dr Dariusz Brążkiewicz
Akademia Bialska im. Jana Pawła II
ORCID 0000-0002-5372-1210

lic. Rafał Mazurek
Akademia Sztuki Wojennej w Warszawie
https://doi.org/10.29316/9788368103199_5

WSPÓŁCZESNE POWIETRZNE DRONY ROZPOZNAWCZO-BOJOWE I ICH UŻYCIE ORAZ ZWALCZANIE NA PRZYKŁADZIE WOJNY ROSYJSKO-UKRAIŃSKIEJ

MODERN AIR RECONNAISSANCE AND COMBAT DRONES. THEIR USE AND COMBATING THEM ON THE EXAMPLE OF THE RUSSIAN-UKRAINIAN WAR

Streszczenie

Toczący się konflikt zbrojny rosyjsko-ukraiński od 2022 roku pokazuje bardzo duże zmiany w sposobie prowadzenia walki. Zmiany te dotyczą dość dużego użycia bezzałogowych statków powietrznych wspierających rozpoznanie oraz bezpośrednie atakowanie celów przeciwnika. Te nowe narzędzia walki spowodowały przewartościowania na współczesnym polu walki, wskazując na duże znaczenie tego rodzaju uzbrojenia. Uzbrojenia, wielokrotnie wykonywanego przez samych żołnierzy z połączenia dronów cywilnych i amunicji wojskowej. Przedmiotem badań niniejszej pracy jest znaczenie bezzałogowych

Summary

The ongoing Russian-Ukrainian armed conflict since 2022 has shown very significant changes in the way combat is conducted. These changes involve the relatively large use of unmanned aerial vehicles supporting reconnaissance and direct attacks on enemy targets. These new combat tools have led to reevaluations on the modern battlefield, indicating the great importance of this type of weaponry. Armament, often made by soldiers themselves from a combination of civilian drones and military ammunition. The subject of the research of this work is the importance of unmanned aerial vehicles (drones) and

statków powietrznych (dronów) i środków ich zwalczania we współczesnych konfliktach zbrojnych. Celem pracy jest przedstawienie bezzałogowych statków powietrznych i ich wykorzystanie na wojnie rosyjsko-ukraińskiej. W związku z przedmiotem badań i celem badań, powstał główny problem badawczy, który został wyrażony w postaci następującego pytania: Jakie znaczenie mają bezzałogowe statki powietrzne na współczesnym polu walki i jakie są ich możliwości w prowadzonych działaniach wojskowych? Poszukiwanie naukowych rozstrzygnięć, w odniesieniu do określonego głównego problemu badawczego, wymagało przyjęcia i rozwiązania szczegółowych problemów badawczych: 1) Jaki jest podział bezzałogowych statków powietrznych i możliwości ich bojowego użycia? 2) Jaka jest skala wykorzystania systemów zwalczających bezzałogowe statki powietrzne? 3) Jak realizowane było dotychczasowe wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych na przykładzie wojny rosyjsko-ukraińskiej? Przeprowadzone badania wstępne, określony cel badań i problemy badawcze zdeterminowały przyjętą na potrzeby badań hipotezę główną: Współczesne pole walki ulega kolejnym przeobrażeniom pod wpływem nowych środków walki, którymi są coraz nowocześniejsze bezzałogowe statki powietrzne. Weryfikacji dostępnych materiałów dokonano poprzez analizę i krytykę dostępnej literatury przedmiotu oraz faktów z informacji prasowych.

Słowa kluczowe: bezzałogowe statki powietrzne, drony, wojna rosyjsko-ukraińska

means of combating them in modern armed conflicts. The aim of the work is to present unmanned aerial vehicles and their use in the Russian-Ukrainian war. In connection with the subject of the research and the purpose of the research, the main research problem arose, which was expressed in the form of the following question: What is the importance of unmanned aerial vehicles on the modern battlefield and what are their capabilities in military operations? The search for scientific solutions, in relation to the specified main research problem, required the adoption and solution of detailed research problems: 1) What is the division of unmanned aerial vehicles and their combat use capabilities? 2) What is the scale of use of systems combating unmanned aerial vehicles? 3) How has the use of unmanned aerial vehicles been implemented so far, using the example of the Russian-Ukrainian war? The preliminary research conducted, the specified research goal and research problems determined the main hypothesis adopted for the research: The modern battlefield is undergoing further transformations under the influence of new means of combat, which are increasingly modern unmanned aerial vehicles. The verification of available materials was carried out by analyzing and criticizing the available literature on the subject and facts from press releases.

Keywords: unmanned aerial vehicles, drones, Russian-Ukrainian war

Wstęp

Współczesny postęp technologiczny w cyfryzacji i miniaturyzacji spowodował dość gwałtowny rozwój bezzałogowych statków powietrznych (BSP), zwanych w skrócie dronami. Motorem ich rozwoju były przede wszystkim prace prowadzone na rzecz wojska. Prace te, w pierwszej kolejności, doprowadziły do opracowania kilkadziesiąt lat temu dużych BSP, wielkości samolotów

pilotowanych przez człowieka. W ostatnich kilkunastu latach kolejne technologie i unowocześnienia spowodowały rozwój mniejszych BSP, mniej widocznych, służących do rozpoznania oraz do jednorazowego użycia, jako latające pociski.

Przez kilkanaście lat rozwijano tę broń, nie przewidując do końca jej możliwości użycia w faktycznych konflikcie zbrojnym i to na masową skalę. Nie rozwijano też systemowych sposobów przeciwdziałania im oraz zwalczania. Dopiero wybuch wojny rosyjsko-ukraińskiej w 2022 r. rozpoczął erę powietrznych dronów rozpoznawczych i uderzeniowych. Skala użycia tej technologii unaoczniła walczącym stronom oraz obserwatorom zagranicznym, jaką przewagę mają te środki walki wobec żołnierzy, a szczególnie wobec uzbrojenia i sprzętu. Duży procent zniszczeń na polu walki jest zasługą dronów powietrznych, które nie mają sobie równych w środowisku lądowym czy morskim, mimo dużych postępów strony ukraińskiej w użyciu dronów morskich. Sytuacja ta doprowadził również do intensywnego rozbudowywania systemów zwalczania fizycznego i elektronicznego tych środków walki.

Charakterystyka powietrznych dronów rozpoznawczo-bojowych we współczesnych siłach zbrojnych

Statki powietrzne były marzeniem wielu badaczy, naukowców czy artystów począwszy od samego Leonardo da Vinci. Przez ten długi okres (od XV do XXI wieku) nastąpiło wiele zmian w ich postrzeganiu. Przede wszystkim zmianie uległa wielkość – przez wiele lat samoloty były duże, przeznaczone do pilotowania przez człowieka, a obecnie najmniejsze, bezzałogowe statki powietrzne są wielkości monety. Początkowo BSP, ze względu na koszty, były wykorzystywane do celów militarnych, obecnie istnieje szeroki wybór bezpilotowych statków cywilnych, których obsługą może zająć się nawet dziecko[1].

Pierwszy raz określenie „dron" (ang. drone, pol. truteń) użyto w 1936 roku w sposób żartobliwy do przerobionej na zdalnie sterowaną konstrukcję samolotu Gavilland Tiger Moth, którego drugą nazwą była Queen Bee[2].

[1] R. Kopeć, O. Wasiuta, T. Wójtowicz, *Wojna dronów. Militarne wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych*, Wydawnictwo Naukowe UP, Kraków 2021, s. 30.

[2] *Zastosowanie dronów oraz ich historia*, [dostęp: 02.06.2017], portal megadron.pl, https://megadron.pl/pl/blog/zastosowanie-dronow-oraz-ich-historia-1536843674.html?srsltid=AfmBOoqm6BS8tvNad-qcLSLDuKZ-R8nmZEhma_RwBL4uGyqvkMTk9CHC, [dostęp: 10.01.2024].

Biorąc pod uwagę różnice konstrukcyjne, wyróżnia się pięć rodzajów i klas BSP, z których najczęściej używane do zadań bojowych znajdują się na trzech pierwszych miejscach poniższej listy:

- Wielowirnikowce- „koperty",
- ze stałym skrzydłem- „szybowce",
- BSP typu kombinowanego- „tiltrotory",
- sterowce i balony,
- wiatrakowce.

Klasyfikacja wagowa BSP przedstawia się następująco:

- powyżej 2000 kg – bardzo ciężkie,
- od 200 do 2000 kg – ciężkie,
- od 50 do 200 kg – średnie,
- od 5 do 50 kg – lekkie,
- do 5 kg – mikro[3].

Ze względu na długość i zasięg lotu podział jest następujący:

- powyżej 24 godzin i ponad 1500 km – wysoki,
- od 4 do 24 godzin i od 100 do 400 km – średni,
- maksymalnie 5 godzin i do 100 km – niski[4].

Wśród małych dronów największą popularnością cieszą się drony z technologią First Person View (FPV), które pozwalają na pilotowanie pojazdem sterowanym radiowo z punktu widzenia pilota za pomocą kamery na tym pojeździe. Do sterowania FPV służą gogle lub obraz monitora.

