

Зуб Андрій Андрійович,

старший науковий співробітник Українського науково-дослідного інституту спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України; zubandrii1968@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0001-3454-5477>

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОХОРОНИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Анотація. У статті детально розглядаються перспективи та сучасні можливості застосування безпілотних технологій для охорони об'єктів критичної інфраструктури, що є одним із найбільш актуальних напрямків у сфері забезпечення національної безпеки. Безпілотні технології, такі як безпілотні літальні апарати (дрони) та безпілотні наземні транспортні засоби (БНТЗ), надають значний потенціал для модернізації та підвищення ефективності системи охорони важливих об'єктів, таких як енергетичні станції, водосховища, транспортні вузли, нафтогазові об'єкти, а також інші стратегічно важливі інфраструктурні об'єкти. Стаття акцентує увагу на ключових перевагах використання безпілотних систем, зокрема їхній високій мобільності, автономії та здатності оперативно реагувати на надзвичайні ситуації.

Особливу увагу в статті приділено питанням інтеграції безпілотних систем у загальну систему безпеки, що включає в себе інтеграцію з іншими охоронними технологіями, такими як відеоспостереження, датчики руху, хімічний та радіаційний моніторинг, а також автоматизовані системи управління та кіберзахисту. Інтеграція безпілотних апаратів в єдину охоронну мережу дозволяє здійснювати комплексний моніторинг об'єктів, аналізувати ситуації в реальному часі, виявляти загрози та оперативно нейтралізувати їх без залучення людських ресурсів. Завдяки використанню сучасних технологій штучного інтелекту та машинного навчання, безпілотні системи можуть працювати автономно, здійснюючи аналіз інформації та приймаючи рішення без втручання оператора, що забезпечує високий рівень ефективності і зменшує людський фактор.

Крім того, стаття також розглядає важливість використання безпілотних систем для виявлення та нейтралізації різноманітних загроз, таких як вибухові пристрої, хімічні або біологічні небезпеки, а також кіберзагрози. Безпілотні наземні транспортні засоби (БНТЗ) можуть бути оснащені спеціальними сенсорами для виявлення вибухових речовин або токсичних газів, що дає змогу виявляти потенційні загрози без необхідності піддавати ризику людей, що працюють на об'єктах. БНТЗ також здатні виконувати функції з нейтралізації загроз, наприклад, за допомогою маніпуляторів для знешкодження вибухових пристроїв.

Особлива увага в статті приділяється економічним аспектам використання безпілотних технологій. Враховуючи високий рівень автономії безпілотних систем, знижується потреба в великій кількості людських ресурсів для патрулювання та моніторингу охоронюваних об'єктів, що дозволяє значно зменшити витрати на забезпечення безпеки. Безпілотні системи можуть працювати цілодобово, виконуючи завдання без перерви, що забезпечує постійний контроль за об'єктами, а також дозволяє швидко реагувати на можливі загрози.

Загалом, використання безпілотних технологій для охорони об'єктів критичної інфраструктури не тільки підвищує рівень безпеки, але й забезпечує значну економічну вигоду, зменшуючи витрати на фізичну охорону, знижуючи ризики для персоналу і дозволяючи оперативно реагувати на загрози. Стаття висвітлює основні переваги таких систем, а також показує їхній потенціал для подальшого розвитку та впровадження в практику охорони критичних об'єктів. Визначено, що безпілотні технології є важливим елементом для забезпечення стійкості об'єктів до різноманітних загроз та можливостей для збереження національної безпеки.

Ключові слова: безпілотні технології, охорона об'єктів, критична інфраструктура, безпілотні літальні апарати, безпілотні наземні транспортні засоби, інтеграція технологій, виявлення загроз, нейтралізація загроз, кіберзагрози, моніторинг, автоматизація охорони, ефективність безпеки, економічні аспекти, автономні системи.

Zub Andrii Andriyovych,

Senior Research Fellow at the Ukrainian Research Institute of Special Equipment and Forensic Examinations of the Security Service of Ukraine; zubandrii1968@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0001-3454-5477>

APPLICATION OF UNMANNED TECHNOLOGIES FOR THE PROTECTION OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES

Abstract. *The article thoroughly examines the prospects and current opportunities for the use of unmanned technologies in the protection of critical infrastructure objects, which is one of the most relevant areas in national security provision. Unmanned technologies, such as unmanned aerial vehicles (drones) and unmanned ground vehicles (UGVs), offer significant potential for the modernization and enhancement of the security systems for critical objects, such as energy stations, reservoirs, transport hubs, oil and gas facilities, as well as other strategically important infrastructure objects. The article emphasizes the key advantages of using unmanned systems, particularly their high mobility, autonomy, and ability to respond quickly to emergency situations.*

Special attention is given to the integration of unmanned systems into the overall security system, including integration with other protective technologies, such as video surveillance, motion sensors, chemical and radiation monitoring, as well as automated control and cybersecurity systems. Integrating unmanned vehicles into a unified security network allows for comprehensive monitoring of objects, real-time situation analysis, threat detection, and rapid neutralization without involving human resources. By utilizing modern artificial intelligence and machine learning technologies, unmanned systems can operate autonomously, analyzing information and making decisions without operator intervention, ensuring high efficiency and reducing human error.

