

Prawne i techniczne metody ochrony obiektów infrastruktury krytycznej przed zagrożeniami ze strony bezzałogowych statków powietrznych – przykład Polski

Legal and technical methods of protecting critical infrastructure facilities against threats from unmanned aerial vehicles – the Polish example

JĘDRZEJ ŁUKASIEWICZ

Autor niezależny

 <https://orcid.org/0000-0002-7082-8511>

DAMIAN SZLACHTER

Agencja Bezpieczeństwa Wewnętrznego

 <https://orcid.org/0000-0003-2763-9325>

Abstrakt

Celem artykułu jest omówienie zmian prawnych wprowadzonych w Polsce w odpowiedzi na rosnące zagrożenie dla obiektów infrastruktury krytycznej ze strony bezzałogowych statków powietrznych oraz przedstawienie rekomendowanej metody oceny skuteczności systemów detekcji i neutralizacji tych statków opracowanej przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa. Autorzy omawiają nowelizację *Ustawy z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze*, w której zawarto przepisy istotne dla bezpieczeństwa wykonywania lotów platform bezzałogowych, zapewniające operatorom infrastruktury krytycznej prawo do obrony chronionego obiektu przed atakami z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych, oraz nowelizację *Ustawy z dnia*

24 maja 2013 r. o środkach przymusu bezpośredniego i broni palnej, w ramach której poszerzono katalog środków przymusu bezpośredniego o zniszczenie albo unieruchomienie bezzałogowego statku powietrznego albo przejęcie kontroli nad jego lotem oraz wskazano środki jego neutralizacji.

Słowa kluczowe

infrastruktura krytyczna, bezzałogowe statki powietrzne, ustawa – Prawo lotnicze, systemy detekcji i neutralizacji dronów

Abstract

The aim of this article is to discuss the legal changes introduced in Poland in response to the growing threat to critical infrastructure facilities from unmanned aerial vehicles (UAVs) and to present a recommended method for assessing the effectiveness of UAV detection and neutralisation systems developed by the Government Centre for Security (RCB). The authors discuss the amendment of the *Act of 3 July 2002 – Aviation Law*, which includes provisions relevant to the safety of unmanned platform flights, ensuring that operators of critical infrastructure have the right to defend the protected facility against attacks using unmanned aircraft, and the amendment of the *Act of 24 May 2013 on direct coercive measures and firearms*, which expanded the catalogue of direct coercive measures to include the destruction or immobilisation of UAV or the seizure of control over its flight, and indicated the means of its neutralisation.

Keywords

critical infrastructure, unmanned aerial vehicles, Aviation Law, drone detection and neutralisation systems

Wprowadzenie

Miniaturyzacja elektroniki, skonstruowanie wydajnych źródeł energii wykorzystywanych w bezzałogowych statkach powietrznych oraz stosunkowo prosty proces szkolenia pilotów przyczyniły się do rozwoju i popularyzacji lotnictwa bezzałogowego. Dostępność w sprzedaży różnych modeli tych statków oraz części i instrukcji pozwalających na samodzielną i anonimową budowę platformy bezzałogowej, jak również dostęp do technologii druku 3D, umożliwiające wykonanie nawet skomplikowanych

elementów, spowodowały, że bezzałogowe statki powietrzne zaczęły być wykorzystywane na dużą skalę m.in. w działaniach sabotażowych, w tym w atakach na obiekty infrastruktury krytycznej (IK). Działania mające na celu wprowadzenie w Polsce rozwiązań prawno-organizacyjnych zapewniających operatorom IK szanse na zbudowanie skutecznych systemów antydronowych trwały w Polsce kilka lat¹. Finalizacją tych działań jest wejście w życie nowelizacji prawa lotniczego (luty 2025 r.), która wprowadza duże zmiany w obszarze stosowania systemów antydronowych przez operatorów IK. Celem artykułu jest omówienie tych zmian oraz przedstawienie rekomendacji Rządowego Centrum Bezpieczeństwa (RCB) dotyczących metody oceny skuteczności systemów detekcji oraz neutralizacji platform bezzałogowych.

Bezzałogowe statki powietrzne jako narzędzie ataku na obiekt infrastruktury krytycznej

Bezzałogowe statki powietrzne są coraz powszechniej wykorzystywane jako narzędzie do rozpoznania systemów lub obiektów IK oraz do ataków na nie. W badaniach ankietowych przeprowadzonych wśród przedstawicieli służb i instytucji systemu AT w RP oraz analityków rządowych think tanków bezzałogowe statki powietrzne zostały wskazane jako narzędzie stanowiące największe wyzwanie dla służb, organów i instytucji mających zapewniać bezpieczeństwo obiektom mogącym być celem ataku terrorystycznego. Wraz z drukiem 3D stanowiły one 77,66% wszystkich wskazań². Do czasu pełnoskalowej rosyjskiej inwazji na Ukrainę wykorzystanie dronów w atakach na IK zdarzało się rzadko. Działania wojenne przyczyniły się do gwałtownego rozwoju technologii bezzałogowych, a także do opracowania nowych taktyk ataków z wykorzystaniem platform bezzałogowych.

¹ Autorzy artykułu brali udział w pracach kilku międzyresortowych grup roboczych (pod egidą Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji lub Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego) czy zespołów wewnętrznych tworzonych przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa lub organy Komisji Europejskiej.

² D. Szlachter, *Terroryzm w Polsce i kierunki jego rozwoju. Wyniki badań ankietowych (skrócony raport)*, „Terroryzm – studia, analizy, prewencja” 2022, nr 2, s. 148–176. <https://doi.org/10.4467/27204383TER.22.022.16342>.

Zgodnie z obecnie obowiązującymi w Polsce przepisami prawa infrastruktura krytyczną są systemy oraz wchodzące w ich skład powiązane ze sobą funkcjonalnie obiekty, w tym obiekty budowlane, urządzenia, instalacje, usługi kluczowe dla bezpieczeństwa państwa i jego obywateli oraz służące zapewnieniu sprawnego funkcjonowania organów administracji publicznej, a także instytucji i przedsiębiorców. Infrastruktura krytyczna obejmuje systemy:

- a) zaopatrzenia w energię, surowce energetyczne i paliwa,
- b) łączności,
- c) sieci teleinformatycznych,
- d) finansowe,
- e) zaopatrzenia w żywność,
- f) zaopatrzenia w wodę,
- g) ochrony zdrowia,
- h) transportowe,
- i) ratownicze,
- j) zapewniające ciągłość działania administracji publicznej,
- k) produkcji, składowania, przechowywania i stosowania substancji chemicznych i promieniotwórczych, w tym rurociągi substancji niebezpiecznych³.