W związku z tym, że drony FPV są jednymi z mniejszych, dzielone są ze względu na gabaryty jednostki i rozstaw:

- 55-75 mm – Tinywhoop,
- ok. 2 cali – Toothpick,
- 2-3 cale – Cinewhoop,
- 4-5 cali – Freestyle,
- pow. 5 cali – Cinelifter[5].

[3] K. Balcer, *Klasyfikacja bezzałogowych statków powietrznych w odniesieniu do specyfikacji oraz przepisów prawa polskiego i międzynarodowego*, Developments in Mechanical Engineering, nr 17(9), Wydawnictwa Uczelniane Politechniki Bydgoskiej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Bydgoszcz 2021, s. 6.

[4] Ibidem, s. 7.

[5] *Rodzaje dronów FPV*, 26.07.2022, portal wgoglach.pl, https://wgoglach.pl/rodzaje-dronow-fpv/, [dostęp: 01.03.2025].

Należy również wspomnieć, że do obsługi dronów wymagane jest kilka składowych, w tym system kontroli, system telekomunikacyjny, wyposażenie odpowiednie do celów realizowanego zadania[6].

Obecne wykorzystanie dronów na płaszczyźnie militarnej obejmuje trzy kategorie działań: rozpoznawcze, bojowe i logistyczne. Należy jednak zauważyć, że pierwszym wykorzystaniem, dla którego tworzono drony było rozpoznanie, na podobieństwo wykorzystywanych od lat satelitów.

Działania rozpoznawcze z wykorzystaniem BSP pozwalają na samodzielne zbieranie informacji na wymagającym polu walki (przeszkody terenowe naturalne lub stworzone przez człowieka) poprzez dowódców kompanii czy plutonu. Wyróżnia się dwa sposoby prowadzenia obserwacji: „wiszenie i wpatrywanie się" (ang. hover and stare) polega na wyprowadzeniu statku powietrznego w określone miejsce nad powierzchnią ziemi i obserwację terenu, oraz „siedzenie i wpatrywanie się" (ang. perch and stare) polegające na wylądowaniu dronem w dogodnym miejscu pozwalającym na obserwację przy minimalnym zużyciu akumulatorów[7].

Obiekty zainteresowania wojskowych zwiadowczych BSP można podzielić na dwie kategorie:

- cele wojskowe – kosztowny lub ważny sprzęt wojskowy (radary, OPL), sprzęt ciężki (czołgi, artyleria), śmigłowce i samoloty, magazyny amunicji, obiekty logistyczne, punkty koncentracji personelu, kwatery główne personelu wojskowego, punkty kontrolne, poligony,
- cele cywilne – cywilny sprzęt ciężki mogący służyć do budowy umocnień (koparki, dźwigi, wywrotki), magazyny żywności, linie i węzły kolejowe, mosty i przeprawy, magazyny paliwa, elektrownie, obiekty przemysłowe produkujące sprzęt militarny[8].

[6] M. Terebecki, *Wykorzystanie nowoczesnych technologii przez wojska obrony terytorialnej podczas działań - roje dronów*, Zeszyty Naukowe Pro Publico Bono, nr 1, Akademia Pożarnicza, Warszawa 2022, s. 17.

[7] D. Becmer, *Bezzałogowe systemy latające klasy I - II w przyszłym systemie walki*. Zeszyty Naukowe WSOWL, nr 1(143), Wrocław 2007, s. 39-43.

[8] С. Бескрестнов, *Інструкція з протидії активності розвідувальних БПЛА РФ у прифронтовій зоні*, Київ 2024, s. 2.

Działania transportowe odbywające się za pomocą bezzałogowych statków powietrznych stanowią idealne rozwiązanie w przypadku, kiedy potrzebne jest zaopatrzenie na trudno dostępnym terenie, w którym operują siły[9].

Działania bojowe – ataki dronów można podzielić na kilka kategorii, w zależności od sposobu operowania: klasyczny – identyfikacja celu przez drona rozpoznawczego i użycie drona FPV do neutralizacji; darmowe polowanie – wykrycie i atak odbywa się jedynie dronem FPV; FPV-roy – uderzenie grupowe dronów kamikaze na wcześniej wykryty przez zwiadowczy BSP cel; towarzyszenie atakowi drużyny szturmowej za pomocą dronów FPV; dron FPV w zasadzce – lądowanie dronem FPV w niewidocznym miejscu i wyczekiwanie przeciwnika; uderzenie kombinowane – dron FPV kamikadze jest wykorzystywany do unieruchomienia pojazdu, a dron „bombowiec" zrzuca ładunek na załogę opuszczającą pojazd (możliwe odwrotne zastosowanie); podwójne uderzenie – wykorzystywane do zdobywania umocnień, pierwszy dron FPV służy do uszkodzenia lub zniszczenia bariery, drugi z ładunkiem termo barycznym lub odłamkowym do neutralizacji celu; pułapka FPV (warianty) – montowanie nadajnika GPS w konstrukcji w celu śledzenia personelu, który znalazł i zabrał obcy dron / implementowanie niewielkich ilości (20-50g) ładunku wybuchowego w konstrukcji, który w procesie demontażu zostaje aktywowany itp.; FPV Miner – przenoszenie oraz instalowanie min przeciwpiechotnych i przeciwczołgowych przez drona; Saper FPV – zrzucanie ładunków wybuchowych na wykryte wcześniej miny w celu wywołania wtórnej detonacji; Reset FPV – zrzut amunicji dronem FPV na wykryty cel przez zwiadowcę-BSP (często eliminowanie pojedynczych/grup żołnierzy); Smok FPV – rozpylanie mieszanek zapalających (między innymi termit) nad terenem wroga; FPV-PVO – zniszczenie wrogiego drona-zwiadowcy poprzez wlecenie w niego dronem FPV i staranowanie lub detonację ładunku odłamkowego podczas podejścia do taranowania; Sabotażysta FPV – wcześniejsze zaprogramowanie grupy dronów (najczęściej 4-6 sztuk) na atak kamikadze na konkretne współrzędne, pozostawione drony zostają po czasie „wybudzone" za pomocą sygnału GSM i przeprowadzają atak; FPV na macicy – wykorzystanie większego drona-matki do transportu 2-3 pomniejszych dronów FPV kamikadze. Dron matka służy również jak zwiększenie zasięgu ataku (dodatkowa antena) poprzez jego zwielokrotnienie; FPV-on-wires – prowadzenie

[9] P. Polkowski, *Bezzałogowe statki powietrzne*, Rocznik Bezpieczeństwa Międzynarodowego, tom 10, nr 1, Wydawnictwo Naukowe DSW, Wrocław 2016, s. 241.

ataków dronami sterowanymi za pomocą światłowodu (metoda niemożliwa do zakłócenia, gdyż odbywa się „po kablu"); Inspekcja budowlana – wykorzystywanie dronów mikrokopterów do rozpoznania wnętrza budynków; FPV muzzleloader – wykorzystywanie drona FPV z podwieszonym głośnikiem, który wykorzystywany jest do emisji sygnałów dźwiękowych (np. „jesteście otoczeni, w przypadku poddania gwarantowane przeżycie") służących do walki psychologicznej; Swiping – wykorzystywanie drona FPV do zrzutu ulotek informacyjnych na pozycje wroga[10].

Powyższy opis metod atakowania pozycji przeciwnika, neutralizacji siły żywej i jego zdolności bojowej ukazuje najpopularniejsze zastosowanie dronów komercyjnych z podwieszonymi ładunkami (jednymi z częściej spotykanych na wojnie rosyjsko-ukraińskiej są konstrukcie dronów-kamikadze z podwieszonym granatem RPG-7)[11].

Rozwój technologiczny oraz zmiany w strategiach prowadzenia wojen doprowadziły do wykorzystywania informacji o szczególnym znaczeniu, w tym rozpoznania satelitarnego, wywiadowczego czy systemów walki radioelektronicznej. Wojna w Ukrainie rozpoczęta przez Rosję 24 lutego 2022 roku ukazała, że nasycenie pola walki czujnikami i efektorami niezależnie od warunków pogodowych, pory roku, dna i nocy, nie daje stuprocentowej zdolności kamuflażu i przeciwdziałania BSP[12].

Systemy walki radioelektronicznej i bojowej w zwalczaniu powietrznych dronów

Wojna informacyjna poprzez rozwój technologiczny przeszła również na płaszczyznę cyfrową. W związku z potrzebą poszerzania możliwości aparatu ochrony, przejęcia lub zniszczenia informacji, przyjęto pojęcie walki radioelektronicznej (WRE). WRE obejmuje działania na poziomie militarnym

[10] *DIRECTORY. Tactics of use by the enemy FPV drones (in diagrams) and ways to counteract it*, November 9, 2024, Portal Defcad, https://defcad.com/library/tactics-of-using-fpv-drones-by-the-enemy-in-diagrams-and-methods-of-counteraction-eng/, [dostęp: 21.01.2025].

