

АНАЛІЗ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬТИРОТОРНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ В УМОВАХ РОБОТИ СПЕЦІАЛЬНОГО ОЗБРОЄННЯ

Під час повномасштабного вторгнення «росії» Збройні сили України (ЗСУ) почали активно використовувати як засоби повітряної розвідки безпілотні літальні апарати (БпЛА) цивільної групи мультироторного типу (квадрокоптери). БпЛА такого типу мають зручний **інтерфейс** програмного забезпечення, орієнтований на максимальну психологічну і зорову зручність для користувача. Їх пілотування можливе без спеціальної підготовки. Вони також мають низьку вартість.

Лідером у сфері виробництва цивільних БпЛА є китайська компанія DJI. Цією компанією також розроблена система електронної ідентифікації БпЛА AeroScope. Це комплекс активного захисту, моніторингу та безпеки БпЛА.

«російські» військові використовують такі комплекси для знищення українських операторів, які ведуть розвідку за допомогою квадрокоптерів DJI.

У зв'язку з цим постає пріоритетне завдання розробки методики використання цивільних систем подвійного призначення в підрозділах ЗСУ.

У статті проаналізовано систему виявлення БпЛА AeroScope, її варіанти, проведена оцінка можливості дальності детекції комплексу.

На основі проведеного аналізу та розрахунків запропоновано базовий алгоритм протидії виявлення БпЛА системою AeroScope як основа методики використання мультироторних БпЛА в умовах воєнного стану.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, квадрокоптер, система моніторингу та безпеки, моніторинг.

I. Panchenko. ANALYSIS OF THE COMBAT APPLICATION OF MULTIROTOR UAVS OF SPECIAL WEAPON WORK CONDITIONS

During the full-scale invasion of Russia, the Armed Forces of Ukraine (AFU) began to actively use unmanned aerial vehicles (UAVs) of the civilian group of multi-rotor type (quadcopters) as means of aerial reconnaissance. UAVs of this type have a convenient software interface focused on maximum psychological and visual comfort for the user. Their piloting is possible without special training. They also have a low cost.

The Chinese company DJI is the leader in the production of civilian UAVs. This company also developed the AeroScope electronic identification system for UAVs. This is a complex of active protection, monitoring and security of UAVs.

the Russian military uses such complexes to destroy Ukrainian operators conducting reconnaissance using DJI quadcopters.

In this regard, the priority task of developing a methodology for the use of civil dual-purpose systems in the units of the Armed Forces appears.

The article analyzes the AeroScope UAV detection system, its variants, and evaluates the possibility of the complex's detection range.

Based on the analysis and calculations, a basic algorithm for countering UAV detection by the AeroScope system is proposed as the basis of the methodology for using multi-rotor UAVs in military conditions.

Keywords: unmanned aerial vehicle, quadcopter, monitoring and security system, monitoring.

Постановка завдання в загальному вигляді

При вирішенні завдань оснащення Збройних сил України (ЗСУ) військовою технікою забезпечення підрозділів тактичного рівня засобами індивідуальної розвідки не вважалися питанням нагальної потреби аж до початку активної фази збройної агресії «росії».

В умовах військового стану і обмежених можливостей фінансування це питання стало особливо актуальним. Тому під час повномасштабного вторгнення, дякуючи небайдужим громадянам і волонтерам, в підрозділах ЗСУ рівня відділення/взвод/рота масово стали з'являтися безпілотні літальні апарати (БпЛА) цивільної групи (дрони, квадрокоптери).

Це зумовлено їхньою низькою вартістю, наявністю «юзабіліті інтерфейсу» з можливістю пілотування БпЛА без спеціальної підготовки, а також ускладненням визначення походження таких БпЛА для противника у разі їх втрати.

Засоби ураження сучасних і перспективних комплексів ППО не дозволяють забезпечувати гарантоване ураження БпЛА, особливо малозшвидкісних і малорозмірних.