System bezzałogowego statku powietrznego to bezzałogowy statek powietrzny (platforma unosząca się w powietrzu) wraz z wyposażeniem do jego zdalnego sterowania (stacją naziemną, za pomocą której pilot może sterować statkiem w czasie lotu)⁴. Przepisy prawa nie rozróżniają typów statków powietrznych. Do najczęściej wykorzystywanych typów platform bezzałogowych należą multirotory, samoloty, śmigłowce oraz hybrydy, których konstrukcja łączy cechy pozostałych typów statków. Hybrydą może być np. samolot wyposażony w dodatkowe silniki umożliwiające pionowy start i lądowanie. Będzie to zatem hybryda samolotu i multirotora. Statki te mogą mieć różne masy. Przepisy polskiego prawa wyróżniają masy statku do 0,25 kg, do 0,9 kg, do 4 kg oraz do 25 kg. Statki o masie większej niż 25 kg wymagają specjalnego zezwolenia na wykonanie operacji wydawanego przez Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego⁵.

³ Artykuł 3 ust. 2 Ustawy z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym.

⁴ Rozporządzenie wykonawcze Komisji Europejskiej (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych.

⁵ Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze; Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji

Za pomocą systemu bezzałogowego statku powietrznego można zrealizować praktycznie każdy scenariusz ataku lotniczego. O ich uniwersalności decydują m.in. następujące cechy:

1. Mogą być wykorzystane w misjach obarczonych dużo wyższym ryzykiem neutralizacji platformy niż w przypadku statków załogowych. Z tej przyczyny wykorzystuje się bezzałogowce w misjach samobójczych, w których ceną sukcesu jest utrata platformy, a nie pilota.
2. Mogą wykonywać misje sterowane bezpośrednio przez pilota, w locie automatycznym lub w locie autonomicznym. Bezpośrednie sterowanie przez pilota odbywa się za pomocą sygnału radiowego lub przez światłowód. Lot automatyczny to taki, którego trasa, parametry lotu oraz zadania wykonane przez statek zostały zaprogramowane przez pilota przed startem. Taki lot odbywa się z wykorzystaniem sensorów wspomagających komputer pokładowy platformy. W tym typie lotu pilot wskazuje zadanie, ale sposób wykonania misji zależy od algorytmów AI zaimplementowanych na komputerze pokładowym platformy. Dodatkowo komputery pokładowe przed podjęciem decyzji o ataku na podstawie danych z sensorów, z wykorzystaniem algorytmów AI, określają wartość celu i potencjalne straty przeciwnika i podejmują decyzję⁶.
3. Mają zdolność do utrzymania się w jednym punkcie przestrzeni przez długi czas, przez co mogą być wykorzystane do obserwacji dużego obszaru dookoła punktu zawisu. Bezzałogowce typu samolot mogą przenosić ładunek wybuchowy na duże odległości i atakować cele zlokalizowane daleko od miejsca startu (czyli miejsca, w którym znajduje się pilot). Potwierdzone odległości, na które latają bezzałogowe samoloty, sięgają kilkuset kilometrów⁷.

bezzałogowych statków powietrznych; Wytyczne nr 15/2023 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 1 czerwca 2023 r. w sprawie sposobów wykonywania operacji przy użyciu systemów bezzałogowych statków powietrznych w związku z wejściem w życie przepisów rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) nr 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych.

⁶ J. Łukasiewicz, M. Piekarski, M. Kluczyński, *Bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej wobec zagrożeń ze strony platform bezzałogowych*, Raport PTBN t. 2, Polskie Towarzystwo Bezpieczeństwa Narodowego 2021.

⁷ *Timeline: UAE under drone, missile attacks*, Al Jazeera, 3.02.2022, <https://www.aljazeera.com/news/2022/2/3/timeline-uae-drone-missile-attacks-houthi-yemen> [dostęp:

4. Mogą być napędzane silnikami elektrycznymi, tłokowymi silnikami spalinowymi, a także silnikami turbodoładowymi. Silniki elektryczne wymagają źródeł prądu, czyli baterii, ogniwa paliwowego lub generatora zasilanego silnikiem spalinowym, są za to stosunkowo ciche. Silniki spalinowe pozwalają na wykonanie misji na bardzo dalekie dystanse, a silniki turbodoładowe – na rozprędkowanie platformy do prędkości nieosiągalnych dla innych napędów.
5. Mogą być sterowane za pomocą różnych częstotliwości, w przypadku gdy łączność odbywa się drogą radiową bezpośrednio pomiędzy lecącą platformą a stacją naziemną. Ze względu na możliwość zagłuszenia sygnału radiowego wypracowano mechanizm zmian częstotliwości w locie. Loty na dalekie odległości mogą być realizowane z wykorzystaniem innych statków powietrznych przenoszących urządzenie zwane *repeater*, pracujące jako stacja pośrednia pomiędzy stacją naziemną a platformą. Bezzałogowym statkiem powietrznym można także sterować z wykorzystaniem łączności GSM. Warunkiem skutecznego połączenia jest nasycenie rejonu lotu dostateczną liczbą stacji przekaźnikowych (ang. *base transceiver station*, BTS). Coraz popularniejszym, a czasami jedynym możliwym, sposobem łączności pomiędzy stacją bazową a lecącym statkiem jest łączność satelitarna. Pozwala ona na realizowanie misji, której czas trwania zależy tylko od zasobów energii koniecznej do napędzania silników statku powietrznego⁸. W przypadku gdy jedną z metod obrony atakowanego obiektu jest zagłuszanie częstotliwości radiowych, na których realizuje się połączenie statku ze stacją naziemną, można wykorzystać połączenie światłowodowe. Zgodnie z doniesieniami maksymalna długość światłowodu nawiniętego na szpulę to obecnie 41 km⁹. Oczywiście konieczność

21.02.2025]; G. Faulconbridge, L. Kelly, *Ukrainian drone strikes trigger fires at major oil and gas facilities in Russia*, Reuters, 3.02.2025, <https://www.reuters.com/world/europe/ukraines-drone-attack-sparks-fire-forces-flight-suspensions-several-russian-2025-02-03/> [dostęp: 21.02.2025].

⁸ C. Koulouris i in., *A Survey Study and Comparison of Drones Communication Systems*, w: *Flexible Electronics for Electric Vehicles. Proceedings of the 3rd International Conference, FlexEV 2022*, S.K. Goyal i in. (red.), seria: „Lecture Notes in Electrical Engineering”, t. 1065, Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4795-9_33.

⁹ *Jam-Proof Fiber Optics for Drones: Revolutionizing Secure Communications*, Linden Photonics Inc, 22.08.2024, <https://www.lindenphotonics.com/jam-proof-fiber-optics-for-drones->

przeniesienia szpuli ze światłowodem powoduje ograniczenie masy ładunku wybuchowego. Zaletą tego rozwiązania jest jednak to, że statek porusza się w całkowitej ciszy radiowej.

6. Mogą być budowane z wykorzystaniem wielu materiałów. Najpopularniejsze to plastik formowany w formach wtryskowych, laminat szklany lub węglowy formowany lub cięty za pomocą frezarek CNC, aluminium cięte frezarkami CNC, druk 3D. Do konstrukcji bezzałogowców stosuje się także drewno, sklejkę i ebonit.
7. Mogą przenosić dowolny ładunek użyteczny. Ładunkiem użytecznym mogą być urządzenia pomiarowe, urządzenia rejestrujące obraz oraz zasobniki z materiałami wybuchowymi lub środkami chemicznymi. Do przeprowadzania ataków są wykorzystywane ręczne granaty, głowice RPG i inne materiały wybuchowe. Możliwość przenoszenia ładunku zapewnił druk 3D.
8. Proste konstrukcje przystosowane do lotów z ładunkiem wybuchowym i dające możliwość obserwacji celu ataku (tzw. drony FPV) można zbudować już za ok. 200 dolarów¹⁰. Konstrukcje bardziej zaawansowane i te przeznaczone do celów wojskowych są znacznie droższe.
9. Zdobycie umiejętności sterowania platformą nie jest skomplikowane. Dzięki wykorzystaniu akcelerometrów i żyroskopów, a także barometrów i odbiorników GPS, czyli systemów stabilizujących platformę, pilot może nabyć takie umiejętności w ciągu kilku godzin.