[11] P. Laskowski, *Broń precyzyjna a czołgi - zagrożenia dla pojazdów pancernych na współczesnym polu walki*, Przegląd Geopolityczny, t. 49, Polskie Towarzystwo Geopolityczne, Warszawa 2024, s. 109.

[12] R. Białoskórski, *The Theoretical Concept of Information Warfare: A General Outline*, Humanities and Social Sciences, t. 30, nr 4, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2023, s. 12-13.

wykorzystujące energię elektromagnetyczną, nakierowaną na uzyskanie kontroli nad widmem elektromagnetycznym wroga (obejmuje również atak)[13].

Wojna elektroniczna, w swojej złożoności posiada systemy elektrooptyczne służące do komunikacji, prowadzenia działań ofensywnych oraz defensywnych, jakimi niewątpliwie są przeciwdziałanie penetracji własnych zabezpieczeń oraz pozycji za pomocą bezzałogowych statków powietrznych. Elektrooptyka to połączenie elektroniki i optyki, definiowana również jako nauka i technologia generowania, modulacji, wykrywania i pomiaru lub emitowania promieniowania optycznego z wykorzystaniem środków elektrycznych. Można wyróżnić wiele elektrooptycznych systemów walki elektronicznej, które działają w części widma elektromagnetycznego. Do wyżej wymienionych systemów zaliczane są między innymi czujniki podczerwieni oraz lasery, które posiadają szerokie zastosowanie, od naprowadzania systemów celowniczych oraz uzbrajania głowic bojowych poprzez pełnienie innych celów ofensywnych[14].

Ze zjawiskiem impulsu elektromagnetycznego zetknięto się przy pierwszych amerykańskich testach nad bronią jądrową, lecz do czasu drugiej wojny światowej nie przykładano do tego zjawiska zbyt dużej uwagi[15].

W walce elektronicznej można wyróżnić trzy zasadnicze płaszczyzny działania:

- rozpoznanie radioelektroniczne – to poddawanie ciągłej analizie emisji fal elektromagnetycznych, mające na celu zidentyfikowanie oraz zlokalizowanie źródła zagrożenia,
- ochrona radioelektroniczna – to zabezpieczenie wszelakich systemów, infrastruktury oraz pojazdów wojskowych, jak i personelu przed skutkami ataków obcych środków walki radioelektronicznej,

[13] K. Karcz, A. Sitkiewicz, J. Błaszczyk, Z. Mierczyk, *New Electromagnetic Threat Protection Systems*, Problemy Mechatroniki: uzbrojenie, lotnictwo, inżynieria bezpieczeństwa t. 14, nr 4, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2023, s. 60-62.

[14] *Electronic warfare and radar systems engineering handbook (4th ed.)*, Naval Air Warfare Center, California 2013, s. 312.

[15] A. Sitkiewicz, K. Karcz, *Zagrożenia bezpieczeństwa systemów teleinformatycznych w obszarze infrastruktury krytycznej w przestrzeni kosmicznej*, [w:] *Polacy o Kosmosie. Sektor kosmiczny w perspektywie prawa, polityki i bezpieczeństwa*, red. nauk. M. Jabłoński, M. Ulański, Z. Popowicz, Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa „Dom Organizatora", Toruń 2024, s. 140

- atak radioelektroniczny – ma na celu zmniejszenie zdolności bojowych poprzez wykorzystanie energii elektromagnetycznej do niszczenia lub zakłócania systemów, infrastruktury czy personelu przeciwnika[16].

Obecność innowacji w działaniach wojennych zawsze wiąże się z powstaniem środków przeciwdziałających, w przypadku dronów powietrznych ta zasada również znajduje swoje potwierdzenie. Zasadniczą kwestią pozostaje wyważenie relacji kosztów względem efektów przeciwdziałania, gdyż używanie bardzo kosztownego sprzętu (etatowych środków bojowych, np. rakiety przeciwlotnicze) do neutralizacji komercyjnego urządzenia wartego w okolicach 150-200 euro, jest skrajnie niewspółmierne.
Walkę z bojowymi dronami powietrznymi można podzielić na dwie płaszczyzny:

- kinetyczną – fizyczna eliminacja,
- niekinetyczną – systemy przeciwdronowe[17].

Klasyczne systemy przeciwlotnicze są ważnym elementem w walce z bezzałogowcami, lecz ze względu na relację koszt-efekt oraz po wzięciu pod uwagę, że zużycie zapasów rakiet przeciwlotniczych uszczupla możliwości przechwytujące systemu obrony powietrznej, pożądane są lepiej wyważone rozwiązania. Firma Raytheon produkuje kompletne systemy przeciwdronowe Counter-Unmanned Aerial System (C-UAS), które są jednymi z tych lepiej wyważonych pod względem efekt-koszt. W skład kompletu C-UAS o nazwie LIDS (Low, slow, small, unmanned aircraft Integrated Defeat System) spod szyldu Raytheon wchodzi: radar KuRFS (radar 360 stopni, krótkiego zasięgu, działający na paśmie Ku, które umożliwia obrazowanie w wysokiej rozdzielczości) i efektor Coyote (Coyote Block 2 jest odrzutowym efektorem kinetycznym, który skutecznie zwalcza systemy powietrzne od klasy mini do mikro UAV). Konstrukcja może występować w formie stacjonarnej lub mobilnej. System ten pozwala zwalczać bezzałogowe statki powietrzne operujące w powietrzu. Trzy elementy systemu są zintegrowane z systemem dowodzenia Forward Area Air Defense Command and Control System oraz systemami walki elektronicznej[18].

[16] K. Karcz, A. Sitkiewicz, J. Błaszczyk, Z. Mierczyk, *New Electromagnetic Threat…* op. cit.
[17] M. Mitkow, *Systemy antydronowe - konieczność na dzisiejszym polu walki [ANALIZA]*, 19.09.2023, portal defence23.pl, https://defence24.pl/przemysl/systemy-antydronowe-koniecznosc-na-dzisiejszym-polu-walki-analiza, [dostęp: 28.02.2025].
[18] Ibidem.

Polskim rozwiązaniem z dziedziny walki z dronami jest Lanca Elektromagnetyczna wyprodukowana przez PGZ S.A. Wojskowe Zakłady Elektroniczne S.A. Lanca 2.0 jest systemem przenośnym – plecakowym (waga oscyluje w okolicach 7 kilogramów, razem z anteną) – emitującym zakłócenia elektromagnetyczne (od 100 MHz do 6 GHz), ich zasięg szacowany jest na 100-300 metrów przy mocy 1 W, natomiast neutralizacja celów możliwa jest na dystansie do 1000 metrów (obejmuje pasma 0,42-0,45 GHz, 2,4-2,5 GHz, 5,7-5,8 GHz)[19].

Do systemów C-UAS zaliczana jest również broń laserowa, wykorzystująca fotony do neutralizacji celów. Technologia zwana HEL (High Energy Laser) producenta Raytheon, to laser o wysokiej mocy (istnieją dwie wersji, słabsza o mocy 15kW oraz mocniejsza, o mocy 50kW), który zintegrowany z systemem na bazie pojazdu Stryker potrafi wykrywać, śledzić oraz eliminować cele pojedyncze, jak i „roje" dronów. Rozwiązanie to jest również korzystne, jeśli mówimy o bezpieczeństwie otoczenia, gdyż podczas eliminacji celów wysyłana jest jedynie cząstka światła, niepowodująca efektów kinetycznych[20].

Ze względu na niskie koszty implementacji i eksploatacji komercyjnych bezzałogowców, stosunek kosztów przeciwdziałania im do wartości urządzenia, jest drastyczny. Sytuacja zmienia się w momencie, kiedy za cel obierani są operatorzy tych urządzeń. Proces profesjonalnego wyszkolenia pilota bezzałogowca jest długotrwały i wymaga specjalistycznej wiedzy z wielu dziedzin. Wyróżnia się trzy sposoby fizycznej lokalizacji i eliminacji operatorów: kontr obserwacja BSP i naprowadzanie ognia artyleryjskiego; zbieranie danych z systemu Aeroscope; odnajdowanie metodą triangulacji sygnału wysyłanego przez kontrolera do jednostki latającej[21].

Siły Zbrojne Federacji Rosyjskiej rozwinęły niekonwencjonalny sposób walki z ukraińskimi dronami komercyjnego producenta DJI. Wykorzystują system DJI Aeroscope, umożliwiający śledzenie lokalizacji dronów (jedynie konstrukcji DJI) w czasie rzeczywistym oraz miejsca dyslokacji pilotów

[19] M. Dąbrowski, *MSPO 2019: Elektromagnetyczne Lance przeciwko dronom*, 06.09.2019, portal defence24.pl, https://defence24.pl/przemysl/mspo-2019-elektromagnetyczne-lance-przeciwko-dronom, [dostęp: 01.03.2025].

[20] Ibidem.

