

Elektroniczne systemy ochrony przed BSP

Streszczenie. W pracy przedstawiono przegląd literatury dotyczącej wykrywania oraz zwalczania Bezzałogowych Systemów Powietrznych (BSP). Skoncentrowano się na przedstawieniu najnowszych rozwiązań systemów do wykrywania BSP oraz zwalczania za pomocą ataków elektronicznych, cybernetycznych oraz kinetycznych.

Abstract. This paper presents a literature review on detection and combating Unmanned Aerial Systems (UAV). It focuses on presenting latest solutions for detection of UAVs and combating them by means of various types of attack: cyber, electronic and kinetic. (Electronic systems for protection against UAVs). (The literature review on detection and combating Unmanned Aerial Systems)

Słowa kluczowe: Bezzałogowe Systemy Powietrzne, klasyfikacja BSP, Systemy zwalczania BSP, Systemy wykrywania BSP.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, classification of UAV, UAV combat systems, UAV detection systems

Wstęp

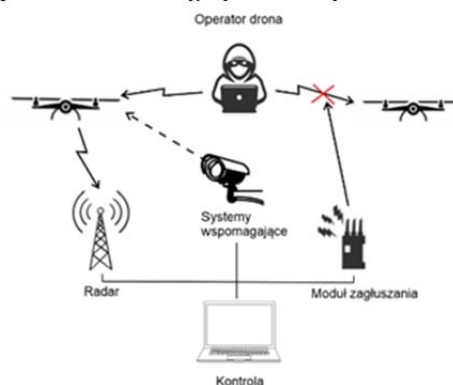
Bezzałogowe systemy powietrzne (BSP) posiadają długą, przeszło stoletnią historię, począwszy od pierwszych brytyjskich samolotów-pocisków kontrolowanych radiowo z czasów I wojny światowej [1] aż do samodzielnie funkcjonujących samolotów rozpoznawczo-bojowych typu Rapier X-25.

Na przestrzeni lat BSP wykonywały różnicowane przedsięwzięcia militarne: rozpoznanie obrazowe, rozpoznanie elektroniczne. Pełniły funkcje środków napadu powietrznego wyrabiając sobie reputację najbardziej śmiertelnej i efektywnej broni współczesnych czasów [2]. Jednakże nigdy w swojej historii nie były tak popularne jak obecnie. Początek XXI wieku zrewolucjonizował wykorzystanie tychże maszyn, nie stanowią już one tylko dróg w eksploatacji systemów o najwyższej klauzuli wojskowej, lecz są częścią przemysłu cywilnego – BSP klasy mini znalazły szczególną niszę w fotografii, turystyce i rekreacji, wykorzystywane są przez naukowców oraz znajdują zastosowanie w logistyce, jako dron-kurier [3]. Popularność BSP wymusiła wprowadzenie regulacji odnośnie ich eksploatacji – ograniczenia wagi, wysokości lotów oraz posiadanie certyfikatów takich jak VLOS NSTS-01 bądź BVLOS NSTS-05 [4] stawiające wymogi dla operatorów cywilnych. Rozwój tych systemów narzuca zapotrzebowanie na systemy zdolne do kontrolowania przestrzeni ich lotów bądź ich fizyczne zlokalizowanie oraz zniszczenie, jeżeli naruszają strefy wykluczone (szczególnie w aspekcie militarnym bądź ochronie infrastruktury kluczowej). Zwalczanie tych systemów jest procesem wieloelementowym, co jest ściśle powiązane ze zróżnicowaniem pod względem konstrukcji, masy, sposobu lotu oraz klasy jednostki powietrznej [5]. Wiąże się to z odpowiednim dopasowaniem przedsięwzięć realizowanych w celu zapobiegania działalności BSP. Konstruktor takiego systemu musi jasno określić role oraz cel działania – czy taki system ma doprowadzić do zniszczenia, zagłuszenia lub przechwycenia, czy też nawet przejęcia kontroli nad BSP [6]. Sposoby zwalczania bezzałogowych statków powietrznych charakteryzują się zróżnicowanymi metodami walki, takimi jak zagłuszenie częstotliwości, kierowanie wiązek laserowych czy bardziej konwencjonalne podejście jak użycie wyspecjalizowanej broni przeciwlotniczej (zwalczanie kinetyczne).

