

УДК 681.384.3

*Є.О. Васильчук, студент гр. ПО-11мп, д.т.н., проф. Микитенко В.І.*  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

## **ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ЗАСОБИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

**Анотація.** В даній статті розглядається проблематика виявлення малогабаритних безпілотних літальних апаратів. Метою роботи є аналіз МБЛА, як об'єкта виявлення, при використанні різних оптичних та оптико-електронних методів.

**Ключові слова:** малогабаритні безпілотні літальні апарати, оптичні та оптико-електронні методи, БЛА, дистанційні спостереження.

### **ВСТУП**

Останнє десятиліття поряд із традиційними пілотованими літальними апаратами широко впроваджуються у практику безпілотні літальні апарати (БЛА), які можуть залучатися як для ведення повітряної розвідки місцевості, спостереження за об'єктами, дистанційного моніторингу природних ресурсів, так і у військових цілях. Їхніми характерними особливостями є: малі розміри, мала потужність рухової установки, застосування при їх виготовленні композитних матеріалів. З появою середніх та малих БЛА завдання протидії їх застосуванню у особливо контрольованих зонах суттєво актуалізувалися.

Найбільш складними щодо протидії є малі БЛА – малогабаритні та малошвидкісні (МБЛА). До додаткових факторів, які перешкоджають ефективній протидії таким апаратам, належать:

- використання високоманеврених та «рваних» режимів польоту;
- використання в конструкції пластикових та композиційних матеріалів, що слабо відбивають електромагнітне випромінювання;
- використання для управління БЛА не виділених командних радіоліній управління на основі окремих засобів зв'язку, а вже існуючої зв'язкової інфраструктури мобільних операторів зв'язку та точок доступу Wi-Fi [1].

### **МБЛА**

МБЛА поділяються на дві основні групи:

1. МБЛА, маса яких досягає від кількох грам до 2 кг, мають велику масовість виробництва (відповідно - використання) та низьку вразливість до існуючих засобів боротьби з повітряними цілями;

2. МБЛА, маса яких знаходиться в діапазоні від 2 кг і вище, мають велику вартість виробництва та вразливість. З урахуванням нових засобів захисту та зв'язку деякі з цих МБЛА можна віднести до першої групи.

МБЛА застосовують у різних тактичних умовах. Способи їх застосування включають не тільки політ на гранично малих висотах, але і використання різноманітних перешкод, а також зниження радіопомітності, рівня інфрачервоного випромінювання і акустичного шуму. Відмінність від існуючих безпілотних та пілотованих літальних апаратів полягає в тому, що МБЛА мають більшу маневреність навіть у складних умовах рельєфу місцевості. Рух у просторі МБЛА можуть здійснювати на гранично малих висотах, у широкому діапазоні швидкостей (до 400 км/год), ущелинах та ярах, у тіні від місцевих

пагорбів і за горизонтом. Тому їх виявлення існуючими методами є складним чи неможливим.

Крім МБЛА військового призначення все більшого розвитку отримують МБЛА для комерційного використання - "дрони" (квадрокоптери, мультикоптери) з дистанційним керуванням. Популярність і доступність «дронів» стрімко зростають. За два роки, з 2013 по 2015, ринок «дронів» збільшився на світовому ринку у 7 разів. Разом із зростанням продажів «дронів» [2] зростає кількість правопорушень їх застосування: тероризм, шпіонаж, вандалізм, пошкодження майна, транспортування заборонених грузів, нагляд.

## МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ МБЛА

В таблиці 1 наведені можливості різних методів при вирішенні завдань, ідентифікації та супроводу МБЛА [3].

