

ZDOLNOŚCI PODODDZIAŁÓW OPL DO ZWALCZANIA BSP W WARUNKACH DZIAŁAŃ BOJOWYCH – DOŚWIADCZENIA Z KONFLIKTU ROSYJSKO-UKRAIŃSKIEGO

<https://doi.org/10.55676/asi.v7i1.104>

Streszczenie

Celem artykułu jest identyfikacja i ocena metod stosowanych przez pododdziały obrony przeciwlotniczej (OPL) w zwalczaniu bezałogowych statków powietrznych (BSP) w warunkach rzeczywistego konfliktu zbrojnego na przykładzie działań wojennych w Ukrainie w 2022 r. W opracowaniu zastosowano metody analizy i syntezy, dedukcji oraz studium przypadku, koncentrując się na praktycznym wymiarze funkcjonowania systemów OPL w obliczu powszechnego użycia BSP przez siły rosyjskie. W wyniku przeprowadzonej analizy ustalono, że największą skuteczność wykazują systemy przeciwlotnicze krótkiego i bardzo krótkiego zasięgu, mobilne zespoły ogniowe oraz środki walki elektronicznej. Zwrócono również uwagę na ekonomiczny aspekt zwalczania tanich BSP przy użyciu kosztownych efektorów, konieczność integracji środków rażenia w ramach wspólnego systemu dowodzenia (C2), a także na potrzebę dalszego rozwoju dedykowanych systemów przeciwdronowych. Doświadczenia operacyjne Sił Zbrojnych Ukrainy zostały wskazane jako cenne źródło wiedzy dla kształtowania skutecznych strategii obrony powietrznej w przyszłych konfliktach zbrojnych.

Słowa kluczowe: obrona przeciwlotnicza, bezałogowe statki powietrzne, BSP, konflikt zbrojny, zwalczanie dronów, przeciwdronowe systemy OPL

CAPABILITIES OF AIR DEFENCE IN COUNTERING UAVS IN COMBAT CONDITIONS – LESSONS FROM THE RUSSO-UKRAINIAN CONFLICT

Abstract

The main objective of this article is to identify and evaluate the methods used by air defense (AD) units to counter unmanned aerial vehicles (UAVs) in the context of a real armed conflict, using the war in Ukraine in 2022 y. as a case study. The research employs methods of analysis and synthesis, deduction, and case study, focusing on the operational effectiveness of Ukrainian AD systems facing widespread use of UAVs by Russian forces. The findings indicate that the most effective countermeasures include short- and very-short-range air defense systems, mobile fire units, and electronic warfare capabilities. The article also discusses the economic challenge of engaging low-cost UAVs with high-cost effectors, the necessity of integrating kinetic and non-kinetic measures under a unified command and control (C2) structure, and the need for continued development of specialized counter-drone systems. Operational experience gained by the Ukrainian Armed Forces is presented as a valuable foundation for shaping future air defense strategies in the face of evolving aerial threats.

Keywords: air defense, unmanned aerial vehicles, UAV, Ukraine, drone countermeasures, counter-UAV systems, armed conflict

1. Wstęp

Konflikt zbrojny w Ukrainie, rozpoczęty w 2022 r., unaoczniał przełomową rolę, jaką odgrywają bezałogowe statki powietrzne (BSP) na współczesnym polu walki. Skala ich zastosowania oraz różnorodność konstrukcji i funkcji sprawiają, że BSP stały się jednym z kluczowych środków walki zarówno w działaniach rozpoznawczych, jak i bojowych. Szczególne znaczenie mają one w kontekście zagrożeń powietrznych, które wymagają adaptacji klasycznych systemów obrony przeciwlotniczej (OPL) do nowych realiów operacyjnych. W obliczu aktualnej sytuacji coraz bardziej zasadne staje się rozważenie zagrożenia, jakie niosą ze sobą BSP jako odrębny i niezwykle groźny środek napadu powietrznego, który staje się coraz skuteczniejszą bronią na współczesnym polu walki. W obliczu braku spójnych i systematycznie aktualizowanych danych operacyjnych z pola walki pojawiła się potrzeba pogłębionej analizy efektywności działań podejmowanych przez pododdziały OPL w zakresie neutralizacji BSP.

Celem głównym niniejszej publikacji jest identyfikacja i ocena metod stosowanych przez pododdziały obrony przeciwlotniczej w zwalczaniu bezałogowych statków powietrznych w warunkach rzeczywistego konfliktu zbrojnego, na przykładzie działań wojennych w Ukrainie. W związku z tym, główny problem badawczy można sformułować następująco: Jakie metody i środki walki stosowane przez pododdziały obrony przeciwlotniczej są najskuteczniejsze w zwalczaniu bezałogowych statków powietrznych podczas działań zbrojnych?

Metoda analizy i syntezy wzajemnie się uzupełniają i stanowią pewnego rodzaju całość. Analiza została zastosowana przy rozpatrywaniu materiału badawczego. Rozkład działań BSP i OPL na poszczególne elementy w znacznym stopniu ułatwił uchwycenie istoty działania BSP oraz przeciwdziałania zagrożeniom generowanym przez drony.

W celu realizacji założeń badawczych zastosowano następujące metody:

- analiza i synteza – posłużyły do wyodrębnienia oraz uporządkowania informacji dotyczących działań BSP i sposobów ich zwalczania przez OPL, co pozwoliło na uchwycenie istoty omawianego problemu;
- indukcja i dedukcja – umożliwiły sformułowanie wniosków ogólnych na podstawie obserwacji jednostkowych przypadków oraz weryfikację hipotez dotyczących skuteczności poszczególnych środków przeciwdziałania;
- studium przypadku – analiza działań Sił Zbrojnych Ukrainy posłużyła jako przykład empiryczny, umożliwiający ocenę skuteczności wykorzystywanych rozwiązań w zwalczaniu BSP;
- krytyczna analiza źródeł otwartych – w tym danych pochodzących z publikacji wojskowych, raportów operacyjnych i informacji medialnych. Posłużyła do weryfikacji i oceny zastosowanych taktyk oraz efektorów przeciwdziałania BSP.

2. Zagrożenia generowane przez BSP

Według encyklopedii Britannica:

wojskowy statek powietrzny, który jest sterowany autonomicznie, zdalnie lub w sposób mieszany, i który może przenosić sensory, wskaźniki celów, uzbrojenie ofensywne lub nadajniki elektroniczne przeznaczone do zakłócania lub niszczenia celów przeciwnika. Pozbawione załogi, systemów podtrzymywania życia oraz wymogów bezpieczeństwa konstrukcyjnego charakterystycznych dla załogowych statków powietrznych, UAV mogą być wyjątkowo efektywne, oferując znacznie większy zasięg i dłuższy czas działania niż ich załogowe odpowiedniki¹.

Nieobciążone załogą, systemami podtrzymywania życia oraz wymogami bezpieczeństwa stawianymi załogowym statkom powietrznym, UAV mogą być niezwykle wydajne, oferując znacznie większy zasięg i wytrzymałość niż równoważne systemy załogowe.

Istnieje duża liczba kryteriów, które zostały użyte do klasyfikacji BSP, np.: rozmiar, przeznaczenie, w tym maksymalna masa startowa (ang. MTOW – *maximum takeoff weight*), warunki pracy, możliwości lub dowolna kombinacja tych i innych cech. Dzieje się tak, ponieważ ciężko opracować podział, który będzie pasować do wszystkich BSP. Poniżej omówiono najczęściej stosowane klasyfikacje, z którymi można się spotkać w literaturze². Kompleksową klasyfikację BSP wykazującą zarówno szeroką gamę systemów i ich możliwości, jak i wielu parametrów przedstawiono w tabeli 1.