W związku z wymienionymi cechami systemów bezzałogowych statków powietrznych operator IK przy budowaniu systemu ich detekcji i neutralizacji powinien rozważyć następujące scenariusze oraz konsekwencje ataku przeprowadzonego za pomocą tych urządzeń:

1. Zakłócenie działania atakowanego obiektu lub instalacji przez nieautoryzowany przelot w rejonie obiektu. Konsekwencjami ataku mogą być: wywołanie niepokoju personelu, zakłócenie jego pracy,

revolutionizing-secure-communications [dostęp: 21.02.2025]; *Ukrainians Made an FPV With Fiber-Optic Cord Stretching For 41 km*, Defence Express, 26.01.2025, https://en.defence-ua.com/industries/ukrainians_made_an_fpv_with_fiber_optic_cord_stretching_for_41_km-13327.html [dostęp: 21.02.2025].

¹⁰ B. Wang, *Ukraine's One Million FPV Drones Is Outnumbered by 5 Million Russian Drones*, Next Big Future, 27.01.2024, <https://www.nextbigfuture.com/2024/01/ukraines-one-million-fpv-drones-will-be-outnumbered-by-5-million-russian-drones.html> [dostęp: 21.02.2025].

- oderwanie go od rutynowych czynności, a także zaangażowanie służb państwowych w czynności mające na celu ustalenie sprawcy ataku¹¹.
2. Działalność szpiegowska. Konsekwencją takiego ataku może być rozpoznanie: cech konstrukcyjnych obiektu lub instalacji przemysłowych wykorzystywanych w obiekcie, producenta urządzeń wykorzystywanych w procesach technologicznych, procedur obowiązujących na terenie atakowanego obiektu, tożsamości pracowników oraz metod komunikacji pomiędzy pracownikami zatrudnionymi w obiekcie¹².
 3. Uderzenie kinetyczne, rozbicie platformy, zrzućenie ładunku, który mechanicznie uszkodzi urządzenia i instalacje, a następnie wstrzyma ich działanie, zawieszenie na urządzeniach elektrycznych elementów przewodzących prąd elektryczny takich jak przewody, włókna węglowe lub pył węglowy. Konsekwencjami ataku mogą być: uszkodzenia instalacji, obrażenia u ludzi, panika, a także spowodowanie zwarcia instalacji elektrycznej zasilającej obiekt lub instalację¹³.
 4. Przeniesienie ładunku wybuchowego i wywołanie jego eksplozji. Konsekwencjami ataku mogą być: utrata zdrowia lub życia przez pracowników, zniszczenie instalacji powodujące długotrwałą przerwę w działaniu obiektu, panika, stres, a w dalszej perspektywie niepokój społeczny¹⁴.
 5. Przeniesienie broni chemicznej, biologicznej, radiologicznej lub innej substancji drażniącej. Konsekwencjami ataku mogą być: długotrwała kontaminacja obszaru obiektu uniemożliwiająca jego funkcjonowanie, uszkodzenie instalacji wymaganych w procesie

¹¹ *It is still unclear whose drone is blocking 6 flights at Sofia Airport*, Fakti.bg, 9.02.2025, <https://fakti.bg/en/bulgaria/948414-it-is-still-unclear-whose-drone-is-blocking-6-flights-at-sofia-airport> [dostęp: 21.02.2025].

¹² *Sweden drones: Sightings reported over nuclear plants and palace*, BBC, 18.01.2022, <https://www.bbc.com/news/world-europe-60035446> [dostęp: 21.02.2025].

¹³ S. Lyngaas, *Drone at Pennsylvania electric substation was first to 'specifically target energy infrastructure', according to federal law enforcement bulletin*, CNN, 4.11.2021, <https://edition.cnn.com/2021/11/04/politics/drone-pennsylvania-electric-substation/index.html> [dostęp: 21.02.2025]; B. Barrett, *A Drone Tried to Disrupt the Power Grid. It Won't Be the Last*, Wired, 5.11.2021, <https://www.wired.com/story/drone-attack-power-substation-threat/> [dostęp: 21.02.2025].

¹⁴ G. Faulconbridge, L. Kelly, *Ukrainian drone strikes trigger fires...*

technologicznym, spowodowanie pożarów, w tym na obszarze otaczającym chroniony obiekt¹⁵.

6. Przemysł niedozwolonych ładunków zarówno na teren obiektu, jak i z obiektu poza jego ogrodzenie. Konsekwencjami mogą być: pojawienie się na terenie obiektu broni palnej, materiałów wybuchowych, środków walki elektronicznej, narkotyków itp.¹⁶ Przemysł z obiektu może spowodować utratę kontroli nad informacjami niejawnymi, których nie wolno przenosić poza teren obiektu, utratę chronionych środków chemicznych, biologicznych lub jądrowych itp.

Zmiany legislacyjne w zakresie ochrony infrastruktury krytycznej przed bezzałogowymi statkami powietrznymi

Obowiązujące dotychczas w Polsce przepisy prawa praktycznie nie uwzględniały możliwości zwalczania bezzałogowych statków powietrznych, nawet w przypadku gdy stanowiły one zagrożenie dla chronionych obiektów, ruchu lotniczego, zdrowia lub życia ludzkiego. Na świecie konsekwencją braku właściwych przepisów były przeloty bezzałogowych statków powietrznych nad chronionymi obiektami, a nawet loty na kursach kolizyjnych z załogowymi statkami powietrznymi¹⁷. Zdarzały się także pojedyncze przypadki użycia bezzałogowych platform w atakach na ludzi¹⁸. Tego rodzaju sytuacje, wojna w Ukrainie, liczne doniesienia o atakach na obiekty IK na świecie, a także działania hybrydowe na Bałtyku pokazały, że zapewnienie w Polsce bezpieczeństwa IK, dla której źródłem zagrożeń są bezzałogowe statki powietrzne, wymaga poważnych zmian prawnych.

¹⁵ Drone 'containing radiation' lands on roof of Japanese PM's office, The Guardian, 22.04.2015, <https://www.theguardian.com/world/2015/apr/22/drone-with-radiation-sign-lands-on-roof-of-japanese-prime-ministers-office> [dostęp: 21.02.2025].

¹⁶ Cheap and They Don't Snitch: Drones Are the New Drug Mules, RUSI, 5.01.2024, <https://www.rusi.org/news-and-comment/in-the-news/cheap-and-they-dont-snitch-drones-are-new-drug-mules> [dostęp: 21.02.2025].