Таблиця 1 - Можливості різних методів для виявлення малих МБЛА

Характеристика	Радіо		Оптичні			Акустичні
	РЛ засоби	РРТ засоби	ОЕ засоби у видимому діапазоні	ОЕ засоби в ІЧ діапазоні	Лазерні засоби	Акустичні засоби
Виявлення в денний час	+	+	+	-	+	+
Виявлення в нічний час	+	+	-	+	+	+
Виявлення в умовах природних перешкод	+	+	+	+	+	+
Виявлення БПЛА серед природних об'єктів	-	+	-	-	-	+-
Виявлення у складних погодних умовах	+-	+	-	-	-	-
Ідентифікація БПЛА	-	+	+-	+-	-	+
Супровід і формування траєкторії	+	+	+	+	+	+
Дальність дії	висока	висока	середня	середня	середня	низька

\*РЛ – радіолокаційні, РРТ – радіотехнічна розвідка, ОЕ - оптикоелектронні

Як бачимо, для виявлення МБЛА існує багато методів та способів, розглянемо детальніше оптичні та оптико-електронні (ОЕ) методи.

ОЕ засоби видимого діапазону є досить надійним засобом виявлення малорозмірних МБЛА, що представляють складності для РЛ засобів. Однак, ефективність оптичного виявлення БПЛА істотно залежить від факторів навколишнього середовища, насамперед, від часу доби та погодних умов. Виявлення БПЛА ОЕ засобами допустимо за можливості побудови проекції його візуального вигляду проекції на картинну площину після використання всіх можливих способів підвищення контрастності та відновлення пропущених елементів графічного образу. Збільшення дальності виявлення досягається за рахунок звуження поля зору засобу ОЕ спостереження, зменшення зони огляду і збільшення часу пошуку. Тому ОЕ засоби у видимому діапазоні є не дуже ефективними пристроями щодо пошуку БПЛА [4].

Застосування оптичного збільшення в ОЕ засобах, що використовуються в даний час в системах виявлення та супроводу повітряних цілей, дозволяють збільшити дальність виявлення БПЛА у 4,5-14 разів, зокрема [3]:

- зі збільшенням 4,5-крат – до 2,2 км;
- зі збільшенням 14-крат – до 6,7 км.

Однак очевидно, що при оптичному збільшенні знижуватиметься ймовірність виявлення БПЛА через звуження області оглядового простору [3].

Крім ОЕ засобів, що працюють у видимому діапазоні, виявлення БПЛА можливе ОЕ засобами, що працюють в ІЧ-діапазоні. ОЕ засоби ІЧ-діапазону особливо ефективні у нічний час. Тепло від БПЛА виділяється, в основному, силовою установкою та електронними компонентами, а також точками гальмування на несучих краях крил, пропелерів та гвинтів. Крім того, у конструкції БПЛА можуть використовуватися матеріали з високою теплопровідністю, такі як срібло та алюміній. У кожному конкретному випадку можливість БПЛА бути виявленим у ІЧ діапазоні визначається його тепло-випромінювальною здатністю, контрастом та площею випромінювання [5]. Їх принцип дії заснований на тому, що променистий потік, створюваний об'єктами, що спостерігаються, фокусується за допомогою оптичної системи (об'єктива) на світлочутливу матрицю приймачів променистої енергії (або лінійну, або прямокутну). Сигнали з виходів елементів світлочутливої матриці піддаються відповідній обробці, переводяться в цифрову форму та відображаються на екрані монітора у вигляді відміток яскравості. В результаті вдається отримати на екрані монітора видиме зображення об'єктів, що спостерігаються, на тлі місцевості.

Проблема спостереження МБЛА будь-якими засобами полягає в малій ефективній площі розсіювання корпусу апарата. Якщо апарат працює в пасивному режимі, то єдиним шляхом підвищення дальності його виявлення є збільшення контрасту його зображення на фоні неба. В ОЕ спостереженнях це можливо зробити з допомогою лазерного підсвічування, спектральної селекції, поряриметричними методами аналізу випромінювання. Перший шлях супроводжується суттєвим ускладненням апаратури ОЕ спостереження, унеможливорює скритність виявлення, а також обмежується по дальності потужністю лазерної підсистеми. Методи спектрального та поряриметричного аналізу є значно перспективнішими.