[21] S. Mitkow, J. Antczak, M. Roszkiewicz, *Zarządzanie innowacjami w przemyśle zbrojeniowym przy współpracy startupu jako istotny element budowy bezpieczeństwa w dobie zagrożenia ze Wschodu*, Studia Wschodnioeuropejskie, nr 19, Warszawa 2023, s. 244.

posługujących się nimi, dalszy proces eliminacji wrogich pilotów odbywa się w zależności od posiadanych sił i środków przeznaczonych do tego celu[22].

Warto również dodać, że fizyczna eliminacja wrogich dronów za pomocą broni osobistej bądź zespołowej, nadal jest jedną z częstszych metod eliminacji zagrożenia z ich strony[23]. Stosowane są również wszelkiego rodzaju siatki, mające na celu zablokowanie drona i niedopuszczenie go do celu i neutralizując tym zagrożenie. Do wystrzelenia takowej siatki używana jest ręczna wyrzutnia, istnieją również inne drony posiadające mechanizmy zrzutowe siatek antydronowych. Rozwiązanie to powoduje unieruchomienie elementów odpowiedzialnych za napęd i sterowanie bezzałogowym statkiem powietrznym. Mimo dużej zalety jaką jest niewielki koszt tego rozwiązania, na pierwszy plan wysuwa się duża wada, jaką jest niewątpliwie – krótki zasięg – co uniemożliwia w tym wypadku walkę prowadzoną z ziemi z dronami operującymi na wysokich pułapach oraz celność zależną od wielu czynników (operatora systemu antydronowego, motywacji agresora nie chcącego stracić własnego urządzenia)[24].

Walka z bezzałogowymi statkami powietrznymi przeciwnika, to nie tylko fizyczna eliminacja, to również wszelkie działania mające na celu ograniczenie możliwości wykrycia oraz naprowadzenia ognia przez wroga. W czasie walki należy wziąć pod uwagę, że wrogie BSP mogą latać nad „strefą zainteresowania", nie będąc przy tym wykrytym przez detektory, z tego powodu w miarę możliwości operacyjnych powinno się zawsze przestrzegać poniższych zasad:

- sprzęt wojskowy maskować nawet 40-50 kilometrów od linii frontu,
- jeśli zakamuflowanie pojazdu stanowi poważny problem, nie należy dopuszczać do gromadzenia się ich w pobliżu siedzib i mieszkań personelu,
- unikać gromadzenia pojazdów na terenach wydarzeń szkoleniowych i treningowych,
- w miarę możliwości unikać zatrzymywania sprzętu wojskowego na publicznych stacjach benzynowych,

[22] Ibidem.

[23] Ibidem.

[24] M. Świeczkowski, *Technologiczna odpowiedź struktur bezpieczeństwa portu na zagrożenia ze strony bezzałogowych statków powietrznych*, Rocznik bezpieczeństwa morskiego rok XIII, Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte, Gdynia 2019, s. 237.

- unikać dłuższego (ponad 10-15minut) zatrzymywania się sprzętem wojskowym na autostradach i drogach,
- jeśli pojazd uległ awarii na drodze lub autostradzie i jest pozbawiony możliwości mobilnych, nie pozostawać w nim. Podczas przystępowania do holowania uszkodzonego pojazdu, należy bacznie obserwować niebo,
- unikać gromadzenia sprzętu budowlanego (wykorzystywanego do budowy umocnień) na otwartych przestrzeniach,
- nie dopuszczać do wzmożonego ruchu pojazdów wojskowych w okolicach punktów logistycznych. Należy rozplanować pobieranie zasobów równomiernie,
- planować wykonanie działań militarnych i logistycznych po zmroku (większość dronów pozbawiona jest kamer termowizyjnych),
- wykorzystywać trudne warunki pogodowe do przeprowadzania ważnych manewrów sprzętu i personelu,
- unikać systematycznej działalności (np. dowóz paliwa z punktu logistycznego, w każdy poniedziałek, o określonej godzinie)[25].

W przypadku otrzymania informacji o obecności wrogiego rozpoznawczego BSP nad własnymi pozycjami należy „nie zwracać" na siebie uwagi pilota, ponieważ obserwując pole, gdzie nie można zaznaczyć wzmożonej aktywności lub innych oznak działalności wojsk, obszar zostanie zaklasyfikowany jako „nieciekawy". Dlatego w takiej sytuacji powinno przestrzegać się następujących zasad:

- pojazdy poruszające się po drogach nie mogą się zatrzymywać,
- osoby nie powinny wychodzić na otwartą przestrzeń i w tym czasie przemieszczać się,
- należy wykluczyć poruszanie się pojazdów wojskowych w obszarze obserwowanym,
- należy ukryć ciężki sprzęt wojskowy i cywilny,
- zaprzestać pracy artylerii dalekiego zasięgu rozlokowanej na obserwowanym terytorium,
- wojskowe ciężarówki nie kierują się do składów broni i magazynów,
- skupiska sprzętu znajdujące się na otwartej przestrzeni należy rozproszyć, natomiast jeśli BSP wroga jest już za blisko, lepiej zaniechać czynności rozpraszających[26].

[25] С. Бескрестнов, *Інструкція з протидії...,* op. cit., s. 3-4.

[26] Ibidem, s. 4-5.

Drony rozpoznawczo-bojowe i systemy ich zwalczania w konflikcie rosyjsko-ukraińskim

Na przestrzeni trzech lat wojny powietrzne drony bardzo mocno wpisały się we współczesne działania wojskowe. Głównie obejmują one działania w bezpośrednim kontakcie bojowym na pierwszej linii ognia, jak i też w głębi obrony czy ataku. Tym samym efektywny promień działania drona to ok. 5 km. Ponadto istnieją bezzałogowe statki powietrzne z głowicami bojowymi, przeznaczone do atakowania głównie obiektów, na zapleczu nieprzyjaciela. Wszystkie te możliwości są wykorzystywane na wojnie rosyjsko-ukraińskiej.

Pierwsze tygodnie wojny rosyjsko-ukraińskiej rozpoczętej przez Rosję 24 lutego 2022 roku nagłośniły znaczenie bezzałogowych statków powietrznych w związku z użyciem Bayraktarów TB2 operujących po stronie ukraińskiej[27]. Jest to turecka konstrukcja taktycznego bezzałogowego systemu rozpoznawczo-uderzeniowego (BSR-U), wykorzystywana jednocześnie do zadań związanych z kontrolą obserwacyjną i możliwością wykonania uderzenia. Ta konstrukcja ma możliwość osiągnięcia lotu długości 27 godzin, a jego maksymalna prędkość wynosi 220 kilometrów na godzinę[28]. Pierwszy atak za pomocą Bayraktara TB2 na kolumnę wojsk rosyjskich zmierzających w stronę Kijowa miał miejsce 27 lutego 2022 roku, a przez połowę marca wyżej wymieniony dron stanowił śmiertelne zagrożenie dla rosyjskich kolumn. Pod koniec marca po rozciągnięciu przez stronę rosyjską skutecznej ochrony przeciwlotniczej znaczenie uderzeniowe Bayraktarów zmalało[29].

Dla odmiany w pierwszej fazie wojny Rosjanie w sposób ograniczony wykorzystywali drony, ale w trakcie walk zaczęli je stosować głównie do eliminacji uzbrojenia i sprzętu wojskowego oraz żołnierzy w strefie walk. W drugiej połowie 2022 r. Rosjanie zaczęli używać w większej ilości dronów kamikadze o nazwie Lancet. Rosjanie zdobyli dzięki nim doświadczenie i obecnie w użyciu pojawiają się udoskonalone ich wersje. Analitycy wojskowi stwierdzają, że drony Lancet 3 to jedne z najlepszych tego typu urządzeń na świecie. Ich atutem jest układu skrzydeł wykonanych w kształcie litery X, pozwalający

[27] *Bayraktar - Ukrainian War Song (English subtitles, napisy polskie and other languages)*, 23.05.2022, portal youtube.com, https://www.youtube.com/watch?v=S3FGWPMjl6M, [dostęp: 22.01.2025].

[28] *Bezzałogowce BAYRAKTAR TB2*, portal gov.pl, https://www.gov.pl/web/obrona-narodowa/bezzalogowce-bayraktar-tb2, [dostęp: 22.01.2025].

[29] R. Rochowicz, *Drony w wojnie Ukrainy z Rosją*, Zeszyty 160 nr 2, Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, Zielonka 2022, s. 108-109.

na niezwykle szybką zmianę kierunku lotu. Dlatego na przestrzeni trzech lat wojny potrafiły zadać dotkliwe straty Siłom Zbrojnym Ukrainy[30]. Dla przykładu jedna z pierwszych utraconych polskich armatohaubic Krab 155 mm w składzie wojsk ukraińskich została właśnie zniszczona w listopadzie 2022 r. przez tego typu drona – Lancet 3. Są one użytkowane głównie przez jednostki specnazu[31].

Mimo wcześniejszej obecności dronów powietrznych w konflikcie rosyjsko-ukraińskim powstanie na mocy dekretu odrębnych od pozostałych wojsk ukraińskich Sił Systemów Bezzałogowych SZ Ukrainy, miało miejsce 6 lutego 2024 roku. Było to działanie rozwijające znaczenie systemów dronowych operujących w powietrzu, morzu i na ziemi, tak widocznych od początku konfliktu w 2022 roku[32].