¹ Tłumaczenie własne, <https://www.britannica.com/technology/unmanned-aerial-vehicle> [dostęp: 22.03.2023].

² D. Michalski, A. Michalska, *Protection against drone activity*, „Security Forum” 2017, t. 1, nr 1, s. 73–83, https://wsb.edu.pl/files/pages/634/security_forum_01_2017_8druk.pdf [dostęp: 22.03.2023].

Tabela 1. Klasyfikacja ogólna BSP

Kategoria	Masa (kg)	Zasięg (km)	Pułap (m)	Czas lotu (h)
Micro	<5	<10	250	1
Mini	<20	<10	150	<2
Close range (CR)	25–150	10–30	3,000	2–4
Short range (SR)	50–250	70–200	3,000	3–6
Medium range (MR)	150–500	70–200	5,00	6–10
MR endurance (MRE)	500–1,500	>500	8,000	10–18
Low altitude deep penetration (LADP)	250–2,500	>250	50–9,000	Brak danych
Low altitude long endurance (LALE)	15–25	>500	3,000	>24
Medium altitude long endurance (MALE)	1,000–1,500	>500	3,000	24–48
Strategic High altitude long endurance (HALE)	2,500–5,000	>2,000	20,000	>48
Stratospheric (STRATO)	>2,500	>2,000	>20,000	48
Exo-stratospheric (EXO)	Brak danych	Brak danych	>30,500	Brak danych
Unmanned combat AV (UCAV)	>1,000	1,500	12,000	2
Lethal (LET)	Brak danych	300	4,000	3–4
Decoys (DEC)	150–250	0–500	50–5,000	<4

Źródło: tłumaczenie własne na podstawie: K.P. Valavanis, G.J. Vaachtsevanos, *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*, Springer Reference, 2020, s. 85.

Kolejna klasyfikacja oparta została na kryterium masy BSP. Na tej podstawie określono trzy klasy, a w ich ramach podkategorie, w których sprecyzowane zostały dodatkowo wymagania, jakie powinny spełniać bezzałogowe statki powietrzne, aby można było zaklasyfikować je do odpowiedniej klasy oraz kategorii³. Klasyfikacja ta (określona i stosowana w NATO) została zaprezentowana w tabeli 2.

Tabela 2. Klasyfikacja BSP w NATO

Klasa	Kategoria	Szczebel	Pułap oper.	Zasięg	Wspierany dowódca
Klasa III (powyżej 600 kg)	HALE	Strategiczny	Do 65,000 ft	Bez ograniczeń (BLOS)	Strategiczny
	MALE	Operacyjny	Do 40,000 ft	Bez ograniczeń (BLOS)	Operacji połączonych
Klasa II (150–600 kg)	TACTICAL	Taktyczny	Do 3000 ft	200 km (LOS)	ZT/oddziału (dywizja/brygada)
Klasa I (poniżej 150 kg)	SMALL	Pododdział	Do 1,200 ft	80 km (LOS)	Oddziału/pododdziału (brygada/pułk/batalion)
	MINI	Pododdział	Do 1,000 ft	25 km (LOS)	Pododdziału (batalion/kompania)
	MICRO	Pododdział	Do 200 ft	5 km (LOS)	Pododdziału (pluton/drużyna)

Źródło: D. Kompala, *Systemy bezzałogowych statków powietrznych jako główny środek rozpoznania powietrznego w przyszłości*, „Obronność – Zeszyty Naukowe Wydziału Zarządzania i Dowodzenia Akademii Sztuki Wojennej” 2015, nr 2(14), s. 84.

³ D. Kompala, *Systemy bezzałogowych statków powietrznych jako główny środek rozpoznania powietrznego w przyszłości*, „Obronność – Zeszyty Naukowe Wydziału Zarządzania i Dowodzenia Akademii Sztuki Wojennej” 2015, nr 2(14).

W zależności od klasy BSP mogą generować różne zagrożenia zarówno dla sił, sprzętu, jak i dla infrastruktury⁴. Zagrożenia związane z atakami dronów na cele wojskowe są znacznie większe niż w przypadku tradycyjnych samolotów i rakiet. Poniżej przedstawiono, jakie niebezpieczeństwa generowane przez BSP mogą wystąpić w rejonie walk⁵.

Trudność wykrycia i identyfikacji – ze względu na małe rozmiary, niski przekrój radarowy oraz możliwość lotu na bardzo niskich wysokościach są trudne do wykrycia przez klasyczne sensory OPL. Dodatkowo, ich cicha praca i zdolność do działania w warunkach ograniczonej widoczności stanowią poważne wyzwanie dla systemów wczesnego ostrzegania.

Zdolność do działań rozpoznawczych – skutecznie realizują zadania rozpoznania obrazowego, elektronicznego i sygnałowego, umożliwiając przeciwnikowi uzyskanie aktualnych danych o rozmieszczeniu sił, stanie infrastruktury oraz prowadzeniu działań bojowych. Dane te mogą być przesyłane w czasie rzeczywistym, co zwiększa ich operacyjną wartość.

Trudność w zwalczaniu – wysoka manewrowość, niewielka powierzchnia odbicia radarowego i możliwość lotu na bardzo niskim pułapie utrudniają skuteczne zwalczanie BSP. Tradycyjne efekторы przeciwnocne (np. rakiety średniego zasięgu) mogą być niewydajne ekonomicznie wobec tanich dronów taktycznych lub improwizowanych.

Zdolność do precyzyjnych uderzeń – BSP uzbrojone w ładunki wybuchowe lub pełniące rolę amunicji krążącej (ang. *loitering munitions*) są zdolne do rażenia celów z dużą dokładnością. Ataki tego rodzaju mogą być wymierzone zarówno w siły zbrojne, jak i w infrastrukturę strategiczną, co powoduje poważne konsekwencje operacyjne i polityczne.

Zdolność do działania w warunkach asymetrycznych – niska cena i łatwość operowania BSP czynią je narzędziem szczególnie przydatnym dla aktorów niepaństwowych – grup terrorystycznych i nieregularnych formacji zbrojnych. Drony mogą być wykorzystywane do przeprowadzania zaskakujących ataków na cele wojskowe i cywilne, destabilizując sytuację w rejonie.

Ataki na infrastrukturę krytyczną – drony mogą zostać użyte do sabotażu infrastruktury energetycznej, telekomunikacyjnej, wodociągowej czy transportowej. Ich skuteczne użycie przeciwko takim obiektom może znacząco zakłócić funkcjonowanie systemów państwa.

Zakłócanie systemów nawigacyjnych – niektóre BSP mogą być wyposażone w systemy do prowadzenia działań w zakresie walki elektronicznej (EW), w tym do zakłócania sygnału GPS lub transmisji danych, co wpływa na utratę zdolności koordynacji działań przez własne jednostki.

Ryzyko błędnej identyfikacji celów – BSP mogą być używane zarówno przeciwko celom wojskowym, jak i cywilnym, a ich trudna identyfikacja może prowadzić do błędów, w tym ataków na obiekty chronione prawem międzynarodowym lub narażenia ludności cywilnej.

Podsumowując, skala i różnorodność zagrożeń generowanych przez BSP wskazują na potrzebę adaptacji systemów obrony powietrznej oraz rozwijania wyspecjalizowanych narzędzi i procedur przeciwdziałania. Zdolność do skutecznego rozpoznania, identyfikacji i neutralizacji BSP stanowi kluczowy element zapewnienia przewagi informacyjnej i operacyjnej na współczesnym polu walki.

⁴ O. Ceviz, S. Sen, P. Sadioglu, *A survey of security in UAVs and FANETs: issues, threats, analysis of attacks, and solutions*, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2024.