Podstawowe pojęcia i klasyfikacja systemów elektronicznej ochrony przed BSP

Z uwagi na fakt, iż użycie kinetycznych środków zwalczania BSP nie zawsze jest możliwe z powodu

stworzenia potencjalnego ryzyka dla osób postronnych, obiektów o znaczeniu strategicznym lub infrastruktury krytycznej, pożądanym sposobem neutralizacji zagrożenia ze strony BSP są podejścia niedestrukcyjne. Popularną metodą jest obezwładnienie celu bądź nawet przejęcie nad nim kontroli. Jest to realizowane z zastosowaniem kilku różnych technik, do najpopularniejszych należą: zakłócanie systemu sterującego, nadawanie fałszywego sygnału GPS, generowanie impulsów elektromagnetycznych. Przykładowy schemat działania systemu elektronicznej ochrony przed BSP przedstawiono na rysunku 1. Autorzy w artykule skupią się na analizie dostępnych rozwiązań.



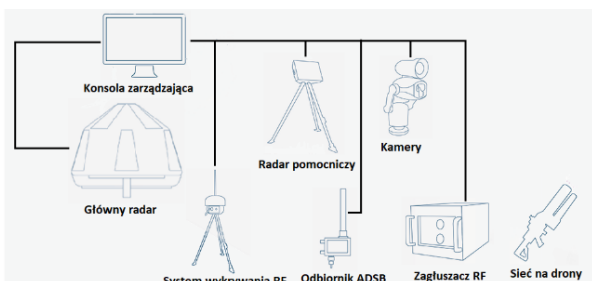
Rys. 1. Przykładowy schemat działania systemu elektronicznej ochrony przed BSP

Jednym z najważniejszych zadań systemu obrony przed BSP, poza samą neutralizacją zagrożenia, jest wykrycie celu. Odbywać może się to, w zależności od omawianego systemu, z wykorzystaniem jednej lub kilku technik, takich jak: analiza spektrum sygnałów radiowych, sensory akustyczne, sensory optyczne i radary. Każdy z tych sposobów niesie ze sobą wiele wad i zalet, nie ma jednego idealnego sposobu detekcji BSP. Analiza dostępnych systemów elektronicznych do ochrony przed BSP wykazuje dwa zasadnicze nurty projektowe pierwszy z nich to systemy przenośne (przenoszone przez operatora, bądź montowane na pojeździe) natomiast drugi to systemy stacjonarne. Oba rozwiązania mają swoje zalety, w przypadku systemów przenośnych wskazuje się na niewielką masę i znaczącą możliwość manewru ogniem, w przypadku systemów stacjonarnych duży zasięg i efektywność neutralizacji.

QinetiQ (OBSIDIAN)

QinetiQ (OBSIDIAN) jest to w pełni zautomatyzowany system wykrywania, lokalizowania oraz identyfikacji BSP

(Rys. 2) – w porównaniu do innych pokrewnych systemów nie ma zaimplementowanego systemu zwalczania BSP, jednakże producenci zapewniają wysoką kompatybilność z rozwiązaniami posiadającymi możliwości zwalczania BSP [7]. System składa się z radaru 10,2 -10,4 GHz, który zapewnia wykrycie BSP w promieniu do 4 km (w pełnym 3D) z możliwością śledzenia do 100 celów. Radar wspierany jest kamerą o rozdzielczości 1920p x 1080p z przybliżeniem 30-krotnym. Kamera pełni rolę identyfikującą nadlatujące BSP.



Rys. 2 Schemat systemu QinetiQ wraz z obsługiwanyimi dodatkowymi modułami [7]

Cały system zarządzany jest przez konsolę, która na mapie ochranianego terenu w czasie rzeczywistym wyświetla zaobserwowane BSP.