¹⁷ S. McKenzie, G. Mezzofiore, Police hunt drone pilots in unprecedented Gatwick Airport disruption, CNN, 20.12.2018, <https://edition.cnn.com/2018/12/20/uk/gatwick-airport-drones-gbr-intl/index.html> [dostęp: 21.02.2025]; Drones paralyzed Stockholm-Arlanda Airport, Kronen Zeitung, 9.09.2024, <https://www.krone.at/3519874> [dostęp: 21.02.2025].

¹⁸ Venezuela President Maduro survives 'drone assassination attempt', BBC, 5.08.2018, <https://www.bbc.com/news/world-latin-america-45073385> [dostęp: 21.02.2025].

Odpowiedzią na te zagrożenia są nowe przepisy zapisane w ustawie o zmianie ustawy – Prawo lotnicze oraz niektórych innych ustaw¹⁹. Projekt wpłynął do Sejmu Rzeczypospolitej 24 listopada 2024 r.²⁰ W dniu 24 stycznia 2025 r. został przekazany prezydentowi RP, który podpisał ustawę 6 lutego 2025 r. Wdraża ona te przepisy prawa unijnego, które dotyczą bezzałogowych statków powietrznych²¹. Ustawa uporządkowała dotychczasowy stan prawny, na którego podstawie wykonywano w Polsce loty bezzałogowych statków powietrznych. Nowością w stosunku do obowiązującej wcześniej ustawy – Prawo lotnicze jest wprowadzenie działu VIa całkowicie poświęconego bezzałogowym statkom powietrznym. Zawarto w nim m.in. rozdział 2, dotyczący stref geograficznych dla bezzałogowych statków powietrznych, oraz rozdział 6, odnoszący się do zapobiegania bezprawnemu wykonywaniu operacji z użyciem systemu bezzałogowego statku powietrznego.

Przestrzeń powietrzna przeznaczona do wykonywania lotów statkami powietrznymi zgodnie z zapisami ustawy – Prawo lotnicze dzieli się na przestrzeń kontrolowaną i przestrzeń niekontrolowaną²². Struktura przestrzeni jest określona, w drodze rozporządzenia, przez ministra właściwego do spraw transportu, ale w porozumieniu z ministrem obrony narodowej i przy uwzględnieniu zasad wynikających z przepisów oraz umów międzynarodowych. Zgodnie z rozporządzeniem ministra infrastruktury z 27 grudnia 2018 r.²³ przestrzeń kontrolowana to taka, w której wszystkim statkom powietrznym zapewnia się służbę kontroli ruchu lotniczego (Air Traffic Control), na podstawie klasyfikacji Organizacji Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (International Civil Aviation Organization). Ta służba gwarantuje separację pomiędzy statkami powietrznymi, służbę alarmową oraz służbę informacji powietrznej. W przestrzeni niekontrolowanej zapewnione są tylko służba alarmowa oraz służba informacji powietrznej, a separację

¹⁹ Ustawa z dnia 24 stycznia 2025 r. o zmianie ustawy – Prawo lotnicze oraz niektórych innych ustaw.

²⁰ Rządowy projekt ustawy o zmianie ustawy – Prawo lotnicze oraz niektórych innych ustaw, druk nr 810, <https://www.sejm.gov.pl/sejm10.nsf/PrzebiegProc.xsp?nr=810> [dostęp: 21.02.2025].

²¹ Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2019/945 z dnia 12 marca 2019 r. w sprawie bezzałogowych systemów powietrznych oraz operatorów bezzałogowych systemów powietrznych z państw trzecich; Rozporządzenie wykonawcze Komisji Europejskiej (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych.

²² Artykuł 121 ust. 5 pkt 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze.

²³ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 27 grudnia 2018 r. w sprawie struktury polskiej przestrzeni powietrznej oraz szczegółowych warunków i sposobu korzystania z tej przestrzeni.

pomiędzy statkiem a innymi statkami powietrznymi wykonującymi przelot w tej przestrzeni samodzielnie zapewnia pilot statku powietrznego. W Polsce przestrzeń kontrolowana rozciąga się od pułapu FL095 do FL660 (Flight Level 660 – poziom lotu wynoszący 66000 stóp), przestrzeń niekontrolowana natomiast – od ziemi do pułapu FL095 (Flight Level 095 – poziom lotu wynoszący 9500 stóp). W przestrzeniach kontrolowanej i niekontrolowanej dla zapewnienia bezpieczeństwa lotów, efektywniejszego wykorzystania przestrzeni powietrznej oraz optymalizacji zarządzania ruchem lotniczym wydziela się dodatkowo elementy stałe i elastyczne przestrzeni powietrznej. Elementy stałe to takie, których granice poziome i pionowe są określone i niezmiennie. Należą do nich np.: drogi lotnicze (Airways, AWY), strefy kontrolowane lotnisk cywilnych (Control Zones, CTR), strefy zakazane (Prohibited Area, P). Elementy elastyczne, wydzielane tylko na czas określony, to np. strefy czasowo wydzielone (Temporary Segregated Areas, TSA) czy strefy ruchu lotniskowego (Aerodrome Traffic Zones, ATZ).

Wymienione elementy stałe i elastyczne powstały w czasach, gdy lotnictwo bezzałogowe nie było powszechne, a zasady wykonywania lotów obowiązujące w tych elementach były dostosowane do lotnictwa załogowego. Gwałtowny rozwój lotnictwa bezzałogowego spowodował konieczność uporządkowania struktury przestrzeni powietrznej na potrzeby wykonywania operacji bezzałogowych. Wobec braku odpowiednich zapisów w polskich ustawach i rozporządzeniach na mocy wytycznych Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego rozpoczęto wyznaczanie stref geograficznych dla systemów bezzałogowych statków powietrznych²⁴. Nowelizacja ustawy – Prawo lotnicze pozwoliła na zapis treści tych wytycznych w rozdziale 2 ustawy. Zgodnie z nowymi przepisami za wyznaczenie strefy geograficznej odpowiada Polska Agencja Żeglugi Powietrznej (dalej: Agencja), która określa okres obowiązywania strefy, obszar strefy geograficznej oraz warunki, na jakich należy wykonywać loty bezzałogowymi statkami powietrznymi w danej strefie²⁵.

Zgodnie z nowymi przepisami wniosek o wyznaczenie strefy geograficznej może złożyć uprawniony podmiot, którym jest:

- 1) organ administracji publicznej, organ Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej, przewodniczący Państwowej Komisji Badania

²⁴ Wytyczne nr 17/2023 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 6 czerwca 2023 r. w sprawie wyznaczania stref geograficznych dla systemów bezzałogowych statków powietrznych. Wytyczne te zostały zaktualizowane w dokumencie z 21 lutego 2025 r.

²⁵ Artykuł 156h ust. 13 Ustawy z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze.