⁵ V. Ashok i in., *Security Threats of Unmanned Aerial Vehicles*, [w:] *Wireless Networks. Cyber Security Threats and Countermeasures*, red. H. Jahankhani, A. El Hajjar, Springer International Publishing, 2023, https://doi.org/10.1007/978-3-031-33631-7_5

3. Zadania realizowane przez BSP na polu walki

Bezzałogowe statki powietrzne pełnią obecnie kluczową rolę w prowadzeniu działań zbrojnych. Ich uniwersalność, relatywnie niski koszt oraz zdolność do działania w warunkach wysokiego ryzyka sprawiają, że wykorzystywane są przez siły zbrojne do realizacji szerokiego spektrum zadań⁶. Do najważniejszych funkcji pełnionych przez BSP należą:

Rozpoznanie – polega na pozyskiwaniu informacji o wrogu oddziale/pododdziale, jego ruchach, pozycjach i działaniach, a także o terenie, na którym odbywa się walka. Celem tego zadania jest uzyskanie dokładnych i aktualnych informacji, które pozwolą na lepsze zrozumienie sytuacji na polu walki i umożliwią podjęcie właściwych decyzji taktycznych. BSP wykorzystywane do zbierania informacji rozpoznawczych mogą być wyposażone w różne czujniki i kamery, które pozwalają na zbieranie danych o ruchach przeciwnika, jego pozycjach i liczbie żołnierzy. Będą także pozyskiwać informacje o terenie, na którym toczy się walka, takie jak topografia, układ dróg i budynków, co pozwala na lepsze planowanie działań taktycznych. Pozyskiwanie informacji rozpoznawczych należy do najważniejszych zadań BSP na polu walki. Dzięki wykorzystaniu tych systemów możliwe jest uzyskanie dokładnych i przede wszystkim aktualnych informacji, które są niezbędne do prowadzenia działań taktycznych⁷.

Wykonywanie precyzyjnych ataków – bezzałogowe bojowe statki powietrzne są wyposażone w uzbrojenie, co pozwala im na wykonywanie ataków precyzyjnych z powietrza. Dzięki temu wojska mogą eliminować wrogie cele, nie narażając się bezpośrednio na niebezpieczeństwo. Wykorzystanie BSP w precyzyjnych atakach umożliwia prowadzenie działań z mniejszym ryzykiem dla załóg lotnictwa taktycznego i bombowego, a zarazem pozwala na uzyskanie większej dokładności niż w przypadku tradycyjnych metod rażenia. W celu wykonywania precyzyjnych ataków BSP wyposażane są w różne rodzaje uzbrojenia, takie jak pociski kierowane czy bomby. Dzięki temu mogą prowadzić działania ofensywne przeciwko celom wrogu na różnych etapach konfliktu. Przed przystąpieniem do zwalczania celu BSP prowadzą rozpoznanie, które umożliwia określenie obiektu oraz jego dokładnej lokalizacji. Następnie, przy użyciu odpowiednich systemów kierowania ogniem, przeprowadzają atak na cel. BSP są w stanie określić precyzyjne dane o jego położeniu i wykorzystać je do kierowania ogniem, co pozwala na uniknięcie przypadkowego uszkodzenia innych obiektów czy osób znajdujących się w pobliżu celu. W sytuacjach, gdy konieczne jest prowadzenie działań ofensywnych z dużą precyzją i minimalnym ryzykiem dla sił własnych, wykorzystanie UAV do precyzyjnych ataków jest niezwykle skuteczne. BSP są w stanie działać w trudno dostępnych miejscach i na dużych wysokościach, dzięki czemu mogą dotrzeć do celów, które trudno jest zaatakować za pomocą innych metod.

Monitorowanie działań wroga – bezzałogowe statki powietrzne na obecnym polu walki będą używane do monitorowania działań wroga w danym rejonie. Dzięki temu dowódcy mają większą kontrolę nad sytuacją i mogą szybciej reagować na zmiany zachodzące w strefie działań. Celem tego zadania jest pozyskanie informacji o aktywności wroga, takiej jak przemieszczanie sił, rozmieszczenie sprzętu wojskowego czy analiza prowadzonych działań przeciwnika. Do monitorowania działań wroga BSP wykorzystują różnego rodzaju sensory, takie jak kamery, radary czy systemy śledzenia. Drony monitorujące działania przeciwnika są zdolne do pracy w czasie rzeczywistym lub zbierania danych w celu analizy w późniejszym czasie. W przypadku pracy w czasie rzeczywistym uzyskiwane informacje są przekazywane na bieżąco do komórek dowodzenia i innych jednostek, co umożliwia szybką reakcję na zmieniającą się sytuację na polu bitwy. Monitorowanie działań wroga jest niezwykle istotnym zadaniem podczas prowadzenia walki, ponieważ umożliwia zbieranie informacji o sile i planach strony

⁶ R. Austin, *Unmanned Aircraft Systems, UAV's Design, Development and Deployment*, Wiley 2010, s. 259–271.

⁷ K.P. Valavanis, G.J. Vaachtsevanos, *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*, Springer Reference, 2020, s. 85–90.

przeciwnej, co pozwala na lepsze przygotowanie do działań obronnych i ofensywnych. Dzięki wykorzystaniu BSP do tego zadania dowódcy mogą skuteczniej prowadzić walkę, sztaby precyzyjniej planować, a pododdziały realizować działania z większą efektywnością i mniejszym ryzykiem.

Wskazywanie celów (w tym rozpoznanie artyleryjskie) – zadanie polegające na wskazywaniu celów to jedno z kluczowych zadań realizowanych przez bezzałogowe aparaty latające w działaniach bojowych. Celem tego zadania jest wykrywanie, identyfikowanie i wskazywanie obiektów wroga dla innych jednostek wojskowych, takich jak artyleria, lotnictwo lub oddziały specjalne. W przypadku wykrycia celu BSP przekazuje o nim dane do zainteresowanego odbiorcy, który jest zdolny do przeprowadzenia precyzyjnego ataku. Wskazywanie obiektów wroga dla artylerii umożliwia precyzyjne kierowanie ogniem, co pozwala na osiągnięcie dużo większej skuteczności i redukcję strat wśród ludności cywilnej oraz własnych jednostek. W przypadku wskazywania celów dla jednostek specjalnych lub lotnictwa dostarczone informacje o położeniu obiektu umożliwiają skuteczne i bezpieczne przeprowadzenie operacji. Wskazywanie celów jest zadaniem, które wymaga od BSP dużej precyzji i szybkości działania. Bezzałogowe aparaty latające są zdolne do przeprowadzania misji w czasie rzeczywistym. Praca w czasie rzeczywistym umożliwia szybką reakcję na zmieniającą się sytuację na polu walki, co jest kluczowe w działaniach wojskowych.

Ocena skutków działań bojowych (ang. BDA – *Battle Damage Assessment*) – ten rodzaj zadań polega na zbieraniu informacji o skutkach ataku na cele przeciwnika. BSP wykorzystują różne sensory takie jak kamery, radary, lidary, aby dokładnie zbadać stan celu po przeprowadzonym ataku. W przypadku poważnych uszkodzeń może przekazać informacje o obiekcie, takie jak pozycja, typ uszkodzeń, wielkość i rozmiar do pododdziałów, które przeprowadziły atak na cel lub są odpowiedzialne za planowanie i wykonanie dalszych działań. Podczas wykonywania zadania BDA BSP musi działać szybko i precyzyjnie, aby zbierać jak najwięcej informacji w krótkim czasie. Bezpieczeństwo aparatu latającego jest również kluczowe, ponieważ w trakcie wykonywania zadania może być narażony zarówno na ostrzał przeciwnika, jak i przypadkowy atak wojsk własnych (tzw. *friendly fire*). Dane zebrane w trakcie wykonywania zadania BDA są priorytetowe dla oceny efektywności działań bojowych oraz planowania kolejnych działań. Z informacji uzyskanych przez BSP wynika, czy przeprowadzony atak był skuteczny, czy potrzebne jest dalsze oddziaływanie na cel lub modyfikacja planów ataku. Dzięki temu wojska własne mogą działać bardziej efektywnie i z mniejszym ryzykiem dla załóg samolotów załogowych czy pododdziałów rozpoznawczych, realizować ocenę skutków uderzenia, po czym wskazywać kolejne cele, aby skutecznie przenieść ogień na kolejny obiekt.