Furthermore, the article discusses the importance of using unmanned systems to detect and neutralize various threats, such as explosive devices, chemical or biological hazards, as well as cyber threats. Unmanned ground vehicles (UGVs) can be equipped with specialized sensors to detect explosives or toxic gases, enabling the identification of potential threats without putting human workers at risk. UGVs can also perform threat neutralization functions, such as using manipulators to disarm explosive devices.

The article also highlights the economic aspects of using unmanned technologies. Given the high level of autonomy of unmanned systems, the need for a large number of human resources for patrolling and monitoring protected objects is reduced, significantly lowering security costs. Unmanned systems can operate around the clock, performing tasks without interruption, ensuring continuous control over objects and enabling rapid response to potential threats.

Overall, the use of unmanned technologies to protect critical infrastructure objects not only enhances security but also provides significant economic benefits by reducing costs for physical security, minimizing risks to personnel, and allowing for prompt response to threats. The article outlines the main advantages of such systems and demonstrates their potential for further development and implementation in the practice of protecting critical objects. It is concluded that unmanned technologies are a crucial element in ensuring the resilience of objects to various threats and contribute to maintaining national security.

Key words: *unmanned technologies, object protection, critical infrastructure, unmanned aerial vehicles, unmanned ground vehicles, technology integration, threat detection, threat neutralization, cyber threats, monitoring, security automation, security effectiveness, economic aspects, autonomous systems.*

Постановка проблеми. Охорона об'єктів критичної інфраструктури є важливою складовою національної безпеки та стабільного функціонування економіки, оскільки ці об'єкти забезпечують основні потреби держави та її громадян. У сучасних умовах, з урахуванням зростання кількості загроз, зокрема кібернетичних атак, терористичних актів та екологічних катастроф, традиційні методи охорони, такі як фізичні бар'єри, сигналізація та охоронці, вже не здатні забезпечити належний рівень безпеки.

Об'єкти критичної інфраструктури, до яких належать енергетичні підприємства, водопостачання, транспортні мережі, а також стратегічно важливі державні установи, потребують новітніх

технологій для своєчасного виявлення загроз та запобігання інцидентам. Безпілотні технології, зокрема безпілотні літальні апарати (дрони) та безпілотні наземні транспортні засоби, здатні значно підвищити ефективність охорони таких об'єктів завдяки своїй мобільності, автономності та здатності працювати в умовах, що є небезпечними для людини [3].

Безпілотні літальні апарати мають перевагу в тому, що можуть здійснювати моніторинг великої території за короткий час, забезпечуючи зручний доступ до віддалених або важкодоступних ділянок. Вони здатні здійснювати огляд об'єктів на великих висотах і в умовах обмеженої видимості, що є важливим для своєчасного виявлення потен-

ційних загроз. Окрім того, ці апарати можуть бути оснащені різноманітними сенсорами, такими як тепловізори та камери високої роздільної здатності, що дозволяє забезпечити цілодобову охорону та точне виявлення небезпек, таких як несанкціоноване проникнення або пожежі [5].

Безпілотні наземні транспортні засоби також мають значний потенціал у контексті охорони об'єктів критичної інфраструктури. Вони можуть використовуватися для патрулювання території, доставки вантажів, а також для виконання завдань, що включають перевірку або оцінку потенційних загроз на місцевості. Вони можуть бути оснащені спеціалізованими датчиками для виявлення вибухових пристроїв, хімічних речовин чи радіаційних загроз.