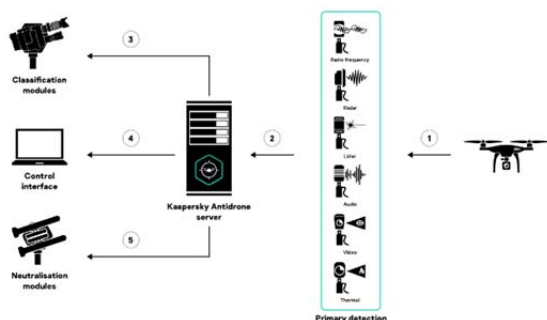


Rys. 3 QinetiQ(OBSIDIAN) wraz z dronem „chwytaczem” wyposażonym w sieć do łapania BSP [7]

Kaspersky Antidrone

Kaspersky Antidrone jest to rosyjski system wywodzący się z organizacji znanej z zabezpieczeń komputerowych [8]. System ten charakteryzuje się dużą różnorodnością sensorów (rys. 4).

Podstawowym modułem jest radar wykrywający BSP znajdujące się w odległości do 1,8 km. Zaimplementowanie skanerów częstotliwości radiowych RF umożliwia wykrycie sygnału z BSP a także wykrycie operatora sterującego BSP w promieniu do 4 km. Kamery termowizyjne umożliwiają identyfikację BSP w każdych warunkach pogodowych a skaner Lidar umożliwia namierzenie BSP w obrębie do 300 metrów.



Rys. 4 Schemat systemu Kaspersky [8]

System jest również wyposażony w kamery dzieńne dużej rozdzielczości umożliwiające wykrycie i identyfikację BSP w odległości do 500 metrów. Panel kontrolny wyposażony jest w system wykorzystujący algorytmy sztucznej inteligencji. W wyniku analizy informacje ze

wszystkich sensorów są nanoszone na interaktywną mapę 2d z interfejsem graficznym. Twórcy przewidzieli wsparcie dla serwerów zbierających dane o naruszeniach ochranianych stref [9].

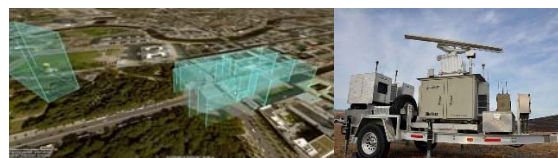


Rys. 5 Kamera horyzontalna, panoramiczna oraz ruchomy statyw podążający systemu Kaspersky [9]

System Kaspersky Antidrone nie został wyposażony w własny system do zwalczania BSP.

Anti-drone Long-range counter-UAV system

Firma Antidrone prezentuje modułowe systemy zwalczania BSP skonstruowane z użyciem rozwiązań autorskich oraz rozwiązań firm zewnętrznych, ukierunkowanych na działanie na bliskim, średnim oraz dalekim zasięgu [10]. Jest to jeden z większych systemów do wykrywania i identyfikacji BSP jaki jest produkowanych na świecie [11]. System generuje interaktywną mapę 3D ochranianego terenu oraz nanosi wykryte i zidentyfikowane obiekty. Zastosowane sensory zapewniają wykrycie BSP klasy Large do 48 km w zależności od rozmiarów BSP. Radar będący na wyposażeniu wykrywa BSP klasy Mikro w odległości do 6 km, natomiast klasy Medium od 11 km. System wyposażony jest w wyspecjalizowane sensory akustyczne mające możliwość wykrycia BSP z odległości do 2 km. System umożliwi również wykrycie i namierzenie sygnału operatora w odległości do 1350 m. System wyposażony został w urządzenia do zakłócania częstotliwości GSNS oraz częstotliwości radiowych w zakresach [11]: 430 - 440 MHz, 459 - 461 MHz, 868 - 870 MHz; 902 - 928 MHz, 2400 - 2490 MHz, 5700 - 6000 MHz.



Rys. 6 Mapa 3D oraz radar Harrier zaimplementowany w systemie Anti-drone [10]

AUDS

Dzieło brytyjskiego konsorcjum – AUDS, jest w pełni zintegrowanym systemem zbudowanym z wyłącznie autorskich rozwiązań, zdolnym do zlikwidowania BSP w czasie poniżej 15 sekund. Zbudowany jest z czterech modułów: wykrycia, tropienia, blokowania oraz zarządzania. Producent dostarcza system w trzech konfiguracjach: mobilny na pojazdach, stacjonarny zamontowany na wyspecjalizowanej wieży oraz przenośny z wykorzystaniem statywów [12][13].