Lojalny skrzydłowy – skrzydłowy w lotnictwie oznacza samolot towarzyszący, którego zadaniem jest współpraca podczas lotu, obserwacja otoczenia i ochrona samolotu prowadzącego w trakcie misji. Taki bezzałogowy skrzydłowy to także tarcza odgrywająca rolę celu pozornego dla systemu obrony powietrznej przeciwnika. BSP lojalny skrzydłowy może również wykonywać lot demonstracyjny, mający za zadanie odwrócić uwagę przeciwnika od faktycznego celu misji połączonego zespołu lotniczego. Dzięki wykorzystaniu BSP do tego zadania można zminimalizować straty w lotnictwie załogowym oraz obniżyć koszty poniesionych strat, ponieważ bezzałogowe statki powietrzne są dużo tańsze w produkcji i eksploatacji.

Zadania logistyczne – w ramach zadań logistycznych BSP może pełnić wiele różnych funkcji, m.in. do inspekcji infrastruktury, takiej jak lotniska, bazy wojskowe czy linie transportowe. Dzięki temu możliwe jest szybkie wykrycie i naprawa szkód, a także zapewnienie bezpieczeństwa. BSP może być wykorzystywany do zbierania danych o warunkach pogodowych, ruchu na drogach, sytuacji na polu walki i innych informacji, które mogą być przydatne dla działań logistycznych. Bezzałogowe systemy latające mogą realizować zadania transportowania małych ładunków, takich jak leki, żywność, amunicja czy sprzęt medyczny. BSP wykorzystywany w ten sposób nazywa się dronem transportowym.

Jest to szczególnie przydatne w sytuacjach, w których potrzebne są szybkie dostawy na obszary trudno dostępne, takie jak tereny góryste czy w przypadku utrudnionego dostępu drogowego. Kolejnym zadaniem jest monitorowanie stanu zapasów, w tym poziomu paliwa, amunicji i żywności. W ten sposób jednostki wojskowe mogą szybciej reagować na niedobory i podejmować odpowiednie kroki. Dzięki wykorzystaniu BSP do zadań logistycznych siły zbrojne mogą działać skuteczniej oraz zwiększyć swoje zdolności do reagowania na sytuacje kryzysowe.

BSP są obecnie coraz szerzej wykorzystywane w ramach różnego rodzaju operacji wojskowych, jednocześnie słuszne jest założenie, że ich znaczenie, m.in. w zakresie rozpoznania, będzie w przyszłości coraz większe i staną się głównym środkiem rozpoznania z powietrza. Powyższe wnioski można wyciągać m.in. z faktu, że BSP umożliwiają zarówno rozpoznanie, jak i przekazanie zainteresowanym pozyskanych danych w czasie rzeczywistym, co umożliwia szybsze zdobycie wiedzy o aktualnej sytuacji na polu walki. Dzięki temu zyskuje się przewagę informacyjną, która będzie się przekładać na przewagę sytuacyjną pozwalającą na przeprowadzenie skutecznej operacji bez narażania życia żołnierzy, jednocześnie stwarzając zagrożenie dla przeciwnika. Możliwe jest zaakceptowanie ryzyka utraty BSP w trakcie prowadzonych działań bez ryzyka utraty załogi w celu wygenerowania jak największego zagrożenia dla strony przeciwnej.

4. Obrona przeciwlotnicza Ukrainy

Obrona przeciwlotnicza stanowi istotny element systemu obrony powietrznej państwa, którego zadaniem jest wykrywanie, śledzenie i neutralizacja środków napadu powietrznego – zarówno załogowych, jak i bezzałogowych. W przypadku konfliktu rosyjsko-ukraińskiego system OPL Ukrainy został poddany intensywnemu sprawdzianowi bojowemu w warunkach działań o wysokim natężeniu. Przez pojęcie „obrona przeciwlotnicza” rozumie się całokształt przedsięwzięć mających na celu osłonę wojsk w czasie prowadzenia działań bojowych i w rejonach ześrodkowania oraz ważnych obiektów wojskowych przed rozpoznaniem i uderzeniami z powietrza lotnictwa i bezzałogowych środków napadu powietrznego, głównie z małych wysokości⁸.

W kontekście dynamicznie zmieniającej się sytuacji międzynarodowej, w tym trwającego konfliktu Ukrainy z Federacją Rosyjską, rola i znaczenie ukraińskich sił obrony przeciwlotniczej nabiera coraz większego znaczenia. Z tego powodu, dokładna analiza sprzętu wojsk obrony przeciwlotniczej Ukrainy jest niezwykle ważna dla zrozumienia obecnego stanu militarnego kraju.

Struktury organizacyjne jednostek OPL w Siłach Zbrojnych Ukrainy są identyczne jak struktury organizacyjne tych wojsk w Rosji. Powodem takiej sytuacji jest fakt, że po rozpadzie państw Wspólnoty Niepodległych Państw Ukraina uznała, że wojska rosyjskie stacjonujące na jej terytorium są integralną częścią ukraińskich sił zbrojnych i nie podlegają zwrotowi. Z analizy struktur wojsk OPL Sił Zbrojnych Ukrainy można wyciągnąć kilka wniosków. Ukraina skupia się na zapewnieniu sobie skutecznej obrony przeciwko zagrożeniom powietrznym, a w szczególności przed atakami rakietowymi. Skomplikowanie sytuacji polityczno-militarnej w regionie wymusza na Ukrainie ciągłą modernizację swoich struktur wojsk OPL oraz podnoszenie ich poziomu przygotowania do działań bojowych. Najważniejszy wniosek jest taki, że struktury wojsk OPL Ukrainy dają możliwości stworzenia wielowarstwowej obrony przed potencjalnymi zagrożeniami powietrznymi, w tym BSP.

Przed wybuchem wojny główne wyposażenie wojsk rakietowych Sił Powietrznych Ukrainy stanowiło około 50–56 zestawów rakietowych przeciwlotniczych, w tym S-300PT/PS oraz 9K37M1 Buk. Ukraińskie siły obrony przeciwlotniczej, mimo posiadania głównie sprzętu pochodzącego z okresu radzieckiego, były jednymi z najlepiej wyposażonych wojsk OPL w Europie (z wyłączeniem Rosji).

⁸ A. Radomyski, K. Dobija, *Podręcznik przeciwlotnictwa*, AON, Warszawa 2014, s. 171.

Obrona przeciwlotnicza Ukrainy dysponowała potencjałem 4883 środków ogniowych, co dawało im 1474 kanały celowania⁹. Imponująca liczba kanałów świadczyła o siłach ukraińskiej obrony przeciwlotniczej, które posiadały możliwości rażenia całej gamy środków napadu powietrznego.

Po 24 lutego 2022 r. pozyskanie nowego sprzętu obrony przeciwlotniczej przez Siły Zbrojne Ukrainy oznacza zwiększenie ich zdolności obrony przed potencjalnymi atakami z powietrza. Uzbrojenie w nowoczesny sprzęt OPL ma kluczowe znaczenie dla państwa, zwłaszcza w sytuacji, gdy jego terytorium jest zagrożone przez zewnętrznego agresora. W przypadku Ukrainy pozyskanie nowych mobilnych zestawów rakietowych oznacza wzmocnienie możliwości obrony przed atakami powietrznymi. Nowoczesny sprzęt obrony przeciwlotniczej umożliwia kontrolowanie przestrzeni powietrznej, co pozwala na neutralizowanie zagrożeń zanim te dotrą do celu. Warto podkreślić, że pozyskanie nowego sprzętu OPL wymaga odpowiedniego szkolenia obsługi, aby móc skutecznie użytkować nowy typ uzbrojenia oraz maksymalnie wykorzystać jego możliwości.