Для вирішення низки задач широко застосовують БпЛА (переважно – малі БпЛА) терористичні угруповання й особи, що ведуть протизаконну діяльність. Це доступ за периметр

об'єктів, що охороняються, та ведення там спостереження; точкове знищення окремих важливих осіб; закид саморобних засобів ураження; нанесення пошкоджень будівлям, пам'ятникам культури, об'єктам інфраструктури і транспортним засобам; транспортування заборонених засобів чи їх перекидання на територію, що охороняється; перешкоджання повітряному руху в аеропортах.

БпЛА цивільної групи з урахуванням технічних можливостей використовуються спеціальними підрозділами ЗСУ з метою ведення повітряної розвідки, коригування вогню артилерії, нанесення та уточнення результатів вогневого ураження, а також оцінки якості маскування позицій військ.

З початком повномасштабної агресії росії з 24 лютого 2022 року з'ясувалась нова проблема – застосування ворогом системи безпеки AeroScore. Ця система аналізу і контролю повітряного простору розроблена як технологія моніторингу БпЛА для забезпечення конфіденційності та безпеки своїх даних.

Тому виникли питання забезпечення протидії роботі таких систем ворога та розробки базових алгоритмів захисту.

Аналіз публікацій за темою дослідження

Для розробки методики протидії, з використанням літературних джерел і вебресурсів [1–6], проаналізовано будову, види, характеристики та принцип дії квадрокоптерів різних фірм-виробників та систем стеження за об'єктом.

Аналіз літератури показав, що на ринку квадрокоптерів є безліч моделей різного класу, які відрізняються тактико-технічними характеристиками і вимагають активного захисту.

Метою даної статті є висвітлення базового алгоритму протидії виявлення *БпЛА комплексом безпеки AeroScore*.

Викладення основного матеріалу

Основними виробниками цивільних БпЛА є такі компанії як DJI, Autel, SJRC та інші.

В таблиці 1 наведені види та характеристики найбільш популярних цивільних БпЛА.

Таблиця 1

| Дрони | Злітна вага, (г) | Максимальна швидкість, (км/год) | Максимальна висота зльоту, (м) | Максимальний час польоту (без вітру), (хв) | Максимальний час зависання (без вітру), (хв) | Максимальна відстань польоту (без вітру), (км) | Максимальна стійкість до швидкості вітру: (км/год) |
|---------------------------------|------------------|---------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|
| DJI MAVIC 2 PRO | 907 | 72 | 6000 | 31 | 29 | 18 | 29–38 |
| DJI MAVIC 2 ZOOM | 905 | 72 | 6000 | 31 | 29 | 18 | 29–38 |
| DJI MAVIC 2 Enterprise Advanced | 909 | 72 | 6000 | 31 | 29 | 18 | 29–38 |
| DJI MAVIC 3 | 89 | 68,4 | 6000 | 46 | 40 | 30 | 43,2 |
| DJI MAVIC 3 CINE | 899 | 68,4 | 6000 | 46 | 40 | 30 | 43,2 |
| AUTEL EVO II | 895 | 45 | 7000 | 40 | 35 | 25 | 61,2 |

У період військового протистояння збройної агресії в форматі проведення АТО/ООС з 2014 року до 24 лютого 2022 року основною проблемою використання цивільних БпЛА підрозділами оперативної ланки Збройних сил України було набуття досвіду пілотування.

З початком повномасштабної агресії росією з 24 лютого 2022 року виникла нова проблема, а саме застосування ворогом комплексу активного захисту, моніторингу та безпеки AeroScore.

Слід зазначити, що в Україні ІТ-спільнотою було розроблено власний анонімайзер «Ольга», який здатний певним чином приховувати ідентифікатори та координати зльоту БпЛА

виробництва компанії DJI. Але даний апаратно-програмний комплекс не здатний повністю вирішити питання щодо прихованого керування БпЛА, тому що є факт передачі даних за допомогою радіоканалу.

Під час проведення сучасних військових та спеціальних дій для виявлення БпЛА використовують шляхи оптичного, акустичного або радіоелектронного сканування радіоефіру. Електронна система спостереження надає інформацію про те, що БпЛА знаходиться десь поряд з оператором, але не конкретно про те, де він знаходиться і в якому напрямку летить.

Таке спостережене виявлення зазвичай є першим кроком до локалізації та ідентифікації БпЛА, щоб з'ясувати, чи є він дружнім чи ворожим.