- Wypadków Lotniczych, przewodniczący Komisji Badania Wypadków Lotniczych Lotnictwa Państwowego, Dyrektor Generalny Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe, podmiot uprawniony do wykonywania ratownictwa wodnego, podmiot uprawniony do wykonywania ratownictwa górskiego i dyrektor Rządowego Centrum Bezpieczeństwa – w przypadku konieczności zabezpieczenia przestrzeni powietrznej w celu realizacji zadań ustawowych;
- 2) zarządzający IK, w tym lotniczą, morską, kolejową lub energetyczną, lub terenem górniczym – w przypadku konieczności zabezpieczenia przestrzeni powietrznej w celu wykonania obowiązków tego zarządzającego;
 - 3) organizator ćwiczeń, treningów, zawodów, pokazów lotniczych lub przelotów okolicznościowych – w przypadku konieczności zabezpieczenia przestrzeni powietrznej na potrzeby wykonania lotów w czasie ćwiczeń, treningów, zawodów, pokazów lotniczych lub przelotów okolicznościowych;
 - 4) operator systemu bezzałogowego statku powietrznego zamierzający wykonywać operację w kategorii „szczególnej”, w przypadku gdy konieczność wyznaczenia strefy geograficznej wynika z zezwolenia na operację, certyfikatu LUC, scenariusza standardowego lub krajowego scenariusza standardowego;
 - 5) uznany podmiot, który prowadzi szkolenie praktyczne i ocenę umiejętności praktycznych pilota bezzałogowego statku powietrznego do wykonywania operacji w kategorii „szczególnej” i producent systemów bezzałogowych statków powietrznych²⁶.

Powyższe zapisy znowelizowanej ustawy zezwalają operatorowi IK na wyznaczenie dronowej strefy geograficznej nad obszarem, na którym znajduje się chroniony obiekt IK.

Rodzaje stref geograficznych, szczegółowe warunki i sposób korzystania z nich określi minister właściwy do spraw transportu na drodze rozporządzenia. Aktualnie w Polsce wyróżnia się następujące rodzaje stref geograficznych:

- 1) DRA-P – strefę, w której operacje z użyciem systemów bezzałogowych statków powietrznych nie mogą być wykonywane, z wyjątkiem operacji wykonywanych na warunkach określonych przez

²⁶ Artykuł 156h ust. 4 *Ustawy z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze*.

Agencję, Dowódcę Generalnego Rodzaju Sił Zbrojnych, Dowódcę Operacyjnego Rodzajów Sił Zbrojnych, Komendanta Głównego Żandarmerii Wojskowej, Szefa Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego, Szefa Agencji Wywiadu, Szefa Centralnego Biura Antykorupcyjnego, Szefa Służby Kontrwywiadu Wojskowego, Szefa Służby Wywiadu Wojskowego, Komendanta Głównego Policji, Komendanta Głównego Straży Granicznej, Dyrektora Generalnego Służby Więziennej, Szefa Krajowej Administracji Skarbowej, Komendanta Służby Ochrony Państwa lub Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej – na warunkach określonych przez Agencję;

- 2) DRA-R – strefę ograniczoną dla systemów bezzałogowych statków powietrznych, w której operacje z użyciem systemów bezzałogowych statków powietrznych mogą być wykonywane za zgodą i na warunkach określonych przez Agencję lub podmiot uprawniony, na wniosek którego strefa geograficzna została wyznaczona, w tym:
 - a) DRA-RH – strefę ograniczoną dla systemów bezzałogowych statków powietrznych o wysokim prawdopodobieństwie uzyskania zgody zarządzającego strefą geograficzną na przeprowadzenie operacji,
 - b) DRA-RM – strefę ograniczoną dla systemów bezzałogowych statków powietrznych o średnim prawdopodobieństwie uzyskania zgody zarządzającego strefą geograficzną na przeprowadzenie operacji,
 - c) DRA-RL – strefę ograniczoną dla systemów bezzałogowych statków powietrznych o niskim prawdopodobieństwie uzyskania zgody zarządzającego strefą geograficzną na przeprowadzenie operacji;
- 3) DRA-T – strefę ograniczoną dla systemów bezzałogowych statków powietrznych, w której operacje z użyciem systemów bezzałogowych statków powietrznych mogą być wykonywane wyłącznie z użyciem systemów bezzałogowych statków powietrznych spełniających wymagania techniczne wskazane przez Agencję oraz na warunkach określonych przez Agencję, dla strefy DRA-T dopuszcza się wprowadzenie dodatkowych warunków wykonywania operacji, w tym obowiązku uzyskania zgody zarządzającego strefą geograficzną;
- 4) DRA-I – strefę informacyjną dla bezzałogowych statków powietrznych, zawierającą informacje konieczne dla zapewnienia

bezpieczeństwa wykonywania operacji przy użyciu systemów bezzałogowych statków powietrznych, w tym ostrzeżenia nawigacyjne²⁷.

Znowelizowana ustawa – Prawo lotnicze wprowadza także zapisy mające na celu umożliwienie zniszczenia, unieruchomienia bezzałogowego statku powietrznego lub przejęcia nad nim kontroli w przypadkach, gdy pilot wykonuje operację lotniczą w taki sposób, że przebieg operacji lub działanie bezzałogowego statku powietrznego:

- 1) zagraża lub może zagrozić życiu lub zdrowiu ludzi lub zwierząt,
- 2) stwarza lub może stworzyć zagrożenie dla chronionych obiektów, urządzeń lub obszarów,
- 3) zakłóca lub może zakłócić przebieg imprezy masowej albo zagraża bezpieczeństwu jej uczestników,
- 4) stwarza lub może stworzyć uzasadnione podejrzenie, że może zostać użyty jako środek ataku terrorystycznego,
- 5) stwarza lub może stworzyć zagrożenie bezpieczeństwa ruchu lotniczego, statku powietrznego lub życia lub zdrowia załogi lub pasażerów znajdujących się na jego pokładzie,
- 6) utrudnia lub może utrudnić ruch lotniczy lub powoduje lub może spowodować jego wstrzymanie lub ograniczenie²⁸.

Bezzałogowy statek powietrzny może być także zniszczony, unieruchomiony lub nad jego lotem może zostać przejęta kontrola, jeśli wbrew zakazowi wykonuje operację w strefie geograficznej ustanowionej nad: chronionymi obiektami Sił Zbrojnych RP oraz jednostek organizacyjnych podległych lub podporządkowanych ministrowi obrony narodowej lub przez niego nadzorowanych lub obiektami, urządzeniami lub obszarami istotnymi dla bezpieczeństwa lub obronności państwa, bezpieczeństwa publicznego lub nienaruszalności granicy państwowej²⁹.

Wymienione zapisy znowelizowanej ustawy wprowadzają duże zmiany w odniesieniu do bezpieczeństwa obiektów IK. Do czasu nowelizacji prawo pozwalało na detekcję bezzałogowych statków powietrznych, ale nie dawało operatorowi narzędzi pozwalających na neutralizację statków naruszających strefę geograficzną wyznaczoną nad obiektami chronionymi

²⁷ Wytyczne nr 4/2025 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 21 lutego 2025 r. w sprawie wyznaczania stref geograficznych dla systemów bezzałogowych statków powietrznych.

²⁸ Artykuł 156ze ust. 1 pkt 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze.