Rozwój, modernizacja i pozyskiwanie nowych systemów obrony przeciwlotniczej jest priorytetowym elementem zwiększającym możliwości zwalczania BSP, zwłaszcza w warunkach konfliktu, gdzie drony stały się narzędziem walki. Zwiększenie zdolności do zwalczania BSP przez ukraińskie siły zbrojne może przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa kraju (w tym infrastruktury krytycznej), a także zapewnienia ochrony dla wojsk własnych i ludności cywilnej przed tym rodzajem zagrożenia.

W ostatnich latach wzrost popularności BSP doprowadził do pojawienia się nowych wyzwań dla wojsk obrony przeciwlotniczej na całym świecie. W szczególności w kontekście działań wojennych drony stały się coraz bardziej powszechne jako narzędzie rozpoznania, a także jako platforma do przeprowadzania ataków na cele naziemne. W obliczu konfliktu z Rosją ukraińskie siły zbrojne zaczęły coraz częściej zmagać się z problemem zwalczania BSP w ramach działań obronnych.

Bezałogowe statki powietrzne są niezwykle ważnym elementem współczesnych konfliktów zbrojnych. W porównaniu do tradycyjnych samolotów załogowych mają wiele zalet, takich jak większa zdolność do wykrywania celów, zdolność do operowania w warunkach, w których samoloty załogowe byłyby niewskazane lub niemożliwe do użycia, a także mniejsza podatność na ataki nieprzyjaciela.

5. Zwalczanie BSP

Spośród obecnie dostępnych systemów przeznaczonych do przeciwdziałania BSP możemy wyróżnić systemy ukierunkowane na zwalczanie (niszczenie) tych obiektów oraz na ich przechwytywanie (neutralizację). Zwalczanie BSP często wiąże się z koniecznością użycia broni palnej, rakietowej lub energii skierowanej w celu zniszczenia lub uszkodzenia obiektu. W takiej sytuacji konieczne jest dopasowanie parametrów efektora do rozmiaru i ruchu celu.

Na podstawie ogólnodostępnych danych można wywnioskować, że podczas działań zbrojnych w Ukrainie w 2022 r. wojska obrony przeciwlotniczej Ukrainy prowadziły skuteczną walkę z dronami zarówno rozpoznawczymi, jak i bojowymi. Dane pokazują, że na 207 wykrytych rozpoznawczych BSP 106 udało się zniszczyć, a 101 schwytało. W przypadku bojowych BSP na 7 wykrytych 6 zostało zniszczonych, a 1 schwytało¹⁰. Wskazuje to na fakt, że Ukraina stosuje różnorodne metody zwalczania dronów, w tym wykorzystując zarówno systemy przeciwlotnicze, jak i środki niekinetyczne. Jednakże, mimo tych sukcesów, drony nadal stanowią poważne zagrożenie i wymagają ciągłego monitorowania i rozwijania skutecznych strategii obrony.

⁹ R. Kuriata, D. Dobroń, *Obrona przeciwlotnicza Rosji, Białorusi, Ukrainy i Niemiec*, AON, Warszawa 1998, s. 38.

¹⁰ <https://www.oryxspioenkop.com/2022/03/list-of-aircraft-losses-during-2022.html> [dostęp: 24.04.2023].

W ostatnim czasie ukraińskie władze wojskowe ujawniły prasie jedną z najsukcesowniejzych jednostek wojskowych, której zadaniem jest zestrzeliwanie rosyjskich BSP. Pododdziały ukraińskie używały zespołów szybkiego reagowania, które znajdowały się w samochodach terenowych wyposażonych w dużego kalibru karabiny maszynowe zamontowane na skrzyniach ładunkowych oraz rakiety wyrzucane z ramienia w celu wyeliminowania swoich obiektów. Żołnierze działali w grupach czteroosobowych i mieli bardzo napięty harmonogram. Zwykle mieli tylko 15 min, zanim ten skierował się w ich stronę. Z czasem zespoły zebrały informacje na temat typowych tras przelotów dronów i znalazły dogodnie miejsca na stanowiska ogniowe, które dawały im najlepszy widok na niebo. Zespoły szybkiego reagowania działały często na pojazdach stworzonych doraźnie z dział przeciwlotniczego obsadzonego na pojeździe terenowym (rys. 1).



Rysunek 1. Pojazd QRF

Źródło: <https://mil.in.ua/en/news/the-netherlands-to-finance-the-production-of-mobile-air-defense-systems-for-ukraine/> [dostęp: 19.04.2023].

Zespoły szybkiego reagowania najczęściej wykonywały zadania osłony bezpośredniej pododdziałów i zwalczania zagrożeń powietrznych znajdujących się w bardzo bliskim zasięgu. Dodatkowo grupy te często były wyposażone w broń niekinetyczną służącą do obezwładniania BSP.

Niekinetyczne zwalczanie BSP to sposób neutralizacji dronów bez użycia broni kinetycznej, takiej jak karabiny czy rakiety. W tym kontekście istnieją dwa rodzaje systemów obrony przed dronami: soft-kill (opierające się na zakłócaniu) i hard-kill (opierające się na zwalczaniu). Systemy te są oparte na podsystemach, które wykrywają i reagują na zagrożenie. Elementy wykrywające i śledzące to radiolokatory, głowice optoelektroniczne oraz sensory akustyczne.

Natomiast do zwalczania lub zapobiegania działaniu dronów wykorzystuje się specjalne układy elektronicznego zakłócania lub kinetycznego oddziaływania, w tym tradycyjne uzbrojenie. Wśród metod niekinetycznych można wymienić m.in. systemy przeciwdronowe, które wykrywają i zakłócają sygnał sterowania, systemy laserowe, które niszczą statek powietrzny za pomocą skierowanej wiązki energii, oraz systemy zakłóceń, które paraliżują łączność między operatorem a dronem. Metody te są coraz częściej stosowane przez pododdziały wojsk Ukrainy w celu ochrony wrażliwych obiektów, takich jak stanowiska dowodzenia oraz na kluczowych kierunkach prowadzenia działań¹¹.

¹¹ <https://defence24.pl/sily-zbrojne/ukrainska-wojna-z-dronami-analiza> [dostęp: 19.04.2023].

Dowództwo Sił Zbrojnych Ukrainy szybko zauważyło potrzebę wprowadzenia do użytku systemów antydronowych, zwłaszcza tych zdolnych do zwalczania małych bezałogowych statków powietrznych. Opierając się na dotychczasowych doświadczeniach, główną metodą walki ukraińskich pododdziałów obrony przeciwlotniczej było elektroniczne zakłócanie, wspierane w przypadku większych maszyn przez klasyczne systemy ogniowe.