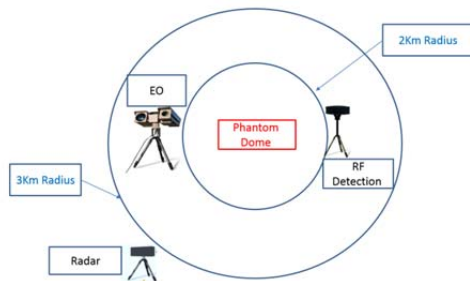
Rys. 7 System AUDS w trzech wersjach

System wyposażono w radar pracujący w paśmie K, zapewnia on wykrycie BSP o prędkości do 400 km/h w

odległości do 3,6 km w zakresie 180 stopni. ADUS został również wyposażony w kamerę termowizyjną oraz kamerę wysokiej rozdzielczości światła dziennego (Kamera Piranha 46). Sytuacja obrazowana jest w aplikacji sterującej na mapie 2D w połączeniu z widokiem z kamer w czasie rzeczywistym. System wyposażony jest w moduły do zagłuszania częstotliwości GNSS oraz częstotliwości radiowych 433 MHz, 925 MHz, 2.4 GHz, 5.8 GHz. Może zagłuszać jedną lub więcej częstotliwości jednocześnie.

Phantom Dome

Phantom Dome jest to system izraelskiej firmy Phantom Technology, przeznaczony do stacjonarnej ochrony przed BSP wyznaczonych stref [15]. System wyposażony jest w radar 3D oraz skaner radiowy RF wykrywający BSP znajdujące się w strefie chronionej. System umożliwia śledzenie do 200 celów. Intruz jest namierzany radarem a następnie identyfikowany przez kamery. Na podstawie zawartej w bazie danych informacji na temat rodzajów komunikacji BSP dobierana jest odpowiednia częstotliwość do zagłuszenia i wyeliminowania BSP intruza. Phantom Dome wyposażono w radar pracujący w paśmie C lub X. Zapewnia on wykrycie BSP klasy Large i Medium w odległości do 20 km, natomiast w klasie Mini BSP jest wykrywany w odległości od 3,5 km.



Rys. 8 Schemat obszaru chronionego [16]

System posiada kamery termiczne oraz kamery dzienne wysokiej rozdzielczości. System wyposażony jest w nadajniki do zagłuszania częstotliwości GPS, ISM, Video & W-LAN oraz częstotliwości w zakresie: 433 MHz - 435 MHz, 868 MHz - 915 MHz, 1575 MHz - 1610 MHz, 2400 MHz - 2483 MHz, 5150 MHz - 5825 MHz o mocy 50W. Wykorzystują one modulację: biały szum, oraz FH Frequency Hopping. Skuteczne zagłuszanie uzyskuje się w odległości do 1 km, z możliwym rozszerzeniem do 4 km [16].

NQDefense ND-BU001

NovoQuad Defense jest to amerykańska firma której głównym zadaniem jest projektowanie oraz budowa systemów Anti-UAV oraz systemów C-UAS (Counter Unmanned Aerial System).



Rys.9 System NQDefense ND-BU001 [17]

Firma ta zajmuje się produkcją systemów przeznaczonych dla indywidualnych konsumentów. System ND-BU001 został zaprojektowany z myślą o zwalczaniu BSP klasy mikro. Do zwalczania BSP wykorzystuje się zakłócanie sygnałów radiowych [17]. System ten przeznaczony jest do zapobiegania nielegalnym wtrągnięciom BSP na tereny prywatne, powstrzymywaniu ataków terrorystycznych jak i zwalczaniu przemytu nielegalnych substancji z wykorzystaniem BSP [18]. System ten składa się z trzech podstawowych elementów: radaru, modułu zakłóceń, kamery. Głównymi zaletami podsystemu wykrywającego jest aktywny radar 3D, możliwość namierzenia oraz śledzenia do 128 celów poruszających się z prędkością do 25 m/s w odległości do 3 km. Radar jest w pełni autonomiczny umożliwia śledzenie przestrzeni powietrznej przez całą dobę [18]. ND-BU001 wyposażony jest w kamerę wysokiej rozdzielczości umożliwiającą wykrycie BSP w odległości do 2,4 km oraz identyfikację BSP do 500 metrów. System wyposażono również w kamerę termowizyjną oraz moduł zakłóceń do zagłuszania GPS L1 i częstotliwości radiowych w zakresach: 410 MHz - 444 MHz, 840 MHz - 930 MHz, 1440 MHz -1480 MHz, 2,4 GHz - 2,49 GHz, 5,7 GHz - 5,9 GHz. Możliwość jednoczesnego zakłócania do sześciu częstotliwości wraz ze zdalnym ich wyborem [18].