Wśród zadań, które ma spełniać nowo utworzony rodzaj wojsk ukraińskich znajdują się między innymi:

- prowadzenie działań bojowych,
- stworzenie ujednoliconego szkolenia operatorów dronów,
- prowadzenie badań odnośnie do ewolucji taktyki ich użytkowania,
- prowadzenie eksperymentów oraz testów z systemami dronowymi[33].

Poniżej przedstawiono przykłady użycia dronów w wojnie rosyjsko-ukraińskiej w drugiej połowie 2024 roku. Sierpień oraz wrzesień 2024 roku odznaczał się zwiększoną aktywnością ukraińskich ataków systemami bezzałogowymi o średnim i wysokim zasięgu na obiekty znajdujące się na terenie Federacji Rosyjskiej. Skupiano się na atakowaniu rosyjskich baz lotniczych oraz składów amunicji. Nocą z 21 na 22 sierpnia 2024 roku przeprowadzono atak na głębokości 270 km wewnątrz Rosji. Wykorzystano drony powietrzne wyposażone w głowice odłamkowo-burzące, które spowodowały cztery główne ogniska pożarów i doprowadziły do wybuchów wtórnych, niszcząc

[30] F. Mielczarek, *Fenomen rosyjskich superdronów Lancet. Zaskakują Ukraińców*, 30 sierpnia 2023 r., portal geekweek.interia.pl, https://geekweek.interia.pl/militaria/news-fenomen-rosyjskich-superdronow-lancet-zaskakuja-ukraincow,nId,6995209, [dostęp: 16.01.2025].

[31] P. Juraszek, *Pierwszy AHS Krab zniszczony w walce. Dokonał tego rosyjski Specnaz*, 28 listopada 2022 r., portal wp.pl, https://tech.wp.pl/pierwszy-ahs-krab-zniszczony-w-walce-kulisy-brutalnej-wojny-artyleryjskiej,6838782676957888a, [dostęp: 10.02.2025].

[32] M. Gawęda, *Siły Systemów Bezzałogowych SZU. Jak Ukraina utworzyła wojska dronowe? [ANALIZA]*, 23.11.2024, portal defence24.pl, https://defence24.pl/wojna-na-ukrainie-raport-specjalny-defence24/sily-systemow-bezzalogowych-szu-jak-ukraina-utworzyla-wojska-dronowe-analiza, [dostęp: 10.02.2025].

[33] Ibidem.

skład amunicji oraz kilka hangarów przeznaczonych do przechowywania samolotów bojowych (Su-34 - jeden zniszczono, a drugi, prawdopodobnie uszkodzono). Trzy dni później, 25 sierpnia 2024 r. przeprowadzono atak na głębokości 700 km w głębi Rosji atakując bazę Engels, w której stacjonowały rosyjskie bombowce strategiczne Tu-95MS. 1 września 2024 r. zaatakowano zmasowanym atakiem rosyjską infrastrukturę energetyczną w obwodzie moskiewskim i twerskim, powodując uszkodzenie konakowskiej hali turbin. Osiem dni później, z 9 na 10 sierpnia 2024 roku zaatakowano rosyjskie porty lotnicze w Domodiedowie, Szeremietiewie, Żukowsku i Wnukowie, które zostały czasowo wykluczone z użytku. 18 sierpnia 2024 roku atakiem na bazę paliwową Kawkaz w obwodzie rostowskim doprowadzono do zniszczenia lub uszkodzenia 70-80% zbiorników paliwowych (łącznie na terenie bazy znajdowało się 80 zbiorników), których pożar był bardzo trudny do ugaszenia[34].

Głównymi dronami kamikadze dalekiego zasięgu wykorzystywanymi przez SZ Ukrainy są takie maszyny jak: Bóbr, Liutyj, UJ-25, Scyt oraz Piekło – dron rakieta. Odnotowano również udział drona E-300 (ma możliwość powrotu do bazy), którego udźwig pozwala na transport 250 kilogramowych bomb[35]. System Bóbr (VG-26 Bóbr) najprawdopodobniej produkowany przez ukraińską firmę UkrJet, posiada zasięg w okolicach 1000 kilometrów (w zależności od źródeł informacji, waha się od 700 do 1200 kilometrów), a maksymalny udźwig głowicy bojowej wynosi 75 kilogramów. Został użyty do ataku celów w okolicach Moskwy już w maju i lipcu 2023 roku[36]. Jego bryła została zaprojektowana w układzie „kaczki", co czyni go bardzo zwinnym bezzałogowym statkiem powietrznym (kontrola pochylenia drona w górę i w dół, nie powoduje utraty siły nośnej[37]). Poza posiadaniem wysokiej odporności na rosyjskie systemy walki radioelektronicznej jego zwinność pozwala na manewrowe uniknięcie obrony przeciwlotniczej wroga. Posiada rozpiętość

[34] M. Gawęda, *Wojna rosyjsko-ukraińska cz. 28*, Wojsko i Technika, nr 10, ZBIAM, Warszawa 2024, s. 58-59.

[35] *Wojna w Ukrainie. Zaskakujące ukraińskie naloty na Rosję*, 02.02.2025, portal rp.pl, https://www.rp.pl/konflikty-zbrojne/art41756631-wojna-w-ukrainie-zaskakujace-ukrainskie-naloty-na-rosje, [dostęp: 11.02.2025].

[36] *Bóbr dalekiego zasięgu, czyli czym Ukraińcy bombardują Rosję*, 22.01.2024, portal rp.pl, https://www.rp.pl/konflikty-zbrojne/art39728931-bobr-dalekiego-zasiegu-czyli-czym-ukraincy-bombarduja-rosje, [dostęp: 11.02.2024].

[37] *Wolontariusz Serhij Prytula pokazał drony kamikadze Bóbr*, 30.07.2023, portal mil.un.ua, https://mil.in.ua/pl/news/wolontariusz-serhij-prytula-pokazal-drony-kamikadze-bobr/, [dostęp: 11.02.2025].

skrzydeł wynoszącą 3,5 metra przy długości 2,5 metra, osiągając prędkość w okolicach 150-200 kilometrów na godzinę, pozostając w działaniu do nawet 7 godzin. Średnia wartość jednego drona Bóbr wynosi 100 tysięcy dolarów[38].

Ukraiński system dronowy dalekiego zasięgu Liutyj wykorzystywany jest do ataku na kluczowe cele położone na terytorium Federacji Rosyjskiej. Z uwagi na wysokie koszty produkcji (około 200 tysięcy dolarów za sztukę) jego użycie jest dozowane. Dron ma rozpiętość skrzydeł około 6,7 metra i długość 4,4 metra, przy wadze około 250-300 kilogramów. Konstrukcja napędzana jest silnikiem o mocy 50 koni mechanicznych, mogącym udźwignąć ładunek bojowy o wadze sięgającej 50 kilogramów. Do konstrukcji użyto włókno szklane oraz żywicę epoksydową, co przełożyło się na lepszy zasięg i udźwig w porównaniu do jego poprzednika „Bobra"[39].

Pierwsze użycie autorskiego ukraińskiego drona dalekiego zasięgu Paljanyca miało miejsce w drugiej połowie 2024 roku[40]. Jego przeznaczenie skupia się na niszczeniu lotnisk wojskowych Federacji Rosyjskiej oraz eliminacji „potencjału ofensywnego wroga". Zasięg konstrukcji napędzanej silnikiem odrzutowym oscyluje w okolicach 600-750 kilometrów[41]. Wystrzelenie pocisku-drona ma miejsce z platformy lądowej, a konstrukcyjne połączenie pocisku manewrującego z bezzałogowym statkiem powietrznym pozwala na wykonywanie precyzyjnych manewrów przy znacznie większej prędkości przelotowej (porównując do klasycznych dronów BSP lub FPV)[42].

2024 rok przyniósł przełom w walkach na terenach gęsto porośniętych roślinnością, które wcześniej były dogodnym miejscem ukrywania

[38] F. Mielczarek, *Ukraiński wywiad w końcu ujawnił swoją tajną broń*, 17.11.2023, portal geekweek.interia.pl, https://geekweek.interia.pl/lotnictwo/news-ukrainski-wywiad-w-koncu-ujawnil-swoja-tajna-bron,nId,7155614, [dostęp: 11.02.2024].

[39] S. Tetera, *Lutyj - ukraiński dron strategiczny*, 18.05.2024, portal onet.pl, https://www.onet.pl/informacje/nowa-technika-wojskowa/lutyj-ukrainski-dron-strategiczny/z50psmf,30bc1058, [dostęp: 11.02.2025].

[40] *„Znacznie szybszy i potężniejszy". Ukraina po raz pierwszy użyła nowego drona Palianyca*, 25.08.2024, portal rp.pl, https://www.rp.pl/swiat/art41017351-znacznie-szybszy-i-potezniejszy-ukraina-po-raz-pierwszy-uzyla-nowego-drona-palianyca, [dostęp: 11.02.2025].