²⁹ Artykuł 156ze ust. 1 pkt 2 Ustawy z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze.

tą strefą. Z powodu braku podstaw prawnych oraz przede wszystkim z obawy przed odpowiedzialnością za potencjalne straty spowodowane neutralizacją bezzałogowego statku powietrznego wielu operatorów IK nie instalowało systemów detekcji i neutralizacji tych statków. Znowelizowana ustawa jednoznacznie wskazuje na pilota lub operatora statku powietrznego wykonującego operację w sposób naruszający przepisy prawa jako odpowiedzialnego za szkody powstałe wskutek neutralizacji statku powietrznego³⁰.

W przypadku gdy bezzałogowy statek powietrzny:

- zagraża lub może zagrazić życiu lub zdrowiu ludzi lub zwierząt,
- stwarza lub może stworzyć zagrożenie dla chronionych obiektów, urządzeń lub obszarów,
- stwarza lub może stworzyć uzasadnione podejrzenie, że może zostać użyty jako środek ataku terrorystycznego,
- stwarza lub może stworzyć zagrożenie bezpieczeństwa ruchu lotniczego, statku powietrznego lub życia lub zdrowia załogi lub pasażerów znajdujących się na jego pokładzie,
- utrudnia lub może utrudnić ruch lotniczy lub powoduje lub może spowodować jego wstrzymanie lub ograniczenie

do zniszczenia, unieruchomienia lub przejęcia kontroli nad statkiem są uprawnieni funkcjonariusze Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego, Agencji Wywiadu, Służby Kontrwywiadu Wojskowego, Służby Wywiadu Wojskowego, Centralnego Biura Antykorupcyjnego, Policji, Straży Granicznej, Służby Ochrony Państwa, Służby Celno-Skarbowej, Służby Więziennej, Straży Marszałkowskiej, inspektorzy Biura Nadzoru Wewnętrznego, żołnierze zawodowi wyznaczeni na stanowiska służbowe w Służbie Kontrwywiadu Wojskowego albo Służbie Wywiadu Wojskowego, żołnierze Żandarmerii Wojskowej i Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej, pracownicy służby ochrony lotniska, strażnicy leśni, pracownicy ochrony specjalistycznych uzbrojonych formacji ochronnych, a także pracownicy wewnętrznych służb ochrony działających na terenach jednostek organizacyjnych podległych lub podporządkowanych ministrowi obrony narodowej lub przez niego nadzorowanych³¹.

Znowelizowana ustawa przewiduje kary za naruszenie przepisów dotyczących operacji z użyciem bezzałogowych statków powietrznych. W Dziale XIa – Administracyjne kary pieniężne – dodano zapisy zezwalające

³⁰ Artykuł 156ze ust. 4 Ustawy z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze.

³¹ Artykuł 156ze ust. 2 Ustawy z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze.

na nałożenie kary na każdego, kto wykonuje operacje z użyciem systemu bezzałogowego statku powietrznego niezgodnie z warunkami wykonywania operacji w danej strefie geograficznej. Wysokość takiej kary to 10 000 zł za każde naruszenie.

Kolejną ważną nowelizacją jest zmiana ustawy z 24 maja 2013 r. o środkach przymusu bezpośredniego i broni palnej³². Poszerzono w niej katalog środków przymusu bezpośredniego o zniszczenie albo unieruchomienie bezzałogowego statku powietrznego albo przejęcie kontroli nad jego lotem³³. Ustawa ta została także uzupełniona o wskazanie środków neutralizacji bezzałogowego statku powietrznego, do których zaliczono:

- 1) urządzenie wykorzystujące lub zakłócające fale radiowe,
- 2) siatkę obezwładniającą,
- 3) inne bezzałogowe statki powietrzne,
- 4) pociski niepenetrujące lub inne przedmioty miotane za pomocą przeznaczonych do tego urządzeń oraz za pomocą broni palnej i broni pneumatycznej,
- 5) urządzenia emitujące skumulowaną wiązkę energii lub fal elektromagnetycznych³⁴.

Lista środków zawiera wszystkie znane obecnie metody neutralizacji bezzałogowych statków powietrznych.

Rekomendacje Rządowego Centrum Bezpieczeństwa dotyczące oceny skuteczności systemów detekcji i neutralizacji bezzałogowych statków powietrznych

W związku z doniesieniami o wykorzystaniu bezzałogowych platform do paraliżu pracy systemów technicznych odpowiedzialnych za ciągłość działania IK³⁵, niepokojenia personelu obiektu³⁶ czy wręcz atakach z użyciem

³² Ustawa z dnia 24 maja 2013 r. o środkach przymusu bezpośredniego i broni palnej.

³³ Tamże, art. 11.

³⁴ Tamże, art. 33a ust. 2.

³⁵ *Drones paralyzed Stockholm-Arlanda Airport...*; S. Lyngaas, *Drone at Pennsylvania electric substation...*

³⁶ H. Altman, *Nuclear Power Plants Report Massive Uptick In Drone Sightings*, The Warzone, 21.12.2024, <https://www.twz.com/news-features/massive-uptick-in-official-drone-sightings-by-nuclear-power-plants> [dostęp: 21.02.2025].

materiałów wybuchowych³⁷ operatorzy IK powinni rozważyć budowę systemów detekcji i neutralizacji bezzałogowych statków powietrznych.

Proces budowy systemu detekcji i neutralizacji bezzałogowych statków powietrznych rozpoczyna się od analizy ryzyka zagrożeń systemu lub obiektu, dla którego źródłem zagrożeń są platformy bezzałogowe. Jeśli operator IK uzna, że chroniony przez niego system lub obiekt jest podatny na atak, to budowa systemu detekcji i neutralizacji jest nieodzowna.

Systemy detekcji są zbudowane z wielu urządzeń wykorzystujących różne metody wykrywania platform bezzałogowych³⁸. Najprostszą i wydaje się najczęściej wykorzystywaną metodą detekcji jest wykrywanie komunikacji pomiędzy lecącą platformą a stacją naziemną. Jest ona uniwersalna, ponieważ można w jej ramach zastosować urządzenia detekcyjne zarówno stacjonarne, jak i przenośne. Zaawansowane urządzenia wykorzystujące algorytmy AI potrafią na podstawie pomiaru charakterystyki sygnału komunikacji określić model statku powietrznego³⁹. Te łatwe w konstrukcji urządzenia działają na zasadzie wskaźnika wydającego sygnał dźwiękowy w momencie detekcji lecącego statku. Ich wadą jest brak możliwości detekcji bezzałogowych statków lecących w ciszy radiowej, np. sterowanych za pomocą światłowodu, a także brak możliwości detekcji platform, których komunikacja odbywa się na częstotliwościach nieobsługiwanych przez urządzenie detekcyjne.

Kolejna metoda detekcji wykorzystuje urządzenia radarowe. Jej zaletą jest szeroki zasięg radaru – jego dystans detekcji znacznie przewyższa odległości, na których można wykryć bezzałogowca innymi metodami. Prawdopodobieństwo wykrycia statku powietrznego zależy jednak od kilku czynników, m.in. od wielkości wykrywanego obiektu oraz od wysokości, na której się on porusza⁴⁰. Nowoczesne systemy radarowe wspomagane algorytmami AI potrafią określić, czy śledzony obiekt to platforma bezzałogowa czy ptak. Zaletą opisywanej metody jest także możliwość wykrycia obiektu bez względu na porę dnia lub nocy. Wady detekcji radarowej to

³⁷ L. Kelly, *Ukrainian drone strikes trigger fires...*

³⁸ J. Łukasiewicz, M. Piekarski, M. Kluczyński, *Bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej...*

³⁹ M.F. Al-Sa'd i in., *RF-based drone detection and identification using deep learning approaches: An initiative towards a large open-source drone database*, „Future Generation Computer Systems” 2019, t. 100, s. 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.05.007>.