Hertz Systems: system HAWK

System HAWK produkowany jest przez polską firmę Hertz Systems. Przeznaczony jest do obrony wyznaczonej strefy, poprzez wykrycie i neutralizację celu. System HAWK jest w znacznym stopniu konfigurowalny i może być dostosowywany w zakresie detekcji i śledzenia celów do aktualnych potrzeb użytkownika. Sercem systemu HAWK jest centrum monitorowania (dostępne w wersji stacjonarnej i mobilnej). Spływające dane z sensorów do centrum są przetwarzane i analizowane, pozwalając na śledzenie oraz identyfikację BSP swój – obcy. System HAWK wyposażony może być w następujące detektory [19]:

- Radar dalekiego zasięgu SDR4D (w technologii AESA (Active Electronically Scanned Array), zasięg do 25 km;
- Radar dokólny 3D (zasięg do 7,8 km, tryb skanowania sektorów, funkcja śledzenia);
- Radar sektorowy (zasięg do 3,4 km, możliwość połączenia w sieć, funkcja śledzenia);
- Radionamiernik (zasięg do 5 km, pozwala na namierzenie operatora, wbudowana biblioteka z bazą dronów, funkcja śledzenia);
- Sensor akustyczny (zasięg do 200m, wykorzystuje uczenie maszynowe);
- Sensory optyczne (zasięg do 1km, automatyczne podążanie za celem).

W zakresie neutralizacji BSP w ofercie Hertz Systems znajdują się trzy typy efektorów (Rys 11), pozwalające na zagłuszanie sygnału sterującego, bądź przejęcie kontroli nad BSP [19]. Do zwalczania wykorzystuje się:

- neutralizator stacjonarny, o zasięgu do 5 km. Zagłuszanie odbywa się w zakresie od 20 kHz do 6 GHz, pozwalając na zagłuszenie Wi-Fi oraz GNSS (Global Navigation Satellite Systems);
- Neutralizator ręczny, o zasięgu 1,5 km i wadze 4 kg, wyposażony w baterię pozwalającą na 60 minut pracy. Zagłusza Wi-Fi oraz GNSS.

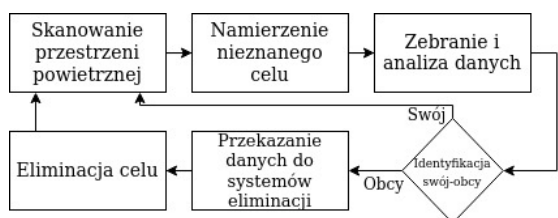
Uzupełnieniem efektorów zagłuszających jest HAWK Hacking System, pozwalający na przejęcie kontroli nad BSP i wskazywanie pozycji operatora w obszarze do 6 km. System nie zakłóca sygnałów Wi-Fi oraz GNSS. Moduł hakowania wykorzystuje technologię SDR (Software Defined Radio). Po wykryciu BSP pobierane są jego identyfikatory IFF (Identification Friend or Foe) i

dekodowany jest sygnał telemetryczny. Ogólny schemat działania algorytmu przedstawiono na rysunku 10. Z uwagi na modułową budowę, system pozwala zarówno na ustanowienie stacjonarnej strefy ochrony, mobilnego systemu montowanego na pojeździe, do obrony rozległego

terenu, jak i czasowego zabezpieczenia miejsc i obiektów z wykorzystaniem systemów przenoszonych przez żołnierzy [20].