Działania zbrojne na Ukrainie udowodniły wysoką skuteczność zwalczania BSP przez systemy przeciwlotnicze krótkiego zasięgu. W dniu 20 lipca 2022 r. Centrum Dowodzenia Powietrznego Sił Zbrojnych Ukrainy opublikowało film przedstawiający efektywność ukraińskiego systemu rakiet ziemia–powietrze Buk-M1¹². Przedmiotowe nagranie przedstawia sposób zniszczenia rosyjskiego drona. Video zostało zarejestrowane 19 lipca, gdy pododdział OPL wykrył zbliżający się wrogi BSP, który najprawdopodobniej był modelem Orlan-10 (najczęściej używanym przez armię rosyjską podczas konfliktu). System rakiet ziemia–powietrze Buk-M1 został aktywowany, a cel powietrzny został porażony bez większych problemów. Zgodnie z informacjami podanymi w artykule między wystrzeleniem pocisku a zniszczeniem BSP minęło około 13 sekund. Kolejnym przykładem skuteczności wspomnianego systemu jest jego użycie w dniu 21 sierpnia 2022 r.¹³ Według doniesień agencji informacyjnej mil.in.ua wyrzutnia BUK-M1 zniszczyła rosyjskiego drona rozpoznawczego lecącego na małej wysokości. Opublikowany materiał filmowy pokazuje uruchomienie systemu raketowego, start rakiety, a następnie po kilku sekundach porażenie celu odłamkami po wybuchu głowicy pocisku w pobliżu obiektu na niebie. Skuteczne zwalczanie rosyjskich BSP przez ukraińskie systemy raketowe krótkiego zasięgu stanowi istotny element neutralizacji zagrożeń generowanych przez drony w czasie konfliktu. Bezałogowe statki powietrzne Federacji Rosyjskiej stanowią poważne zagrożenie dla wojsk ukraińskich, a systemy raketowe krótkiego zasięgu tworzą istotne narzędzie obrony przed nimi.

Kolejną skuteczną metodą osłony przeciwlotniczej zwalczającą bezałogowe statki powietrzne okazały się mobilne, mieszane zespoły ogniowe tworzone na bazie dwóch różnych jednostek sprzętowych, najczęściej artyleryjskiej i raketowej. Jednym z przykładów skutecznych zespołów ogniowych wykorzystywanych przez ukraińskie siły zbrojne jest widoczny na filmie zespół, który składał się z jednego wozu 9M33 Osa oraz jednego samobieżnego działa Gepard¹⁴. Te wysoce mobilne pojazdy były w stanie sprawnie przemieszczać się w rejon operowania BSP, gdzie natychmiast neutralizowały drony stanowiące zagrożenie. Taki zespół ogniowy miał bardzo dużą skuteczność, ponieważ 9M33 Osa może atakować cele na dalszych dystansach za pomocą pocisków raketowych, a jeśli nie zostaną one zniszczone, samobieżne działo Gepard może dokończyć zadania zniszczenia celu, gdy dron znajdzie się w zasięgu armat. Doraźnie tworzone zespoły ogniowe stanowią skuteczną obronę przeciwko dronom, a ich mobilność pozwala na szybką reakcję na pojawienie się zagrożenia w dowolnym miejscu na polu walki. To daje Siłom Zbrojnym Ukrainy przewagę w walce z dronami i pozwala na zminimalizowanie strat w ludziach oraz wyposażeniu. Jednakże, takie zespoły ogniowe wymagają odpowiedniego wyszkolenia i koordynacji pomiędzy operatorami pracującymi na różnym sprzęcie, aby osiągnąć maksymalną skuteczność w działaniach przeciwko dronom.

¹² <https://gagadget.com/en/148809-the-buk-m1-surface-to-air-missile-system-destroyed-the-russian-drone-orlan-in-13-seconds/> [dostęp: 11.05.2023].

¹³ <https://mil.in.ua/en/news/ukraine-s-air-force-shot-down-russian-drone-with-buk-m1/> [dostęp: 11.05.2023].

¹⁴ <https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2022/09/26/ukraines-ex-german-air-defense-guns-are-in-action-supporting-the-counter-offensive/?sh=667702c8110a> [dostęp: 11.05.2023].



Rysunek 1. Mobilna, mieszana grupa przeciwlotnicza

Źródło: <https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2022/09/26/ukraines-ex-german-air-defense-guns-are-in-action-supporting-the-counteroffensive/?sh=667702c8110a> [dostęp: 11.05.2023].

Następną skuteczną metodą zwalczania rosyjskich BSP podczas konfliktu było użycie przenośnych systemów obrony przeciwlotniczej. Są to lekkie pociski ziemia–powietrze krótkiego zasięgu, które mogą być wystrzeliwane przez pojedynczych żołnierzy lub małe grupy. Najskuteczniejsze są w atakowaniu nisko latających celów, dlatego też często stosowane są na obszarach o wysokim ryzyku ataku z powietrza. Wyrzutnie typu MANPADS (ang. *man-portable air-defense system*) są wyposażone w rakiety z głowicami podczerwieni (IR), które naprowadzają się na statki powietrzne poprzez śledzenie promieniowania ciepłego emitowanego przez cel. Posiadają one maksymalny zasięg do 8 km i mogą atakować cele na wysokości do 4,5 km (w zależności od wersji). Rakiety wyposażone są w zapalnik zbliżeniowy, szczególnie skuteczny do zwalczania BSP. Większość pocisków MANPADS posiada pasywne systemy naprowadzania, tzw. „wyrzutek i zapomnij”. Oznacza to, że operator nie jest zobowiązany do kierowania pocisku do celu, umożliwiając mu przemieszczenie natychmiast po wystrzeleniu. Podsumowując, przenośne systemy obrony powietrznej są niezwykle ważnym elementem podczas konfliktu zbrojnego na Ukrainie, gdzie ataki BSP stanowią coraz większe zagrożenie dla wojsk. Dzięki nim żołnierze mogą szybko i skutecznie odpierać ataki z powietrza, co zwiększa ich szanse na przeżycie na polu walki.

6. Kierunki rozwoju walki z BSP

Zgodnie z ukraińskim doświadczeniem w walce z BSP od 2014 r., a które potwierdził rok 2022, można wyróżnić dwa praktyczne podejścia do przeciwdziałania wrogim bezzałogowym statkom powietrznym, przy czym oba podejścia są równie skuteczne i nie wykluczają się nawzajem: ofensywne przeciwdziałanie BSP i defensywne przeciwdziałanie BSP. Podejścia te obejmują różne zadania, począwszy od „zniszczyć jak najwięcej dronów” do „ochronić wszystkie aktywa o dużej wartości przed zagrożeniami ze strony dronów”¹⁵. Szeroka gama kryteriów może być wykorzystana do oceny skuteczności tych podejść. Niektóre z nich zostały przedstawione w tabeli 3.

¹⁵ V. Tiurin i in., *General Approach to Counter Unmanned Aerial Vehicles*, „Safety & Defense” 2019, t. 5, nr 1, s. 6–12.

Tabela 3. Kryteria oceny skuteczności systemu przeciwdziałania BSP

KONCEPCJA	ZADANIE	PRZYKŁADOWE KRYTERIA	EFEKT
	Zniszczyć jak najwięcej ofensywnych BSP	$\min(N^{Lnch})$	Wczesne zapobieganie. Uniemożliwienie startu BSP
		$\max(N^{Dstr})$	Zniszczenie BSP po starcie lub w trakcie lotu
	Dominiacja w przestrzeni powietrznej	$\frac{N^{Lnch} - N^{Dstr}}{N^{Lnch}} < 0.2$	Uniemożliwienie wykorzystywania BSP
	Przewaga w powietrzu	$\frac{N^{Lnch} - N^{Dstr}}{N^{Lnch}} < 0.5$	Mniej niż połowa wrogich BSP może wykonać swoje zadanie
	Brak możliwości wykonania zadania przez ofensywne UAV w HVA	$\min(E^{w/oAD} - E^{wAD})$	Wykrycie BSP przed rozpoczęciem misji w HVA
	Zapobieganie przejęciu/przekazaniu informacji (niekinetycznej/kinetycznej), w tym cybernetycznej	$\min(I^{wAD})$	Przechwytywanie BSP z informacjami rozpoznawczymi, które zostały przez nich zebrane
	Zapobieganie niszczenia celów w HVA, ochrona wszystkich HVA przed zagrożeniami ze strony UAV	$\min(\prod_{i=1}^M k_i W_i)$	Osłona HVA
DEFENSYWNE			

Źródło: opracowanie własne na podstawie: V. Tiurin i in., *General Approach to Counter Unmanned Aerial Vehicles*, „Safety & Defense” 2019, t. 5, nr 1, s. 6–12.

