should be taken into account. The combination of different survey methods allows to obtain the most complete and accurate information about the condition of buildings and structures, which is key in making decisions on the restoration and reconstruction of the affected areas. The study examined the practical use of these technologies within the framework of the Rebuild ua project, which digitized the main destructions in Chernihiv, Sumy, and Kyiv regions. The use of unmanned aerial vehicles in combination with geographic information technologies allows to systematize, analyze, obtain visual information and images with geometric data, which simplifies the process of damage assessment and decision-making during the survey procedure. GIS technologies are also capable of analyzing geographic data, visualizing damage on a map, locating damaged objects and assessing their damage. The integration of GIS technologies and unmanned aerial vehicles with other systems makes it possible to simplify decision-making on the priorities of liquidation and recovery.

Keywords: *technical survey, geographic information systems, elimination of the consequences of armed aggression, unmanned aerial vehicles.*