Локалізація визначення конкретної позиції, швидкості та напрямку руху безпілота є ключем до вживання захисних заходів. Для цього використовуються радары великої та малої дальності, які допомагають збільшити час відповіді для прийняття певних контрзаходів [1].

Виробник системи AeroScore (рис. 1) – китайська компанія DJI. Основне призначення комплексу – забезпечення безпеки в районах критичної інфраструктури громадського сектору, таких як аеропорти, АЕС, державні установи, в'язниці й т. ін.

AeroScore здатний виявляти більшість популярних у світі БпЛА мультироторного типу. Комплекс ідентифікує лінії зв'язку між БпЛА та його пультом керування, відстежує та аналізує інші електронні сигнали БпЛА. Комплекс моніторингу дозволяє в режимі реального часу сканувати та відстежувати до 50 цільових БпЛА, а також їх оператора за пультом керування, визначати їх геолокації, висоту, напрямок руху, швидкість, модель і навіть серійний номер [2].

російські військові використовують комплекси AeroScore компанії DJI для знищення українських операторів, які ведуть розвідку за допомогою квадрокоптерів DJI.

На даний час відомо про розробку DJI трьох варіантів комплексу AeroScore: AeroScore G-16, AeroScore G-8 та DJI AeroScore Mobile. Перші два комплекси – це стаціонарні рішення. Їх головна відмінність – радіус дії.

Третій варіант є мобільним/переносним рішенням.

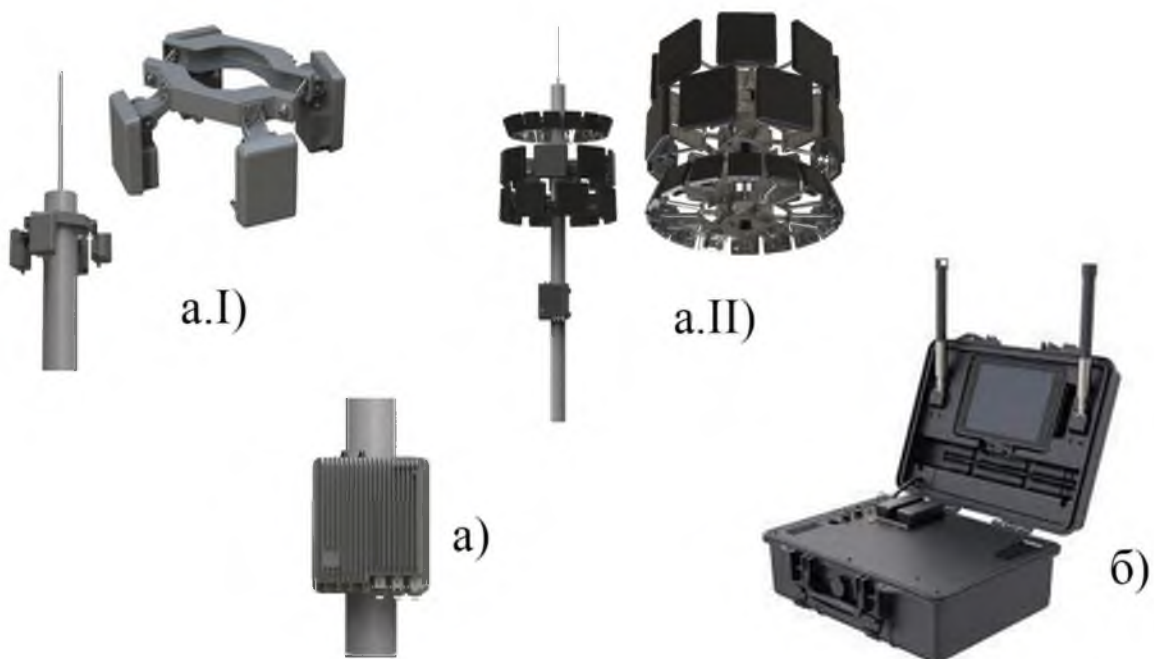


Рис. 1. Комплекс активного захисту, моніторингу та безпеки AeroScore:
а – стаціонарний комплект (*а.I* – G-8; *а.II* – G-16); *б* – мобільний комплект

Відомо, що 15 березня найбільш потужна стаціонарна система AeroScore G-16 була встановлена російськими військами в чорнобильській зоні відчуження [3].