Gdzie:

HVA – kluczowy obszar

N^{Lnch} – liczba wystartowanych BSP

N^{Dstr} – liczba zniszczonych BSP

$E^{w/oAD}$ – efektywność BSP bez działających systemów OPL

E^{wAD} – efektywność BSP przy działających systemach OPL

$I^{w/oAD}$ – ilość informacji, jakie BSP mogą przekazać bez działających systemów OPL

I^{wAD} – ilość informacji, jakie BSP mogą przekazać przy działających systemach OPL

k_i – ważność i-tego HVA

W_i – prawdopodobieństwo zniszczenia celu w HVA, $i(1 \dots M)$ – liczba HVA

Skuteczne przeciwdziałanie BSP wymaga zastosowania różnorodnych środków i technologii, a także ciągłego rozwoju oraz aktualizacji strategii i taktyki przeciwdziałania. W ofensywnym podejściu do przeciwdziałania BSP istotne jest wczesne wykrywanie tych statków powietrznych lub stanowisk, z których startują i są kierowane. Wykorzystuje się różne technologie, takie jak radary, sensory optyczne, w tym głowice podczerwone i termowizyjne, a także systemy wczesnego ostrzegania, aby jak najszybciej zidentyfikować obecność dronów w okolicy. Ofensywne przeciwdziałanie BSP ma na celu aktywne unieszkodliwienie i eliminację zagrożenia, skupiając się na neutralizacji lub zniszczeniu stanowiska startowego BSP lub samego statku powietrznego, aby zapobiec potencjalnym szkodom, zanim dron będzie zdolny do wykonania swojego zadania¹⁶. Największą skuteczność przy zwalczaniu BSP podczas konfliktu miały systemy krótkiego i bardzo krótkiego zasięgu. Aby taki system mógł być skuteczny, wymaga precyzyjnej organizacji i podjęcia specjalnych środków przeciwdziałania celom powietrznym o niskiej skutecznej powierzchni odbicia. Powinien być on częścią jednolitego systemu obrony powietrznej, specjalnie zaprojektowanego dla małogabarytowych celów. Oprócz BSP obiekty

¹⁶ V. Tiurin i in., *General Approach...*, s. 6–12.

te obejmują także broń o wysokiej precyzji, takie jak bomby kierowane czy pociski manewrujące. Należy wykorzystywać różnego rodzaju sensory do wykrywania i śledzenia, a także procedury rozpowszechniania informacji o małych bezałogowych statkach powietrznych, z wykorzystaniem narzędzi teleinformatycznych, takich jak systemy dowodzenia i kierowania ogniem z dostępem do zobrazowania aktualnej sytuacji w przestrzeni powietrznej. W tym celu wszystkie jednostki OPL powinny pracować razem w ramach jednej przestrzeni informacyjnej dotyczącej rozpoznania przestrzeni powietrznej. Aby skutecznie wykryć małe BSP, konieczne jest zastosowanie zarówno pasywnych środków rozpoznania (np. radiowych, optycznych i akustycznych), jak i aktywnych (np. radarowych). Użycie systemów pocisków przeciwlotniczych oraz ostrzału artyleryjskiego powinno być starannie zaplanowane, a rozmieszczanie sprzętu zgodne ze specyfikacją oraz wymaganiami – biorąc pod uwagę cechy terenu, strukturę osłanianego pododdziału oraz charakterystykę obiektu infrastruktury. Jednakże, należy zauważyć, że skuteczność działań przeciwko małym bezałogowym statkom powietrznym, które posiadają skuteczną powierzchnię odbicia mniejszą niż 0,01 m², jest obecnie ograniczona i wymaga opracowania nowych systemów uzbrojenia przeciwlotniczego, opartych na nowych zasadach zwalczania niekinetycznego, takich jak lasery lub EMP (*electromagnetic pulse* – impuls elektromagnetyczny). Ważne jest również, aby w ramach działań związanych z obroną przed małymi BSP uwzględnić aspekt szkoleniowy. Żołnierze powinni być odpowiednio przeszkoleni i wyposażeni w niezbędną wiedzę i narzędzia, aby skutecznie działać w przypadku ataku małych bezałogowych statków powietrznych.

Podsumowując, obrona przeciwko małym bezałogowym statkom powietrznym wymaga zintegrowanego podejścia, które obejmuje wykorzystanie różnych technologii i narzędzi, skutecznego wykrywania i śledzenia statków oraz odpowiedniego szkolenia personelu wojskowego.

Defensywne przeciwdziałanie BSP jest bardziej reaktywne i skupione na obronie. Jego głównym celem jest identyfikowanie, wykrywanie i neutralizowanie statków powietrznych, aby zminimalizować zagrożenie dla chronionego obszaru lub obiektu¹⁷. W celu skutecznej ochrony obszaru przed BSP pododdziały OPL Ukrainy włączyły tego typu zagrożenia w ogólny system obrony powietrznej, którego głównym kryterium skuteczności jest osłona przeciwlotnicza obiektu. W przypadku działania małych bezałogowych statków powietrznych czułość detekcji systemów radiolokacyjnych średniego czy dalekiego zasięgu jest niewystarczająca, co ogranicza ich zdolność do zwalczania małych celów, a także kierowania ogniem podległych jednostek. To znacznie ogranicza ich ogólne możliwości bojowe. W takich sytuacjach pododdziały przeciwlotnicze muszą podejmować decyzje o oddziaływaniu ogniowym autonomicznie, przy użyciu organicznych jednostek i własnych środków rozpoznania. Istnieją jednak pewne możliwości poprawy skuteczności przeciwdziałania małym BSP. Jedną z nich jest zwiększenie czułości detekcji¹⁸, co pozwoliłoby na uzyskanie lepszej kontroli nad przestrzenią powietrzną. Można to osiągnąć poprzez zastosowanie zaawansowanych systemów radarowych, które potrafią wykrywać małe, nisko latające cele powietrzne. Innym sposobem na poprawę skuteczności przeciwdziałania małym bezałogowym statkom powietrznym jest stosowanie systemów obrony elektronicznej, które mogą zakłócać sygnały radiowe i uniemożliwiać kontrolę nad statkiem przez operatora. Ważnym elementem w skutecznym przeciwdziałaniu małym bezałogowym statkom powietrznym jest również odpowiednie wyposażenie chronionego obszaru w systemy samoobrony, takie jak systemy ostrzegawcze przed zagrożeniami, systemy rakietowe oraz systemy ochrony przed zakłóceniami radiowymi.

¹⁷ V. Tiurin i in., *General Approach...*, s. 6–12.

¹⁸ Czułość detekcji stacji radiolokacyjnej odnosi się do jej zdolności do wykrywania obiektów o różnych poziomach sygnału. Jest to miara określająca minimalną moc sygnału, jaka musi być odebrana przez stację radiolokacyjną, aby mogła wykryć obiekt. Im wyższa czułość detekcji, tym lepiej stacja radiolokacyjna może wykrywać słabe sygnały.