Загалом, використання безпілотних технологій в охороні об'єктів критичної інфраструктури забезпечує підвищення ефективності та надійності систем безпеки, знижуючи ризики та витрати на персонал, а також підвищуючи оперативність реакцій на можливі загрози. Технології, які постійно вдосконалюються, можуть стати ключовими для забезпечення стабільності та безпеки національної інфраструктури в умовах сучасних викликів та загроз.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженнях останніх років активно аналізуються можливості використання безпілотних технологій для захисту критичних об'єктів інфраструктури. Дослідники зазначають, що безпілотні літальні апарати можуть бути ефективними для патрулювання великих територій та виконання спостереження за віддаленими або важкодоступними об'єктами. У роботах таких авторів, як А. А. Саковський, С. М. Науменко, С. І. Кравченко, І. М. Єфіменко, детально розглядається використання дронів для здійснення моніторингу об'єктів на різних етапах загрози, від виявлення підозрілих осіб до реакції на потенційні атаки [3]. Відомо, що у разі виявлення підозрілого об'єкта чи осіб, безпілотні системи можуть передавати дані в реальному часі, що дозволяє швидко реагувати на загрози.

Зокрема, у роботах дослідників, таких як Фещенко А., також зазначається, що безпілотні наземні транспортні засоби, оснащені спеціальними сенсорами, можуть ефективно виявляти та нейтралізувати вибухові пристрої [7]. Водночас використання штучного інтелекту дозволяє обробляти великі обсяги даних, що надходять від безпілотних апаратів, для автоматичного виявлення та класифікації загроз. Таким чином, синергія безпілотних технологій і штучного інтелекту створює нові можливості для охорони об'єктів критичної інфраструктури.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Метою цієї статті є комплексний

аналіз застосування безпілотних технологій для забезпечення охорони об'єктів критичної інфраструктури, а також вивчення можливих переваг і викликів, які виникають при впровадженні таких систем в охоронну діяльність. Основним завданням є дослідження ефективних методів інтеграції безпілотних літальних і наземних апаратів у систему безпеки важливих об'єктів інфраструктури, а також оцінка їхніх переваг та потенційних недоліків.

Виклад основного матеріалу дослідження. Застосування безпілотних технологій для охорони об'єктів критичної інфраструктури є перспективним і високоефективним напрямком, що дозволяє значно покращити рівень безпеки таких об'єктів завдяки технологічним інноваціям, мобільності та здатності виконувати завдання в умовах, де традиційні методи охорони можуть бути неефективними. У цьому розділі ми детально розглядаємо основні аспекти використання безпілотних літальних апаратів (дронів) та безпілотних наземних транспортних засобів (БНТЗ) для охорони важливих об'єктів критичної інфраструктури. Особливу увагу приділено інтеграції цих технологій у загальну систему безпеки, що включає в себе ефективне управління, виявлення загроз і реагування на них, а також взаємодію безпілотних систем з іншими елементами охоронних технологій [1].

Безпілотні технології, зокрема дрони, надають високий рівень мобільності, що дозволяє здійснювати моніторинг великих територій, таких як електростанції, водосховища, транспортні вузли, нафтогазові об'єкти та інші стратегічні об'єкти. Мобільність дронів забезпечує їх здатність швидко і безперешкодно пересуватися по території, охоплюючи великі відстані та важкодоступні ділянки. Дрони здатні здійснювати патрулювання таких територій у режимі реального часу, що дає змогу своєчасно виявляти потенційні загрози, такі як несанкціоноване проникнення, технічні неполадки, вибухові пристрої або інші небезпечні ситуації [6].

Мобільність таких апаратів робить їх незамінними в ситуаціях, коли традиційні охоронні методи виявляються недостатніми. Для прикладу, в умовах обмеженого доступу до території або в разі природних катастроф (повені, землетруси), дрони можуть виконувати свої функції без будь-яких труднощів. Вони не потребують значних людських ресурсів і можуть працювати в будь-який час доби, що дозволяє здійснювати цілодобовий моніторинг об'єктів без будь-яких обмежень.

У зв'язку з високим рівнем автономії безпілотних систем, дрони можуть працювати на відстані від операторів протягом тривалого часу, зменшуючи необхідність у постійній людській

присутності для виконання патрульних функцій. Завдяки використанню сучасних технологій на основі штучного інтелекту та машинного навчання, ці апарати здатні приймати автоматичні рішення, що дозволяє їм не лише здійснювати патрулювання, але й оцінювати ситуацію, виявляти порушення, і навіть у разі потреби – застосовувати методи захисту або сигналізації [2].

Інтеграція безпілотних систем з іншими охоронними та технологічними елементами є одним з основних факторів, що дозволяє досягти максимального рівня безпеки. Для цього безпілотні апарати оснащуються високотехнологічними сенсорами, камерами, радіолокаційними системами, а також датчиками, що забезпечують багатофункціональність дронів в різних умовах. Однією з важливих переваг безпілотних технологій є здатність здійснювати моніторинг території з використанням різних методів збирання даних: оптичне, інфрачервоне та радіолокаційне спостереження, а також моніторинг за допомогою радіаційних та хімічних детекторів.