[41] M. Górski, *Zełenski: Ukraina stworzyła nowego drona. Do czego służy Palanycia?*, 25.08.2024, portal defence24.pl, https://defence24.pl/wojna-na-ukrainie-raport-specjalny-defence24/zelenski-ukraina-stworzyla-nowego-drona-do-czego-sluzy-palanycia, [dostęp: 11.02.2025].

[42] R. Muczyński, *Palanycia – pocisk-bezzałogowiec w Siłach Zbrojnych Ukrainy*, 26.08.2024, portal milmag.pl, https://milmag.pl/palanycia-pocisk-bezzalogowiec-w-silach-zbrojnych-ukrainy, [dostęp: 11.02.2025].

posterunków i wyczekiwania na ruch przeciwnika. Po stronie ukraińskiej opracowano metodę wykorzystującą drony FPV wyposażone w ładunki termitu przeznaczone do zrzucenia, które w styczności z podłożem wytwarzają bardzo wysokie temperatury prowadzące do zapłonu okolicznej roślinności. Termit w Ukrainie był wykorzystywany przed 2024 rokiem do unieruchamiania rosyjskich czołgów i pojazdów. Możliwość wykluczenia znacznego obszaru za pomocą termitu, w porównaniu do dronów kamikaze atakujących punktowo, działa również na morale przeciwnika, skutecznie je obniżając. Strona rosyjska również wykorzystywała amunicję zawierającą termit, między innymi do ostrzału artyleryjskiego Mariupola, w 2022 roku. Wykorzystanie dronów FPV w połączeniu z termitem, pozwala neutralizować cele znacznie tańszym sposobem niż przy użyciu etatowych środków bojowych[43].

Natomiast 24 stycznia 2025 roku Ministerstwo Obrony Federacji Rosyjskiej opublikowało informację o zestrzeleniu dotychczas rekordowej liczby dronów. Od czwartku do piątku (23-24 stycznia 2025 roku) siły rosyjskie zniszczyły 218 dronów, z czego 174 znajdujących się poza „strefą specjalnej operacji wojskowej", czyli na terytorium Federacji Rosyjskiej. Ukraiński atak został przeprowadzony jednocześnie na 12 rosyjskich regionów, wliczając w to stolicę – Moskwę oraz Krym. Mimo informacji o sukcesach w strąceniu dużej ilości dronów, zrealizowano skuteczny atak na rosyjską fabrykę w obwodzie briańskim, co spowodowało wstrzymanie linii produkcyjnej. Zakład zajmował się produkcją elementów składowych systemów Pancyr (obrona powietrzna) oraz Iskander (system rakietowy)[44]. Tej samej nocy został przeprowadzony również skuteczny atak na rosyjską rafinerię oraz elektrociepłownię znajdującą się w Razaniu, eliminując obydwa obiekty z użytku i ograniczając zdolności produkcyjne gospodarki rosyjskiej[45].

Do walki z rosyjskimi BSP, SZ Ukrainy wykorzystują między innymi przeciwlotniczą artylerię lufową. Drugą młodość przechodzą niemieckie systemy przeciwlotnicze Gepard (produkowane od 1965 roku na podwoziu czołgu Leopard 1), wyposażone w armaty o kalibrze 35 milimetrów. Gepardy

[43] J. M. Brzezina, *Nowa broń Ukrainy. Palący się termit spada na Rosjan z dronów*, Nowa Technika Wojskowa nr 11, Warszawa 2024, s. 36-39.

[44] *Ukraina przeprowadziła największy od początku wojny atak dronów na Rosję*, 24.01.2025, portal wiadomosci.onet.pl, https://wiadomosci.onet.pl/najwiekszy-taki-atak-ukrainy-od-poczatku-wojny-174-drony/fvfx3fy, [dostęp: 25.01.2025].

[45] *„Nie ma już zakładu w Riazaniu". Pożar i zniszczenia po ataku dronów*, 24.01.2025, portal money.pl, https://www.money.pl/gospodarka/nie-ma-juz-zakladu-w-riazaniu-pozar-i-zniszczenia-po-ataku-dronow-7117604861647648a.html, [dostęp: 25.01.2025].

stanowią skuteczne narzędzie z niezbyt szybkimi dronami wykorzystywanymi przez Siły Zbrojne Federacji Rosyjskiej[46].

Skutecznym narzędziem do walki z dronami FPV jest zagłuszanie fal radiowych, na których opiera się sterowanie nimi. Do tych celów SZ Ukrainy wykorzystują między innymi nadajnik Dome EW (z racji małej dostępności – w 2024 roku firma Metinvest przekazała 100 sztuk), które montowane są na pojazdach, tymczasowych bazach i stanowiskach dowodzenia ukraińskich wojsk[47]. Urządzeniem dedykowanym do ochrony pojazdów przed atakami rosyjskich dronów i amunicji krążącej jest system z 2023 roku o nazwie Piranha-Armored Vegicle Dome 360. Posiada skuteczny zasięg 600 metrów (w okresie letnim nawet do 700 metrów), w promieniu którego BSP tracą kontakt z operatorami, awaryjnie lądują lub bezwiednie spadają nie stwarzając zagrożenia osobom przemieszczającym się w pojeździe[48].

Siły Zbrojne Federacji Rosyjskiej 26 sierpnia 2024 roku przeprowadziły pierwszy na tak dużą skalę zmasowany atak rakietowo-dronowy od początku wojny. Celem ataków była infrastruktura zaopatrująca w energię Ukrainę. Użyte przez Federację Rosyjską środki bojowe osiągnęły cel w 15 ukraińskich obwodach uszkadzając obiekt przemysłowy w obwodzie płotawskim, infrastrukturę energetyczną (zakład energetyczny w Równe) i wodną (zapora w Wyszogrodzie na rzece Dniepr) oraz rażąc 22 prywatne obiektu mieszkalne w obwodzie kijowskim[49]. Użyto w nim około 236 środków, z czego użyto 109 dronów powietrznych Shahed, resztę stanowiły pociski rakietowe trzech różnych typów. Obrona przeciwlotnicza Ukrainy zdołała zneutralizować 99 dronów i 102 rosyjskie pociski kierowane[50].

---

[46] R. Ditrich, *Sceny jak z Gwiezdnych Wojen. Tak Ukraina walczy z bezzałogowcami Geran-2*, 06.11.2024, portal forsal.pl, https://forsal.pl/swiat/ukraina/artykuly/9669711,sceny-jak-z-gwiezdnych-wojen-tak-ukraina-walczy-z-bezzalogowcami-gera.html, [dostęp: 11.02.2025].

[47] M. Tomiczek, *Systemy walki z dronami. Potrzebny sprzęt na takiej wojnie*, 06.01.2024, portal tech.wp.pl, https://tech.wp.pl/systemy-walki-z-dronami-potrzebny-sprzet-na-takiej-wojnie,6981818801076736a, [dostęp: 27.02.2025].

[48] M. Kozubel, *Nowy ukraiński system WRE przeciwko dronom przyjęty na uzbrojenie*, 11.11.2023, portal defence24.pl, https://defence24.pl/wojna-na-ukrainie-raport-specjalny-defence24/nowy-ukrainski-system-wre-przeciwko-dronom-przyjety-na-uzbrojenie, [dostęp: 27.02.2025].

[49] M. Strembski, *Silny atak Rosji na ukraińską infrastrukturę energetyczną*, 26.08.2024, portal portalmilitarny.pl, https://portalmilitarny.pl/wiadomosci/silny-atak-rosji-na-ukrainska-infrastrukture-energetyczna/, [dostęp: 11.02.2025].

[50] M. Gawęda, *Wojna rosyjsko-ukraińska cz. 28*, op. cit, s. 56-57.

Natomiast do największego ataku dronowego Federacji Rosyjskiej doszło dzień przed trzecią rocznicą wybuchu pełnoskalowej wojny – 21 lutego 2024 roku. Do przeprowadzenia ataku na 13 ukraińskich obwodów wykorzystano 267 dronów (większość z nich to drony Shahed). Mimo zestrzelenia przez stronę ukraińską 138 rosyjskich BSP, doszło do poważnych problemów w obwodach zaporoskim, odeskim, dniepropietrowskim, połtawskim oraz kijowskim[51].

Drony Shahed-136 (zwany również Szahid) należą do najczęściej wykorzystywanych przez Federację Rosyjską dronów irańskich w konflikcie z Ukrainą. Jest to jednostka dalekiego zasięgu mogąca operować do 1000 kilometrów (niektóre źródła podają, że zbiornik paliwa pozwala na pokonanie 2500 kilometrów), a jej udźwig wynosi do 50 kilogramów materiałów wybuchowych. Rozpiętość skrzydeł wynosi 2,5 metra, przy długości 3,5 metra, przy wadze około 200 kilogramów, napędzanych silnikiem o mocy 50 koni mechanicznych[52]. Iran dostarcza również inne modele dronów dla Federacji Rosyjskiej, a wśród nich znajdują się między innymi Shahed-131[53] i Mohajer-6[54]. Shahedy są wykorzystywane do przeprowadzania głębokich ataków na terytorium Ukrainy, a głównymi celami jest ukraińska infrastruktura krytyczna i obiekty cywilne[55]. Irańska firma IRGC Sahara Thunder sprzedała Federacji Rosyjskiej drony Shahed-136 w cenie 193 tysięcy dolarów za sztukę przy zamówieniu

[51] *Największy atak od początku agresji. Rosja wysłała ponad 250 dronów*, 2.02.2024, portal tvn24.pl, https://tvn24.pl/swiat/ukraina-najwiekszy-atak-od-poczatku-agresji-rosja-wyslala-ponad-250-dronow-st8318858, [dostęp: 27.02.2025].