W przypadku przeciwdziałania BSP proponuje się tworzenie autonomicznych zespołów „mobilnych mieszanych grup przeciwlotniczych”¹⁹ (ang. MMAAG – *mobile mixed anti-aircraft groups*), które powinny mieć podobne właściwości jak prospektywne połączone systemy przeciwlotnicze, a także mogą stosować różne zasady wykrywania, śledzenia, ataku i zwalczania małych celów powietrznych. Główną ideą jest połączenie właściwości różnych istniejących systemów detekcji, metod naprowadzania, środków artylerii przeciwlotniczej oraz systemów rakietowych różnego typu, następnie rozmieszczania ich we wspólnych pozycjach ogniowych w celu zrekompensowania wad jednych systemów zaletami innych w różnych warunkach, a zarazem osiągnięcie efektu synergii. Proponowane mobilne, mieszane grupy przeciwlotnicze składają się z oddzielnych jednostek ogniowych, które mogą działać jako ruchome zasadzki przeciwlotnicze wśród całego chronionego obszaru w celu skutecznej ochrony przed BSP. Ważnym elementem MMAAG jest również skuteczne wykorzystanie systemów informacyjnych i komunikacyjnych, które pozwolą na szybką i precyzyjną wymianę informacji między jednostkami przeciwlotniczymi oraz innymi jednostkami wojskowymi, które mogą być zaangażowane w walkę przeciwko BSP. Dzięki temu możliwe będzie skuteczne koordynowanie działań oraz szybka reakcja na zmieniającą się sytuację na polu walki. Podsumowując, utworzenie mobilnych mieszanych grup przeciwlotniczych (MMAAG) wydaje się dobrym rozwiązaniem w walce przeciwko małym statkom powietrznym. Dzięki połączeniu różnych systemów detekcji, śledzenia i identyfikacji celów powietrznych oraz zastosowaniu nowoczesnej broni przeciwlotniczej możliwe będzie skuteczne zwalczanie tego rodzaju zagrożeń. Wymaga to jednak odpowiedniego wyposażenia, szkoleń oraz doskonalenia umiejętności jednostek przeciwlotniczych. Obecnie istotne jest zarówno ukrywanie chronionego obszaru przed zagrożeniami ze strony BSP, jak i fizyczne niszczenie wrogich bezałogowych statków powietrznych.

7. Wnioski

Na podstawie powyższej analizy prowadzonej zgodnie z przyjętymi metodami badawczymi – w tym analizą i syntezą, indukcją, dedukcją oraz studium przypadku – można stwierdzić, że bezałogowe statki powietrzne stały się jednym z kluczowych zagrożeń na współczesnym polu walki, a ich skuteczne zwalczanie stanowi istotne wyzwanie dla pododdziałów obrony przeciwlotniczej. Realizacja celu badawczego, jakim było zidentyfikowanie i ocena efektywności metod stosowanych przez pododdziały OPL w zwalczaniu BSP podczas działań zbrojnych, wykazała, że najsukcesowniej okazały się systemy krótkiego i bardzo krótkiego zasięgu oraz mobilne zespoły ogniowe łączące środki artyleryjskie i rakietowe. Doświadczenia Sił Zbrojnych Ukrainy jednoznacznie wskazują, że pomimo ograniczonego dostępu do najnowszych technologii odpowiednie połączenie taktyki, wyszkolenia oraz adaptacji sprzętu pozwala na skuteczne przeciwdziałanie różnorodnym typom BSP, zarówno rozpoznawczym, jak i bojowym.

Z przeprowadzonego studium przypadku wynika również, że niezbędne jest dalsze doskonalenie systemów przeciwdronowych – zarówno kinetycznych, jak i niekinetycznych – w szczególności w zakresie wykrywania małych, nisko latających celów, które często pozostają poza zasięgiem klasycznych środków radiolokacyjnych. Wnioski te potwierdzają zasadność prowadzenia dalszych badań w obszarze taktyki przeciwdziałania BSP oraz rozwijania interoperacyjnych systemów rozpoznawczo-bojowych. Dodatkowo, analiza kosztowo-efektywna wykazała, że stosowanie drogich efektorów rakietowych do zwalczania tanich dronów nie zawsze jest uzasadnione operacyjnie, chyba że chroniony obiekt ma wysoką wartość strategiczną. W takim kontekście kluczowe jest dostosowanie efektora do rodzaju zagrożenia oraz zapewnienie elastyczności działania poprzez integrację różnych klas uzbrojenia w ramach wspólnej architektury dowodzenia i kierowania (C2).

¹⁹ V. Tiurin i in., *General Approach*..., s. 6–12.

Ostatecznie, uzyskane wyniki badań potwierdzają trafność postawionego problemu badawczego oraz podkreślają potrzebę traktowania przeciwdziałania BSP jako stałego i dynamicznie rozwijającego się komponentu obrony powietrznej. Powszechność, dostępność oraz rosnąca autonomizacja BSP sprawiają, że skuteczne ich zwalczanie wymaga nie tylko nowych technologii, ale także zmiany podejścia doktrynalnego i szkoleniowego w strukturach wojskowych. Doświadczenia ukraińskie jednoznacznie wskazują, że przyszłość skutecznej OPL będzie oparta na integracji systemów wykrywania, rażenia i zakłócania, elastyczności taktycznej, a także ścisłej współpracy międzynarodowej w zakresie wymiany informacji i rozwiązań technologicznych. Tym samym, realizacja celu badawczego pozwoliła nie tylko na wskazanie obecnie najskuteczniejszych rozwiązań, ale również na zarysowanie kierunków przyszłego rozwoju obrony przeciw BSP jako kluczowego komponentu walki na współczesnym teatrze działań zbrojnych.

BIBLIOGRAFIA

Artykuły i monografie

Ashok, V. i in., *Security Threats of Unmanned Aerial Vehicles*, [w:] *Wireless Networks. Cyber Security Threats and Countermeasures*, red. H. Jahankhani, A. El Hajjar, Springer International Publishing, 2023, https://doi.org/10.1007/978-3-031-33631-7_5

Austin R., *Unmanned Aircraft Systems, UAVs Design, Development and Deployment*, Wiley 2010.

Ceviz O., Sen S., Sadioglu P., *A survey of security in UAVs and FANETs: issues, threats, analysis of attacks, and solutions*, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2024.

Kompała D., *Systemy bezzałogowych statków powietrznych jako główny środek rozpoznania powietrznego w przyszłości*, „Obronność – Zeszyty Naukowe Wydziału Zarządzania i Dowodzenia Akademii Sztuki Wojennej” 2015, nr 2(14).

Kuriata R., Dobroń D., *Obrona przeciwlotnicza Rosji, Białorusi, Ukrainy i Niemiec*, AON, Warszawa 1998.

Radomyski A., Dobija K., *Podręcznik przeciwlotnika*, AON, Warszawa 2014.

Tiurin V. i in., *General Approach to Counter Unmanned Aerial Vehicles*, „Safety & Defense” 2019, t. 5, nr 1.

Valavanis K.P., Vaachtsevanos G.J., *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*, Springer Reference, 2020.

Źródła internetowe

Michalski D. Michalska A., *Protection against drone activity*, „Security Forum” 2017, t. 1, nr 1, s. 73–83, https://wsb.edu.pl/files/pages/634/security_forum_01_2017_8druk.pdf [dostęp: 22.03.2023].

<https://defence24.pl/sily-zbrojne/ukrainska-wojna-z-dronami-analiza> [dostęp: 19.04.2023].

<https://gagadget.com/en/148809-the-buk-m1-surface-to-air-missile-system-destroyed-the-russian-drone-orlan-in-13-seconds/> [dostęp: 11.05.2023].

<https://mil.in.ua/en/news/ukraine-s-air-force-shot-down-russian-drone-with-buk-m1/> [dostęp: 11.05.2023].

<https://www.britannica.com/technology/unmanned-aerial-vehicle> [dostęp: 22.03.2023].

<https://www.forbes.com/sites/davidaxe/2022/09/26/ukraines-ex-german-air-defense-guns-are-in-action-supporting-the-counteroffensive/?sh=667702c8110a> [dostęp: 11.05.2023].

<https://www.oryxspioenkop.com/2022/03/list-of-aircraft-losses-during-2022.html> [dostęp: 24.04.2023].