Дальність виявлення AeroScore залежить, в першу чергу, від відкритості рельєфу в місці установки, рівня перешкод у районі моніторингу, ступеня посилення сигналу (ненаправлена

антена = 0dB, G8 = 8dB), спрямованості антени та типу протоколу передачі даних (OcuSync, LightBridge (LB/LB2), IEEE 802.11b/g (Wi-Fi)), що використовується БпЛА.

Було проведено оцінку можливості дальності детекції об'єктів, завдяки існуючій теоретичній формулі розрахунку втрат даних у вільному просторі (P_L):

$$P_L = \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \quad (1)$$

Знайдемо

$$S_N = \frac{P_{EIR} + R_x G + P_L}{k_n + k_s} \quad (2)$$

де P_{EIR} – еквівалентна ізотропна випромінювана потужність є добутком потужності радіочастотного сигналу, який підводиться до антени, на абсолютний коефіцієнт підсилення антени $R_x G$:

$$R(\text{dB}) = \frac{R_x - 22 - (k_n + k_s) - S_N}{2} \quad (3)$$

Враховуючи, що $R_x G = 8$ dB для 2,4 ГГц антени G8, k_n – поправочний коефіцієнт, який становить від 0 до 9 dB; k_s – коефіцієнт впливу завад, що вимірюються в Assistense2 для AeroScope, маємо:

$$R = \frac{1 - k_s}{2}, \text{ коли } k_n = 0 \text{ та } S_N = -7 \text{ для SDR}$$

та

$$R = \frac{-8 - k_s}{2}, \text{ коли } k_n = 9 \text{ та } S_N = -7 \text{ для SDR.}$$

Параметри протоколів, що використовуються для зв'язку, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Параметри протоколів передачі даних

| | IEEE 802.11b/g (WiFi) | LightBridge (LB/LB2) | DJI OcuSync |
|------------|-----------------------|----------------------|-------------|
| S_N (dB) | 0 | -2 | -7 |
| BW (МГц) | 5 | 10 | 10 |

де BW – смуга пропускання, МГц.

Отримані дані впливу завад на відстань детекції системи AeroScope наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Вплив завад на відстань детекції

| Завади(вимірюються в Assistense 2 для AeroScope) | Протокол IEEE 802.11 b/g (WiFi) | | Протокол LightBridge (LB/LB2) | | Протокол DJI OcuSync | |
|--|---------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|----------------------|-----------|
| | $K_n = 0$ | $K_n = 9$ | $K_n = 0$ | $K_n = 9$ | $K_n = 0$ | $K_n = 9$ |
| -102 | 28 км | 8 км | 25 км | 14 км | 47 км | 17 км |
| -96 | 14 км | 4 км | 13 км | 5 км | 24 км | 9 км |
| -90 | 7 км | 2 км | 7 км | 3 км | 12 км | 4,5 км |
| -84 | 15 км | 1 км | 3,5 км | 1,5 км | 6 км | 2,3 км |
| -78 | 1800 м | 500 м | 1800 м | 800 м | 3 км | 1,2 км |

Розрахунки опосередковано підтверджуються відомими даними з тактико-технічних характеристик [2], з яких знаємо, що стаціонарний комплекс моніторингу БпЛА AeroScope G-16

може виявляти БпЛА на відстані до 50 км. Також підтверджено, що в деяких випадках відстань спрацювання радару становила близько 160 км.

За даними аналітичної компанії Gartner у 2020 році DJI поставила в Росію 200 комплексів AeroScope [4].

При цьому Збройні сили України не можуть використовувати наявні комплекси AeroScope в зв'язку з тим, що майже всі комплекси AeroScope, які до 24 лютого 2022 року були поставлені в Україну, перестали працювати всюди, де їх використовували, включаючи атомні електростанції. Зникла й технічна можливість під'єднати нові пристрої.