[52] P. Juraszek, *Rosjanie zaatakowali Shahedami. Miały nawigację ze sprzętu rolniczego*, 03.01.2025, portal tech.wp.pl, https://tech.wp.pl/rosjanie-zaatakowali-shahedami-mialy-nawigacje-ze-sprzetu-rolniczego,7110275941415680a, [dostęp: 11.02.2025].

[53] *Rosjanie zaczęli używać dronów kamikadze Shahed-131*, 14.10.2022, portal mil.in.ua, https://mil.in.ua/pl/news/rosjanie-zaczeli-uzywac-dronow-kamikadze-shahed-131/, [dostęp: 11.02.2025].

[54] *Marynarka Wojenna Ukrainy ujawniła szczegóły o zestrzeleniu irańskiego drona nad Morzem Czarnym*, 06.06.2023, portal mil.in.ua, https://mil.in.ua/pl/news/marynarka-wojenna-ukrainy-ujawnila-szczegoly-o-zestrzeleniu-iranskiego-drona-nad-morzem-czarnym/, [dostęp: 11.02.2025].

[55] M. Mitkow, *Widziane z orbity: rosyjski magazyn dronów Shahed zniszczony*, 25.06.2024, portal space24.pl, https://space24.pl/satelity/obserwacja-ziemi/widziane-z-orbity-rosyjski-magazyn-dronow-shahed-zniszczony, [dostęp: 11.02.2025].

6 tysięcy egzemplarzy (negocjowany był zakup 2 tysięcy sztuk, w cenie 290 tysięcy dolarów za egzemplarz)[56].

Rosyjskie Wojska Radioelektroniczne, nie tak liczne w pierwszej fazie konfliktu, odznaczały się znaczącą nieporadnością w prowadzeniu ochrony własnych oddziałów i obiektów. Wyciągając wnioski z walk, przeprowadzono proces nasycenia oraz implementacji rozwiązań dostosowywanych do zwalczania ukraińskich BSP oraz dronów FPV. Plecakowe zakłócacze zostały zastosowane do zwiększenia poziomu ochrony niewielkich grup rosyjskich żołnierzy – dron po wpadnięciu w „pułapkę radioelektroniczną" wytwarzaną przez urządzenie, traci swoje możliwości[57].

Podsumowanie

Pojawienie się na współczesnym polu walki bezzałogowych statków powietrznych pokazuje, jak postęp technologii cyfrowych zmienił środowisko współczesnych konfliktów zbrojnych. Użycie dronów zmieniło oblicze wojny na Ukrainie. Tradycyjne, a jednocześnie podstawowe środki walki, takie jak czołgi, bojowe wozy piechoty czy kołowe transportery opancerzone i wyrzutnie rakietowe oraz działa artyleryjskie, muszą zostać wzmocnione o obronę przeciwko powietrznym dronom. Zagrożenie ze strony dronów już rozwinęło uzbrojenie i sprzęt do ich unieszkodliwiania i zwalczania, ale jest to proces wymagający ciągłego rozwoju tak, jak rozwijane są drony. W tym aspekcie ważna będzie zmiana uwarunkowań maskowania sprzętu i ludzi przed tym zagrożeniem. Tym samym przyszłość rozwoju i użycia powietrznych dronów przez wojsko jest jak najbardziej wskazana, co pokazują możliwości tego sprzętu, gdzie koszt pojedynczego drona jest zdecydowanie mniejszy niż niszczonych przez nie uzbrojenia i sprzętu oraz wyszkolonych żołnierzy. Ponadto ataki na obiekty infrastruktury krytycznej oraz domy mieszkalne są destrukcyjne i powodują również oddziaływanie na społeczeństwo strony przeciwnej wpływając tym samym na nastroje społeczne.

[56] M. Szopa, *Ile Rosjanie przepłacają za drony Szahid?*, 06.02.2024. portal defence24.pl, https://defence24.pl/wojna-na-ukrainie-raport-specjalny-defence24/ile-rosjanie-przeplacaja-za-drony-szahid, [dostęp: 11.02.2025].

[57] S. Ruszkiewicz, *Wojna dronów na froncie. „Rosjanie używają zwykłych składaków"*, 03.02.2025, portal wiadomosci.wp.pl, https://wiadomosci.wp.pl/wojna-dronow-na-froncie-rosjanie-uzywaja-zwyklych-skladakow-7121283399826240a, [dostęp: 27.02.2025].

Literatura

1. Balcer K., *Klasyfikacja bezzałogowych statków powietrznych w odniesieniu do specyfikacji oraz przepisów prawa polskiego i międzynarodowego*, Developments in Mechanical Engineering, nr 17(9), 2021, s. 5-15. DOI: 10.37660/dme.2021.17.9.1
2. Бескрестнов С., *Інструкція з протидії активності розвідувальних БПЛА РФ у прифронтовій зоні*, Київ 2024. https://nvkarta.com/project/library/uploads/military/bpla/(uk)_flash_protydiyiya_bpla_rf_u_pryfrontoviy_zoni.pdf#page=1&zoom=auto,-272,668.
3. Białoskórski R., *The Theoretical Concept of Information Warfare: A General Outline*, Humanities and Social Sciences, t. 30, nr 4, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2023.
4. Becmer D., *Bezzałogowe systemy latające klasy I - II w przyszłym systemie walki*. Zeszyty Naukowe WSOWL, nr 1(143), 2007, s. 33-44.
5. Brzezina J. M., *Nowa broń Ukrainy. Palący się termit spada na Rosjan z dronów*, Nowa Technika Wojskowa nr 11, Magnum-X, Warszawa 2024.
6. *Electronic warfare and radar systems engineering handbook (4th ed.)*, Naval Air Warfare Center, California 2013.
7. Gawęda M., *Wojna rosyjsko-ukraińska cz. 28*, Wojsko i Technika, nr 10, ZBIAM, Warszawa 2024.
8. Karcz K., Sitkiewicz A., Błaszczyk J., Mierczyk Z., *New Electromagnetic Threat Protection Systems*, Problemy Mechatroniki: uzbrojenie, lotnictwo, inżynieria bezpieczeństwa t. 14, nr 4, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2023.
9. Kopeć R., Wasiuta O., Wójtowicz T., *Wojna dronów. Militarne wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych*, Wydawnictwo Naukowe UP, Kraków 2021.
10. Laskowski P., *Broń precyzyjna a czołgi - zagrożenia dla pojazdów pancernych na współczesnym polu walki*, Przegląd Geopolityczny, t. 49, Polskie Towarzystwo Geopolityczne, Warszawa 2024.
11. Mitkow S., Antczak J., Roszkiewicz M., *Zarządzanie innowacjami w przemyśle zbrojeniowym przy współpracy startupu jako istotny element budowy bezpieczeństwa w dobie zagrożenia ze Wschodu*, Studia Wschodnioeuropejskie, nr 19, 2023, s. 222-249. http://doi.org/10.31971/24500267.19.18
12. Polkowski P., *Bezzałogowe statki powietrzne*, Rocznik Bezpieczeństwa Międzynarodowego, 10(1), 2016, s. 237-248. https://doi.org/10.34862/rbm.2016.1.16
13. Rochowicz R., *Drony w wojnie Ukrainy z Rosją*, Problemy Techniki Uzbrojenia, 160(2), 2022, s. 97-117. https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.9900
14. Sitkiewicz A., Karcz K., *Zagrożenia bezpieczeństwa systemów teleinformatycznych w obszarze infrastruktury krytycznej w przestrzeni kosmicznej*, [w:] *Polacy o Kosmosie. Sektor kosmiczny w perspektywie prawa, polityki i bezpieczeństwa*, red. nauk. M. Jabłoński, M. Ulański, Z. Popowicz, Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa „Dom Organizatora", Toruń 2024, s. 140
15. Świeczkowski M., *Technologiczna odpowiedź struktur bezpieczeństwa portu na zagrożenia ze strony bezzałogowych statków powietrznych*, Rocznik Bezpieczeństwa Morskiego rok XIII, Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte, Gdynia 2019.