Інтеграція безпілотних систем в рамках комплексної охоронної мережі дозволяє здійснювати цілодобовий контроль за об'єктами критичної інфраструктури. Відзначимо, що безпілотні системи не працюють ізольовано. Вони є частиною більшої екосистеми, що включає в себе інші технології, такі як відеоспостереження, автоматичні системи розпізнавання осіб, датчики руху, а також системи тривожної сигналізації. Інтеграція дозволяє безпілотним апаратам миттєво обмінюватися інформацією з іншими компонентами, що входять до системи безпеки [4].

Завдяки поєднанню таких технологій, можна створити потужну інфраструктуру для своєчасного виявлення будь-яких аномалій або загроз, швидкого реагування на них та прийняття оперативних рішень. Наприклад, система відеоспостереження може автоматично передавати дані про підозрілий об'єкт до дронів для більш детального аналізу. Інші датчики можуть виявляти, чи є загроза здоров'ю персоналу або чи не є на території об'єкта небезпечні речовини.

Безпілотні технології також можуть взаємодіяти з базами даних і системами штучного інтелекту для створення алгоритмів, що дозволяють автоматично класифікувати інциденти. Це дозволяє не тільки оперативно виявляти підозрілі ситуації, але й прогнозувати можливі загрози в майбутньому на основі накопичених даних [3].

Однією з основних функцій безпілотних технологій є не лише спостереження за об'єктами, а й здатність виявляти, а іноді й нейтралізувати загрози. Безпілотні наземні транспортні засоби (БНТЗ) оснащуються спеціальними сенсорами для виявлення вибухових пристроїв, радіації, хімічних або біологічних загроз, а також інших

небезпечних матеріалів, які можуть загрожувати об'єкту критичної інфраструктури. Вони здатні працювати у таких умовах, де людина може бути піддана великій небезпеці, наприклад, у разі виявлення підозрілих пакунків, вибухових пристроїв або інших небезпечних матеріалів.

БНТЗ можуть бути оснащені спеціальними маніпуляторами або інструментами для нейтралізації загроз, наприклад, розмінування вибухових пристроїв або ізоляції підозрілих предметів. Це дозволяє оперативно нейтралізувати загрозу, не ставлячи під ризик життя людей, що працюють на об'єкті, і не затягуючи процесу реагування на надзвичайні ситуації.

Застосування безпілотних апаратів для виявлення загроз дозволяє збільшити швидкість реагування на потенційні небезпеки. Дрони можуть автоматично передавати зібрані дані в центральну систему для подальшої обробки, що дозволяє більш точно і своєчасно визначити рівень загрози та оперативно здійснити заходи для її нейтралізації. Крім того, безпілотні технології можуть використовуватися для оперативного виявлення порушень безпеки в реальному часі, що дозволяє зменшити ймовірність виникнення кризових ситуацій [5].

У сучасному світі з розвитком технологій захист інформаційних систем є не менш важливим завданням, ніж фізичний захист об'єктів. Безпілотні системи також можуть бути оснащені технологіями для виявлення кіберзагроз, що дозволяє моніторити вразливості в інформаційних системах об'єктів критичної інфраструктури. Вони можуть бути оснащені спеціальними сенсорами для виявлення радіоелектронних перешкод, що можуть свідчити про спроби несанкціонованого доступу або атаки на інформаційні мережі.

Крім того, безпілотні технології можуть виявляти спроби зломів, проведення атак на інформаційні мережі або інші типи кіберзагроз. Дрони з спеціальними сенсорами можуть визначати джерела загроз, аналізувати зміни в мережевому трафіку, і в разі необхідності активувати аварійне відключення або надсилати сигнал до відповідних спеціальних служб [1].

Однією з найбільших переваг застосування безпілотних технологій для охорони є зниження витрат на охорону та забезпечення безпеки. Завдяки високій автономії таких систем, зменшується потреба в постійному контролі та спостереженні за охоронюваними об'єктами, що дозволяє значно зменшити фінансові витрати на персонал та інші ресурси. Дрони можуть працювати цілодобово, забезпечуючи постійний моніторинг без будь-яких обмежень.

Завдяки своїм функціональним можливостям, безпілотні системи здатні значно підвищити рівень ефективності в охороні критичних

об'єктів. Зниження людського фактора зменшує кількість помилок або упущень, що можуть статися внаслідок втоми чи людських помилок. Ці системи можуть працювати в реальному часі, постійно передаючи актуальні дані в центральний центр для негайного реагування [3].