⁴⁰ M. Ezuma i in., *Comparative Analysis of Radar Cross Section Based UAV Classification Techniques*, preprint, <https://arxiv.org/abs/2112.09774> [dostęp: 21.02.2025]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.09774>.

duży koszt urządzenia oraz niemożność wykrycia lecącego obiektu w przypadku, gdy chowa się on za przeszkodami terenowymi lub leci bardzo nisko nad ziemią.

Coraz częściej stosowana jest metoda akustyczna⁴¹. Koszt detektora akustycznego jest niższy niż detektora radarowego i, co ważniejsze, ten detektor jest pasywny, tzn. nie emituje sygnału w żadnej formie, by dokonać detekcji. Metoda ta staje się coraz popularniejsza w systemach detekcji dronów w Ukrainie, gdzie duże platformy wykorzystywane do przenoszenia dużych ładunków wybuchowych są napędzane głośnymi silnikami spalinowymi. Wadą metody akustycznej może być nieskuteczna detekcja w miejscu, w którym występują inne źródła hałasu niż tylko platforma bezzałogowa.

Ostatnią metodą detekcji jest analiza obrazu rejestrowanego przez kamerę pracującą w świetle widzialnym lub w podczerwieni⁴². Taka kamera jest wyposażona w algorytmy AI pozwalające na rozpoznanie kształtu lecącego obiektu. Kamery działające w podczerwieni analizują jego temperaturę, co pozwala na rozróżnienie między bezzałogową platformą a ptakami. Wadą kamer działających w obszarze widzialnym jest brak możliwości rejestracji obrazu w warunkach braku światła, np. w nocy. Z kolei mankamentem kamer działających w podczerwieni jest brak możliwości detekcji obiektu w przypadku, gdy ten jest wyposażony w izolatory termiczne.

Wszystkie opisane metody wykorzystywane w budowie systemu detekcji pozwalają na wykrywanie platform bezzałogowych w różnych warunkach. Metoda oceny skuteczności tego systemu została opisana w przygotowanym przez RCB dokumencie będącym załącznikiem do Narodowego Programu Ochrony Infrastruktury Krytycznej 2023 (NPOIK)⁴³. Zakłada ona badanie prawdopodobieństwa detekcji przez poszczególne urządzenia systemu. Prawdopodobieństwo to określa się na podstawie

⁴¹ H. Altman, T. Rogoway, *Ukraine's Acoustic Drone Detection Network Eyed By U.S. As Low-Cost Air Defense Option*, The Warzone, 24.07.2024, <https://www.twz.com/air/ukraines-acoustic-drone-detection-network-eyed-by-u-s-as-low-cost-air-defense-option> [dostęp: 21.02.2025].

⁴² Y. Wu, Y. Sui, G. Wang, *Vision-Based Real-Time Aerial Object Localization and Tracking for UAV Sensing System*, „IEEE Access” 2017, t. 5, s. 23969–23978. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2764419>.

⁴³ *Standardy służące zapewnieniu sprawnego funkcjonowania infrastruktury krytycznej – dobre praktyki i rekomendacje*, załącznik 1 do Narodowego Programu Ochrony Infrastruktury Krytycznej, Rządowe Centrum Bezpieczeństwa, 2023. Tekst załącznika jest dostępny na stronie: <https://www.gov.pl/web/rcb/narodowy-program-ochrony-infrastruktury-krytycznej>.

zliczeń skutecznych detekcji na 100 prób. Próby te muszą się odbywać w różnych warunkach, tzn. bada się prawdopodobieństwo wykrycia dla danej lokalizacji w różnych warunkach pogodowych, w warunkach występowania zewnętrznych źródeł promieniowania elektromagnetycznego, dla różnych typów bezzałogowych statków powietrznych, dla różnych scenariuszy ataku, dla różnych kompetencji personelu ochrony. Gdy zna się prawdopodobieństwo detekcji każdego urządzenia w danych warunkach, można wyznaczyć całkowite prawdopodobieństwo detekcji przez cały system za pomocą wzoru:

$$P_{\text{CAŁK_D}} = 1 - (1 - P_{1D})(1 - P_{2D})(1 - P_{3D})(1 - P_{4D}) \dots (1 - P_{ND})$$

gdzie:

$P_{\text{CAŁK_D}}$ – prawdopodobieństwo detekcji przez cały system,
 P_{1D} – prawdopodobieństwo detekcji przez pierwsze urządzenie detekcyjne,
 P_{2D} – prawdopodobieństwo detekcji przez drugie urządzenie detekcyjne,
 P_{3D} – prawdopodobieństwo detekcji przez trzecie urządzenie detekcyjne,
 P_{4D} – prawdopodobieństwo detekcji przez czwarte urządzenie detekcyjne,
 P_{ND} – prawdopodobieństwo detekcji przez n-te urządzenie detekcyjne.

Zadaniem operatora IK jest zbudowanie takiego systemu detekcji, by wartość prawdopodobieństwa $P_{\text{CAŁK_D}}$ była wyższa niż założona przez operatora wartość progowa.

Do budowy systemów neutralizacji dronów stosuje się również urządzenia działające na różnych zasadach, aby zwiększyć prawdopodobieństwo neutralizacji. Jedną z najbardziej popularnych metod jest zagłuszenie sygnału komunikacji między bezzałogową platformą a stacją naziemną. Zagłuszenie odbywa się przez emisję w kierunku lecącej platformy fali elektromagnetycznej o takiej samej częstotliwości jak częstotliwość wykorzystywana do komunikacji. Wadą tego rozwiązania jest pojawiający się coraz częściej mechanizm hoppingowy, który polega na zmianie częstotliwości komunikacji pomiędzy platformą a stacją naziemną w czasie lotu. Urządzenie zagłuszające musi zatem emitować fale o różnych częstotliwościach, by przerwać komunikację. Takie urządzenie nie jest skuteczne w walce z bezzałogową platformą lecącą w ciszy radiowej albo w trybie automatycznym lub autonomicznym.

Inna metoda to zagłuszenie lub zafałszowanie sygnału nawigacji satelitarnej⁴⁴, czego rezultatem będzie pogubienie się platformy bezzałogowej w przestrzeni powietrznej lub przelot platformy do miejsca wskazanego zafałszowanym sygnałem nawigacji satelitarnej. Rozwiązanie to okaże się nieskuteczne w przypadku zastosowania na bezzałogowej platformie urządzeń do nawigacji zliczeniowej, zwanej inercyjną. W takim przypadku bezzałogowiec nawiguje na podstawie obliczeń, koryguje swoje położenie geograficzne przez okresowe odczyty położenia z satelit.