Tabela 1. Zestawienie parametrów systemów do wykrywania i eliminacji BSP

Producent/ Parametry	QinetiQ (OBSIDIAN)	Kaspersky Antidrone	AUDS	Anti-drone Long-range	Phantom Dome	NQDefense ND-BU001	System HAWK
Wykrywanie	Radar	Radar	Radar	Radar	Radar	Radar	Radar
Zasięg	4 km	1,8 km	3,6 km	Mikro 4 -6 km Medium 7-11 km Large 26 - 48 km	Mikro BPS 3,5 km Pozostałe BSP 20 km.	3 km	7,8 km; 25 km
Śledzenie	Kamera	Kamera + Termiczna	Kamera + Termiczna	Skaner akustyczny Skaner RF	Kamera + Termiczna	Kamera + Termiczna	Radionamiernik Sensor optyczny Sensor akustyczny
Zasięg	2 km	0.3 - 0,5 km	-	2 km	-	2,4 km/0.5 km	5 km, 1 km, 200 m
Zwalczanie	Brak	Brak	Zakłócanie GNSS, 433 MHz, 925 MHz, 2,4 GHz, 5,8 GHz, .	Zakłócanie GSNS; 430 - 440 MHz 459 - 461 MHz 868 - 870 MHz 902 - 928 MHz, 2400 - 2490 MHz, 5700 - 6000 MHz.	Zakłócanie: GSNS, ISM, GPS, Video & W-LAN, 433 - 435 MHz, 868 - 915MHz, 1575 - 1610MHz, 2,400 - 2,483 MHz 5,150 - 5,825 MHz.	Zakłócanie: GPS L1 410 - 444 MHz 840 - 930 MHz 1440 - 1480 MHz 2,4 - 2,49 GHz 5,7 - 5,9 GHz	Neutralizator ręczny/stacjonarny WiFi, GSNS 20 kHz do 6 GHz 1,5 km; 5 km Hacking System do 6 km



Rys 10. Schemat blokowy algorytmu namierzenia i eliminacji BSP



Rys. 11. Efektory systemu HAWK firmy Hertz Systems [7]

Wnioski:

Systemy zwalczania BSP nie dotyczą tylko problematyki wojskowej. Szeroki rozwój BSP spowodował ich ogromną popularność w środowisku cywilnym i zarazem doprowadził do stworzenia nowych zagrożeń dla bezpieczeństwa infrastruktury krytycznej. Stąd też na rynku pojawiają się coraz to bardziej zaawansowane systemy zwalczania BSP ukierunkowane na rynek cywilny. W tabeli 1 przedstawiono zestawienie podstawowych właściwości prezentowanych w artykule zestawów do wykrywania i eliminacji BSP. Systemy wojskowe nastawione są przed wszystkim na kinetyczną eliminację BSP polegającą na zestrzeleniu za pomocą systemów przeciwlotniczych. Systemy cywilne opierają na miękkiej eliminacji BSP za pomocą zakłócania urządzeń radiowych. Wśród producentów widoczny jest nurt technologiczny polegający na szybkiej identyfikacji i zagłuszeniu sygnałów kontrolnych operatora, który naruszył niedozwoloną przestrzeń powietrzną. Wiele modeli BSP posiada możliwość automatycznego lądowania w wypadku utraty łączności z operatorem. Zapobiega to rozbiciu się drogiego pojazdu oraz zabezpiecza osoby postronne, które mogłyby zostać ranne w wyniku upadku BSP lub uszkodzeniu obiektów infrastruktury krytycznej. Miękką eliminacją BSP ma istotne znaczenie również w kwestiach militarnych, umożliwiając skuteczną ochronę obszaru bez

koniecznego ujawniania swojej pozycji, jak to ma miejsce w wypadku niszczenia z zastosowaniem środków kinetycznych. Umożliwia również przejęcie BSP przeciwnika w stanie nieuszkodzonym, dając wgląd w zastosowane przez przeciwnika technologie i długofalowo, stworzenie dedykowanych środków zaradczych.