Таким чином, використання безпілотних технологій для охорони об'єктів критичної інфраструктури дозволяє не тільки підвищити рівень безпеки та ефективності, але й значно зменшити витрати на охорону та забезпечення стабільної роботи важливих об'єктів.

Висновки. Безпілотні технології мають величезний потенціал для забезпечення охорони об'єктів критичної інфраструктури. Вони дозволяють не тільки підвищити ефективність моніторингу та патрулювання, але й знижують ризики, пов'язані з людським фактором. Дрони та безпілотні наземні транспортні засоби забезпечують мобільність, автономність і інтеграцію з іншими охоронними системами, що дозволяє своєчасно виявляти та нейтралізувати загрози. Однак для повного використання потенціалу безпілотних технологій необхідно розвивати нормативно-правову базу, що регулює їх застосування, а також здійснювати належну підготовку персоналу для роботи з такими системами. Впровадження безпілотних технологій у сфері охорони критичних об'єктів є кроком до створення більш надійної та стійкої системи безпеки на всіх рівнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Купріянова В. С. Стан та перспективи розвитку безпілотних літальних апаратів в Україні. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2015. Вип. 50. С. 334–340.

2. Мироненко В. К. Перспективи використання безпілотних літальних апаратів у ліквідації наслідків залізничних транспортних подій. *Залізничний транспорт України*. 2015. №4. С. 43–48

3. Особливості застосування безпілотних літальних апаратів органами та підрозділами поліції: метод. рек. / А. А. Саковський, С. М. Науменко, С. І. Кравченко, І. М. Єфіменко та ін. Київ: Нац. акад. внутр. справ. 2022. 72 с.

4. Петрук С. М. Безпілотні авіаційні комплекси в збройних конфліктах останніх десятиріч. *Безпілотні авіаційні комплекси*. 2017. № 1(13). С. 44–49.

5. Протидія БПЛА на об'єктах критичної інфраструктури. URL: <https://cuashub.com/uk/%D1%81%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8/%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%8C%D0%B1%D0%B0-%D0%B7-%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%8E->

<https://cuashub.com/uk/%D1%81%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8/%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%8C%D0%B1%D0%B0-%D0%B7-%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%8E->

6. Тактика застосування безпілотних повітряних суден в охороні державного кордону: навчальний посібник / О. Л. Луцький та ін. Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2023. 164 с.

7. Феценко А. Л. Напрями використання світового досвіду застосування безпілотних літальних апаратів в інтересах Збройних Сил України. *Труди академії*. 2008. № 90. С. 89–91.

REFERENCES:

1. Kupriianova, V. S. (2015). Stan ta perspektyvy rozvytku bezpilotnykh litalnykh aparativ v Ukraini [State and prospects of unmanned aerial vehicles development in Ukraine]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti*, 50, 334–340.

2. Myronenko, V. K. (2015). Perspektyvy vykorystannia bezpilotnykh litalnykh aparativ u likvidatsii naslidkiv zaliznychnykh transportnykh podii [Prospects of using UAVs in the aftermath of railway transport incidents]. *Zaliznychnyi transport Ukrainy*, (4), 43–48.

3. Sakovskiy, A. A., Naumenko, S. M., Kravchenko, S. I., Yefimenko, I. M., ta in. (2022). Osoblyvosti zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ orhanamy ta pidrozdilamy politsii: Metodychni rekomendatsii [Peculiarities of the use of UAVs by police bodies and units: Methodical recommendations]. Kyiv: Natsionalna akademiia vnutrishnikh sprav.

4. Petruk, S. M. (2017). Bepilotni aviatsiini komplekty v zbroinykh konfliktakh ostannikh desiatyrich [Unmanned aviation complexes in armed conflicts of recent decades]. *Bepilotni aviatsiini komplekty*, 1(13), 44–49.

5. Protydiia BPLA na ob'iektakh krytychnoi infrastruktury [Countering UAVs at critical infrastructure sites]. Retrieved from <https://cuashub.com/uk/сектори/боротьба-з-критичною-інфраструктуро/>

6. Luts'kyi, O. L., ta in. (2023). Taktyka zastosuvannia bezpilotnykh povitrianykh suden v okhroni derzhavnoho kordonu: Navchalnyi posibnyk [Tactics of using unmanned aerial vehicles in state border protection: A textbook]. Khmelnytskyi: Vydavnytstvo NADPSU.

7. Feshchenko, A. L. (2008). Napriamy vykorystannia svitovoho dosvidu zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ v interesakh Zbroinykh Syl Ukrainy [Directions of using world experience of UAVs in the interest of the Armed Forces of Ukraine]. *Trudy akademii*, 90, 89–91.