Росіяни використовують в Україні розширену версію системи DJI AeroScope з радіусом дії 50 км, привезену із Сирії, для цілевказання власним ракетами. Артудари російських військ по точках старту квадрокоптерів DJI є не поодинокими і мають цілеспрямований і масовий характер [5].

Враховуючи, що українська армія здебільшого звертає увагу на досвід західних країн, не дивлячись на те, що 24 квітня 2022 року компанія DJI зробила офіційну заяву про тимчасове призупинення будь-якої підприємницької діяльності в Росії та Україні [6], загроза використання прихованого механізму контролю і відключення БпЛА, закладеного на рівні виробника, зберігається. Тому постає як пріоритетне завдання розробка методики використання цивільних систем подвійного призначення в підрозділах Збройних сил України.

Дії, які пропонуються використовувати за базовий алгоритм при роботі з цивільними БпЛА:

1. Для можливості роботи з укриття провести модернізацію пультового обладнання (рис. 2) за рахунок обладнання виносними антенами, з фідером довжиною 10 метрів або більше.

У такій схемі необхідно враховувати можливі втрати в кабелі і для компенсації втрат необхідно використовувати підсилювач сигналу для недопущення зменшення потужності та, як наслідок, зменшення дальності взаємодії пілота та БпЛА.

2. Використання пристрою в режимі виконання завдання «планування місії» польотного завдання без використання активних систем позиціонування.

3. Використання програмного забезпечення, що змінює геолокацію оператора та БпЛА, наприклад fakeGPS.

4. Не нехтувати правилами роботи оператора в умовах дій ворожої системи РЕР.

Для зменшення впливу використання радарів типу DJI AeroScope до мінімуму та унеможливлення ураження пілотів пропонується дотримання наступних правил пілотування:

- ніколи не проводити посадку БпЛА у місці зльоту. Чим далі приземлення від точки зльоту, тим краще;
- не повторювати одне й теж польотне завдання з використанням одного й того ж маршруту двічі й більше разів. Обов'язкове використання різних точок зльоту та точок посадки для кожного польотного завдання. Пам'ятаємо, що AeroScope зберігає базу польотів і може спрацювати на випередження, якщо проаналізувати попередні польоти;
- обов'язково відключаємо геолокацію на телефоні/планшеті. Або використовуємо планшет без GPS. Наприклад, планшет серії iPad mini без SIM-карти і тільки з Wi-Fi. В ньому є тільки режим A-GPS, що не є повноцінним GPS;
- після зльоту необхідно відійти як можна далі від точки зльоту. За можливості, використання номера обслуги як «стартера» для запуску, в той момент коли оператор знаходиться на віддаленні. Після запуску БпЛА помічник відразу відходить до безпечного місця. Пам'ятаємо, що радар бачить включення БпЛА;
- проведення посадки БпЛА «на руку», швидке вимкнення і відхід до безпечного місця.