Wiele oferowanych obecnie na rynku systemów są rozwiązaniami modułowymi, pozwalającymi niemalże swobodnie dobierać poszczególne podzespoły, środki wykrywania, śledzenia i eliminacji. Z punktu widzenia przyszłościowego, takie rozwiązania są bardziej perspektywiczne, pozwalają szybko dostosować się do rozwoju technologicznego i zmiennych warunków i obszarów działania. Nie można jednoznacznie wyłonić najlepszego systemu, z uwagi na mnogość zastosowań i wymagań użytkowników. Z pewnością można jednak stwierdzić, że „wyścig zbrojeń” w tym obszarze nabiera coraz większego tempa wraz z upowszechnieniem się BSP w obszarach zastosowań cywilnych i wojskowych.

Autorzy: dr inż. Krzysztof Górski, Akademia Wojsk Lądowych, Instytut Dowodzenia, ul. Czajkowskiego 109, 51-147 Wrocław, E-mail: krzysztof.gorski@awl.edu.pl., Sebastian Szymański, Igor Mielczarek, Jakub Grzesiak, Akademia Wojsk Lądowych, Koło Naukowe Łączności i Elektroniki, E-mail: s9229@edukacja.awl.edu.pl, s9145@edukacja.awl.edu.pl, s9208@edukacja.awl.edu.pl

LITERATURA

- [1] Palik M., Nagy M.: *A brief history of UAV development*, Repüléstudományi Közlemények 31(1), 2019, s.155-166, DOI:10.32560/rk.2019.1.13
- [2] Konert A., Balcerzak T.: *Military autonomous drones (UAVs) – from fantasy to reality*, Transportation Research Procedia, Vol. 59, 2021, s. 292-299.
- [3] Koldaev A.: *Non-military UAV Applications – 2007*
- [4] Rozporządzenie wykonawcze komisji (UE) 2019/947 w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezałogowych statków powietrznych.
- [5] Valavanis K. P.: *Vachtsevanos G. J., Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*, Springer, 2015.
- [6] Kratky M.: *Countering UAV – the Mover of Research in Military Technology*, Defence Science Journal 68(5), 2018 s. 460-466.
- [7] Strona producenta <https://www.qinetiq.com/en/what-we-do/services-and-products/counter-drone-systemsObsidian> (z dn. 14.04.2022 r.)

- [8] Strona producenta: <https://antidrone.kaspersky.com/en/>, (z dn. 14.04.2022 r.)
- [9] Karta katalogowa: https://antidrone.kaspersky.com/assets/documents/Kaspersky_Antidrone_Brochure_EN.pdf, (z dn. 14.04.2022 r.)
- [10] Strona producenta: <https://anti-drone.eu/> (z dn. 14.04.2022 r.)
- [11] Strona producenta: <https://anti-drone.eu/products/> (z dn. 14.04.2022 r.)
- [12] Strona producenta: <https://www.auds.com/technology/auds-eo-system/> (z dn. 14.04.2022 r.)
- [13] Karta katalogowa: <https://www.auds.com/wp-content/uploads/auds-brochure.pdf> (z dn. 14.04.2022 r.)
- [14] Karta katalogowa: <https://www.auds.com/wp-content/uploads/2018/05/auds-fact-sheet.pdf> z dn. 14.04.2022 r.)
- [15] Strona producenta: <https://phantom-technologies.com/about-us/> (z dn. 14.04.2022 r.)
- [16] Karta katalogowa: https://phantom-technologies.com/wp-content/uploads/2018/07/Phantom-Dome- WEB_PDF.pdf (z dn. 14.04.2022 r.)
- [17] Strona producenta: <https://www.nqdefense.com/vi/about-us/>
- [18] Strona producenta: https://www.nqdefense.com/products/anti-drone-system/nd-bu001-standard-anti-drone-system/#pll_switcher (z dn. 14.04.2022 r.)
- [19] Strona producenta: <https://www.hertzsystems.com/systemy-antydronowe>, (z dn. 14.04.2022 r.)
- [20] Materiał promocyjny producenta „Nowości Hertz Systems: System antydronowy HAWK”, portalmundurowy.pl, 2021. (z dn. 14.04.2022 r.)