## **ПЛАТФОРМИ ДЛЯ РОЗМІЩЕННЯ ОЕ АПАРАТУРИ**

Перспективними платформами для розміщення ОЕ апаратури виявлення є наземні рухомі засоби – як керовані, так і автоматичні [7]. Наприклад, рухомий наземний комплекс "Хелвс" монтується на тактичному автомобілі (пікапі або баггі) і керується одним оператором [5]. Лазерна установка наводиться ОЕ системою виявлення, ідентифікації та визначення координат БПЛА. Заряд акумуляторних батарей повинен забезпечувати чотиригодинну роботу в режимі очікування та понад 20 лазерних пострілів у режимі ураження цілей. Існують також версії виконання комплексу "Хелвс", що забезпечують його застосування з інших носіїв, наприклад, літаків або вертольотів.

Для військово-морських сил США розроблено варіанти лазерних комплексів ПБПЛА. Так, у 2020 році успішно випробувано високоенергетичний КЛЮ "Геліос", призначений для знищення БПЛА різного типу. Комплекс включає засоби ОЕ розвідки та лазерного ураження малорозмірних цілей. Він вважається комплексом лазерної зброї корабельного базування і розміщується безпосередньо на військових кораблях. Також вони можуть бути розміщені на базі бронетранспортера «Страйкер» [7].

## **ВИСНОВКИ**

У статті розглянуто БПЛА, особлива увага приділена МБЛА. Визначено, що виявлення малогабаритних БПЛА є не простою задачею. Розглянуто різні методи виявлення МБЛА та показано особливості оптико-електронних методів протидії МБЛА. Визначено проблему спостереження МБЛА різниці засобами, яка полягає в малій ефективній площі розсіювання корпусу апарата.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Ростопчин В. В. Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона – проблемы и перспективы противостояния // Беспилотная авиация [Электронный ресурс]. 2019. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/331772628\\_Udarnye\\_bespilotnye\\_letatelnyy](https://www.researchgate.net/publication/331772628_Udarnye_bespilotnye_letatelnyy).
- [2] Баканеев С.А. Робототехнические комплексы военного назначения для ракетных войск и артиллерии Сухопутных войск // Робототехника. – 2017. – № 2 (44). – С. 7-14.
- [3] Еремин Г. В., Гаврилов А. Д., Назарчук И. И. Малоразмерные беспилотники – новая проблема для ПВО // Отвага [Электронный ресурс]. 29.01.2015. № 6 (14). – URL: <http://otvaga2004.ru/armiya-i-vpk/armiya-i-vpkvzglyad/malorazmernye-bespilotniki/>.
- [4] Vozhdaev V. V., Teperin L. L. *Harakteristiki radiolokacionnoï zametnosti letatel'nyh apparatov* [Characteristics of radar visibility of aircraft]. Moscow, Fizmatit Publ., 2018. 376 p. (in Russian)
- [5] Dmitriev M. L., Pokrovskij M. V., Rostopchin V. V., Fedin S. I. *Vozvrashchaemyj bespilotnyj letatel'nyj apparat s trekhopornym shassi* [Returnable unmanned aerial vehicle with a tricycle landing gear]. Patent Russia no. 2408500. 2008. Available at: [http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS\\_Ru#1548576482683](http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1548576482683).
- [6] Тарасов В. В., Якушенков Ю. Г. *Инфракрасные системы «смотрящего» типа*. М.; «Логос», 2004, 452 с.
- [7] Микитенко В.І. Підвищення живучості прицільно-пошукової системи наземного роботизованого комплексу/ Микитенко В.І., Мельник О.Д., Сенаторов В.М. // Вісник Київського політехнічного інституту. Серія «Приладобудування».- 2021. – № 61(1) (2021). – С. 26-31.

*Наук. керівник – д.т.н., проф. Микитенко В.І.*