16. Terebecki M., *Wykorzystanie nowoczesnych technologii przez wojska obrony terytorialnej podczas działań - roje dronów*, Zeszyty Naukowe Pro Publico Bono, nr 1, 2022, s. 15-33. https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.1956

Netografia

1. *Bayraktar - Ukrainian War Song* (English subtitles, napisy polskie and other languages), 23.05.2022, portal youtube.com, https://www.youtube.com/watch?v=S3FGWPMjl6M.
2. *Bezzałogowce BAYRAKTAR TB2*, portal gov.pl, https://www.gov.pl/web/obrona-narodowa/bezzalogowce-bayraktar-tb2.
3. *Bóbr dalekiego zasięgu, czyli czym Ukraińcy bombardują Rosję*, 22.01.2024, portal rp.pl, https://www.rp.pl/konflikty-zbrojne/art39728931-bobr-dalekiego-zasiegu-czyli-czym-ukraincy-bombarduja-rosje.
4. Dąbrowski M., *MSPO 2019: Elektromagnetyczne Lance przeciwko dronom*, 06.09.2019, portal defence24.pl, https://defence24.pl/przemysl/mspo-2019-elektromagnetyczne-lance-przeciwko-dronom.
5. *DIRECTORY. Tactics of use by the enemy FPV drones (in diagrams) and ways to counteract it*, November 9, 2024, Portal Defcad, https://defcad.com/library/tactics-of-using-fpv-drones-by-the-enemy-in-diagrams-and-methods-of-counteraction-eng/.
6. Ditrich R., *Sceny jak z Gwiezdnych Wojen. Tak Ukraina walczy z bezzałogowcami Geran-2*, 06.11.2024, portal forsal.pl, https://forsal.pl/swiat/ukraina/artykuly/9669711,sceny-jak-z-gwiezdnych-wojen-tak-ukraina-walczy-z-bezzalogowcami-gera.html.
7. Gawęda M., *Siły Systemów Bezzałogowych SZU. Jak Ukraina utworzyła wojska dronowe? [ANALIZA]*, 23.11.2024, portal defence24.pl, https://defence24.pl/wojna-na-ukrainie-raport-specjalny-defence24/sily-systemow-bezzalogowych-szu-jak-ukraina-utworzyla-wojska-dronowe-analiza.
8. Górski M., *Zełenski: Ukraina stworzyła nowego drona. Do czego służy Palanycia?*, 25.08.2024, portal defence24.pl, https://defence24.pl/wojna-na-ukrainie-raport-specjalny-defence24/zelenski-ukraina-stworzyla-nowego-drona-do-czego-sluzy-palanycia.
9. Juraszek P., *Pierwszy AHS Krab zniszczony w walce. Dokonał tego rosyjski Spec-naz*, 28 listopada 2022 r., portal wp.pl, https://tech.wp.pl/pierwszy-ahs-krab-zniszczony-w-walce-kulisy-brutalnej-wojny-artyleryjskiej,6838782676957888a.
10. Juraszek P., *Rosjanie zaatakowali Shahedami. Miały nawigację ze sprzętu rolniczego*, 03.01.2025, portal tech.wp.pl, https://tech.wp.pl/rosjanie-zaatakowali-shahedami-miały-nawigacje-ze-sprzetu-rolniczego,7110275941415680a.
11. Kozubel M., *Nowy ukraiński system WRE przeciwko dronom przyjęty na uzbrojenie*, 11.11.2023, portal defence24.pl, https://defence24.pl/wojna-na-ukrainie--raport-specjalny-defence24/nowy-ukrainski-system-wre-przeciwko-dronom-przyjety-na-uzbrojenie.
12. *Marynarka Wojenna Ukrainy ujawniła szczegóły o zestrzeleniu irańskiego drona nad Morzem Czarnym*, 06.06.2023, portal mil.in.ua, https://mil.in.ua/pl/news/

marynarka-wojenna-ukrainy-ujawnila-szczegoly-o-zestrzeleniu-iranskiego-drona-nad-morzem-czarnym/.
13. Mielczarek F., *Fenomen rosyjskich superdronów Lancet. Zaskakują Ukraińców*, 30 sierpnia 2023 r., portal geekweek.interia.pl, https://geekweek.interia.pl/militaria/news-fenomen-rosyjskich-superdronow-lancet-zaskakuja-ukraincow,nId,6995209.
14. Mielczarek F., *Ukraiński wywiad w końcu ujawnił swoją tajną broń*, 17.11.2023, portal geekweek.interia.pl, https://geekweek.interia.pl/lotnictwo/news-ukrainski-wywiad-w-koncu-ujawnil-swoja-tajna-bron,nId,7155614.
15. Mitkow M., *Systemy antydronowe - konieczność na dzisiejszym polu walki [ANALIZA]*, 19.09.2023, portal defence23.pl, https://defence24.pl/przemysl/systemy-antydronowe-koniecznosc-na-dzisiejszym-polu-walki-analiza.
16. Mitkow M., *Widziane z orbity: rosyjski magazyn dronów Shahed zniszczony*, 25.06.2024, portal space24.pl, https://space24.pl/satelity/obserwacja-ziemi/widziane-z-orbity-rosyjski-magazyn-dronow-shahed-zniszczony.
17. Muczyński R., *Palanycia – pocisk-bezzałogowiec w Siłach Zbrojnych Ukrainy*, 26.08.2024, portal milmag.pl, https://milmag.pl/palanycia-pocisk-bezzalogowiec-w-silach-zbrojnych-ukrainy.
18. *Największy atak od początku agresji. Rosja wysłała ponad 250 dronów*, 2.02.2024, portal tvn24.pl, https://tvn24.pl/swiat/ukraina-najwiekszy-atak-od-poczatku-agresji-rosja-wyslala-ponad-250-dronow-st8318858.
19. *„Nie ma już zakładu w Riazaniu". Pożar i zniszczenia po ataku dronów*, 24.01.2025, portal money.pl, https://www.money.pl/gospodarka/nie-ma-juz-zakladu-w-riazaniu-pozar-i-zniszczenia-po-ataku-dronow-7117604861647648a.html.
20. *Rodzaje dronów FPV*, 26.07.2022, portal wgoglach.pl, https://wgoglach.pl/rodzaje-dronow-fpv/.
21. *Rosjanie zaczęli używać dronów kamikadze Shahed-131*, 14.10.2022, portal mil.in.ua, https://mil.in.ua/pl/news/rosjanie-zaczeli-uzywac-dronow-kamikadze-shahed-131/.
22. Ruszkiewicz S., *Wojna dronów na froncie. „Rosjanie używają zwykłych składaków"*, 03.02.2025, portal wiadomosci.wp.pl, https://wiadomosci.wp.pl/wojna-dronow-na-froncie-rosjanie-uzywaja-zwyklych-skladakow-7121283399826240a.
23. Strembski M., *Silny atak Rosji na ukraińską infrastrukturę energetyczną*, 26.08.2024, portal portalmilitarny.pl, https://portalmilitarny.pl/wiadomosci/silny-atak-rosji-na-ukrainska-infrastrukture-energetyczna/.
24. Szopa M., *Ile Rosjanie przepłacają za drony Szahid?*, 06.02.2024. portal defence24.pl, https://defence24.pl/wojna-na-ukrainie-raport-specjalny-defence24/ile-rosjanie-przeplacaja-za-drony-szahid.
25. Tetera S., *Lutyj - ukraiński dron strategiczny*, 18.05.2024, portal onet.pl, https://www.onet.pl/informacje/nowa-technika-wojskowa/lutyj-ukrainski-dron-strategiczny/z50psmf,30bc1058.
26. Tomiczek M., *Systemy walki z dronami. Potrzebny sprzęt na takiej wojnie*, 06.01.2024, portal tech.wp.pl, https://tech.wp.pl/systemy-walki-z-dronami-potrzebny-sprzet-na-takiej-wojnie,6981818801076736a.

27. *Ukraina przeprowadziła największy od początku wojny atak dronów na Rosję,* 24.01.2025, portal wiadomosci.onet.pl, https://wiadomosci.onet.pl/najwiekszy-taki-atak-ukrainy-od-poczatku-wojny-174-drony/fvfx3fy.
28. *Wojna w Ukrainie. Zaskakujące ukraińskie naloty na Rosję*, 02.02.2025, portal rp.pl, https://www.rp.pl/konflikty-zbrojne/art41756631-wojna-w-ukrainie-zaskakujace-ukrainskie-naloty-na-rosje.
29. *Wolontariusz Serhij Prytula pokazał drony kamikadze Bóbr*, 30.07.2023, portal mil.un.ua, https://mil.in.ua/pl/news/wolontariusz-serhij-prytula-pokazal-drony-kamikadze-bobr/.
30. *Zastosowanie dronów oraz ich historia*, 02.06.2017, portal megadron.pl, https://megadron.pl/pl/blog/zastosowanie-dronow-oraz-ich-historia-1536843674.html?srsltid=AfmBOoqm6BS8tvNad-qcLSLDuKZ-R8nmZEhma_RwBL4u-GyqvkMTk9CHC.
31. *„Znacznie szybszy i potężniejszy". Ukraina po raz pierwszy użyła nowego drona Palianyca*, 25.08.2024, portal rp.pl, https://www.rp.pl/swiat/art41017351-znacznie-szybszy-i-potezniejszy-ukraina-po-raz-pierwszy-uzyla-nowego-drona-palianyca.