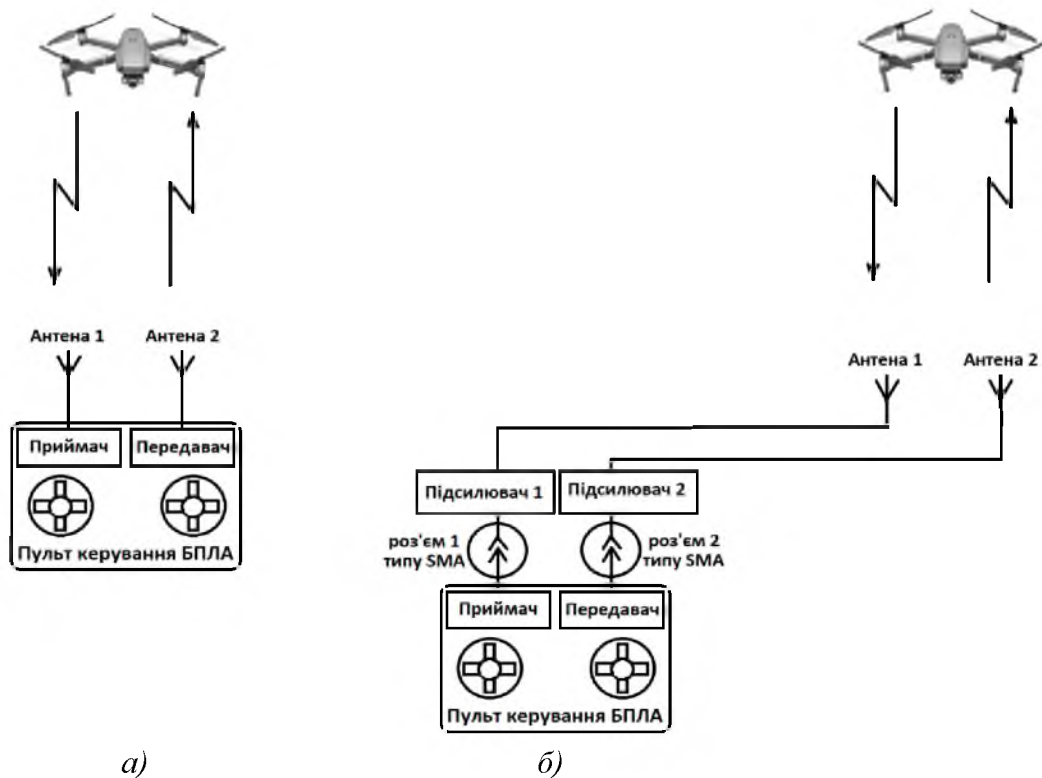


Рис. 2. Модернізація пульта керування БПЛА для можливості віддаленого керування з укриття:
 а – типова схема керування БПЛА; б – варіант модифікації для роботи з укриття

Додатково, враховуючи сучасний стан озброєння ЗСУ розвідувальними БПЛА, підрозділів ЗСУ оперативної ланки та необхідність використання цивільних систем БПЛА при відсічі збройної агресії, необхідно зробити глобальні **висновки**.

Висновки:

1. Використання цивільних БПЛА вимагає проведення додаткових випробувань та збору даних про виявлення, відстеження, ідентифікацію та технології боротьби з БПЛА.
2. Недосконалість існуючих процедур із закупівлі озброєння та військової техніки для ЗСУ призводить до ризику навмисного блокування ворогом при закупівлі критичних для війська товарів, що відповідають STANAG та вимогам безпеки, за рахунок використання відкритості процедур та звичних йому методів гібридного впливу.
3. Виробники військової техніки повинні розділяти відповідальність за сприяння в обмеженні доступу до систем контролю вразливих об'єктів для польотів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Панченко І. В., Восколович О. І., Колтовсков Д. Г., Бернацький А. П., Слотвінська Л. І., Петрова Д. В. Основи теорії і практики використання безпілотних авіаційних комплексів ретрансляторів: навч. посіб. Київ: ВІТІ, 2021. 248 с.
2. DJI Aeroscope // DJI. URL: <https://www.dji.com/aeroscope>.
3. Як китайський виробник квадрокоптерів DJI може допомагати РФ у війні // Texty.org.ua: незалежне онлайн-видання. URL: <https://texty.org.ua/fragments/106162/yak-kytajskyj-vyrobnik-kvadrokopteriv-dji-mozhe-dopomahaty-rf-u-vijni-rozsliduvannya-ep/>.
4. Gartner: website. URL: <https://www.gartner.com/en/documents/delivery-large-batch-radar-systems-russia>.
5. Дрони на війні, або Як виробник квадрокоптерів DJI може допомагати РФ // Broadcast: електронний журнал. URL: <https://broadcast.net.ua/uk/tech-articles/6342-droni-na-vijni-abo-yak-virobnik-kvadrokopteriv-dji-mozhe-dopomagati-rf-u-vijni>.
6. DJI Reassesses Sales Compliance Efforts In Light Of Current Hostilities // DJI. URL: <https://www.dji.com/newsroom/news/dji-statement-on-sales-compliance-efforts>.
7. E-Katalog: вебсайт. URL: <https://ek.ua/list/943/dgi/>.
8. E-Katalog: вебсайт. URL: [https://ek.ua/ua/ek-list.php.brands \(autel\)](https://ek.ua/ua/ek-list.php.brands (autel)).