Trzecią metodą jest stosowanie systemów siatkowych, które można wystrzelić ze specjalnych urządzeń pod nazwą *net guns*, w które jest wyposażony personel ochrony, lub z urządzeń przenoszonych przez bezzałogowce obsługiwane przez personel ochrony⁴⁵. Wadą tej metody jest konieczność oddania strzału z bliskiej odległości od platformy.

Kolejną metodą neutralizacji jest zniszczenie bezzałogowego statku powietrznego przez wyemitowanie w jego kierunku impulsu elektromagnetycznego o dużej energii⁴⁶. Taki impuls niszczy elementy półprzewodnikowe układów elektronicznych zamontowanych na platformie. Wadą tego rozwiązania jest możliwość umieszczenia wrażliwych elementów elektronicznych w klatce Faradaya, czyli w opakowaniu, które izoluje urządzenia elektroniczne od wpływu zewnętrznych pól elektromagnetycznych.

Do zwalczania systemów bezzałogowych coraz częściej stosuje się systemy laserowe. Laserów można użyć jako źródeł światła, które świecą wprost w obiektyw kamery bezzałogowca, uniemożliwiają pilotowi prawidłowe sterowanie nim. Coraz częściej stosuje się też lasery do fizycznego zniszczenia platformy przez spalanie⁴⁷. Systemy laserowe nie są popularne,

⁴⁴ M. Sahmoudi, M.G. Amin, *Robust tracking of weak GPS signals in multipath and jamming environments*, „Signal Processing” 2009, t. 89, nr 7, s. 1320–1333. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2009.01.001>.

⁴⁵ D. Hambling, *Webslingers: How Net-Launching Drones Are Downing Russian Quadcopters*, Forbes, 12.11.2024, <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2024/11/12/webslingers-how-net-launching-drones-are-downing-russian-quadcopters/> [dostęp: 21.02.2025].

⁴⁶ O.D. Razooqi, A.H. Ali, *Drones neutralized by utilize electromagnetic pulse (EMP) system*, w: *2022 5th International Conference on Engineering Technology and its Applications (IICETA)*, Al-Najaf 2022, s. 487–492. <https://doi.org/10.1109/IICETA54559.2022.9888673>.

⁴⁷ J. Saballa, *Ukraine Announces Successful Use of First Laser Weapon on Battlefield*, The Defense Post, 6.02.2025, <https://thedefensepost.com/2025/02/06/ukraine-laser-weapon-battlefield/> [dostęp: 21.02.2025].

ponieważ wymagają dużych gabarytowo i wydajnych źródeł energii, a ich skuteczność w znacznym stopniu zależy od przejrzystości powietrza⁴⁸.

Żaden z opisanych sposobów nie gwarantuje neutralizacji, dlatego należy budować systemy wykorzystujące różne metody. Propozycja sposobu oceny skuteczności systemu neutralizacji platform bezzałogowych została opisana we wspomnianym załączniku do NPOIK 2023⁴⁹. Metoda zakłada badanie prawdopodobieństwa neutralizacji z wykorzystaniem poszczególnych urządzeń systemu. Prawdopodobieństwo to określa się na podstawie zliczeń skutecznych neutralizacji na 100 prób. Próby te muszą się odbywać w różnych warunkach, tzn. bada się prawdopodobieństwo neutralizacji dla danej lokalizacji w różnych warunkach pogodowych, dla różnych typów bezzałogowych statków powietrznych, dla różnych scenariuszy ataku, dla różnych kompetencji personelu ochrony. Gdy zna się prawdopodobieństwo neutralizacji każdego urządzenia systemu w danych warunkach, można wyznaczyć całkowite prawdopodobieństwo neutralizacji przez cały system za pomocą wzoru:

$$P_{\text{CAŁK_N}} = 1 - (1 - P_{1N})(1 - P_{2N})(1 - P_{3N})(1 - P_{4N}) \dots (1 - P_{NN})$$

gdzie:

$P_{\text{CAŁK_N}}$ – prawdopodobieństwo neutralizacji przez cały system,
 P_{1N} – prawdopodobieństwo neutralizacji przez pierwsze urządzenie neutralizacyjne,
 P_{2N} – prawdopodobieństwo neutralizacji przez drugie urządzenie neutralizacyjne,
 P_{3N} – prawdopodobieństwo neutralizacji przez trzecie urządzenie neutralizacyjne,
 P_{4N} – prawdopodobieństwo neutralizacji przez czwarte urządzenie neutralizacyjne,
 P_{NN} – prawdopodobieństwo neutralizacji przez n-te urządzenie neutralizacyjne.

Zadaniem operatora infrastruktury krytycznej jest zbudowanie takiego systemu neutralizacji, by wartość prawdopodobieństwa $P_{\text{CAŁK_N}}$ była wyższa niż założona przez operatora minimalna wartość progowa.

⁴⁸ R. Ceder, *US Navy hits drone with HELIOS laser in successful test*, Navy Times, 4.02.2025, <https://www.navytimes.com/news/your-navy/2025/02/04/us-navy-hits-drone-with-helios-laser-in-successful-test/> [dostęp: 21.02.2025]; M. Knight, *Ukraine says it has a laser that can shoot down aircraft a mile away. It's called 'Tryzub'*, CNN, 18.12.2024, <https://edition.cnn.com/2024/12/18/europe/ukrainian-tryzub-laser-weapon-intl-latam/index.html> [dostęp: 21.02.2025].

⁴⁹ *Standardy służące zapewnieniu sprawnego funkcjonowania...*

Podsumowanie

Nowelizacja polskiej ustawy – Prawo lotnicze była wyczekiwana przez operatorów IK. Zapewnia im ona duże możliwości i podstawy formalnoprawne do zwalczania dronów, które w sposób nieautoryzowany naruszają strefę geograficzną wyznaczoną nad obiektem IK. Nowe przepisy wskazują jednoznacznie na pilota bezzałogowej platformy naruszającego zasady wykonywania lotów jako na osobę, która ponosi konsekwencje potencjalnego upadku drona, w którego wyniku zostaną poniesione straty. Wprowadzone w tym zakresie kary można ocenić jako bardzo dotkliwe. Ponadto nowelizacja ustawy o środkach przymusu bezpośredniego i broni palnej poszerza katalog tych środków o urządzenia, które można wykorzystać do zwalczania platform bezzałogowych. Omawiana nowelizacja ustawy – Prawo lotnicze powinna zostać uzupełniona o nowelizację ustawy o zarządzaniu kryzysowym, by zobowiązać operatorów IK do prowadzenia analiz ryzyka zagrożeń dla obiektów i w konsekwencji do budowy systemów detekcji i neutralizacji bezzałogowych statków powietrznych.

Wobec gwałtownego rozwoju technologii bezzałogowej, pojawienia się amunicji do dronów, coraz powszechniej nabywanej umiejętności pilotażu bezzałogowych statków powietrznych zarówno instytucje unijne, jak i państwa członkowskie UE powinny zachęcać instytucje badawcze, laboratoria, centra technologiczne oraz prywatnych inwestorów do lokowania środków finansowych w badania i rozwój nowoczesnych systemów detekcji i neutralizacji platform bezzałogowych. Na podstawie obserwacji konfliktu zbrojnego w Ukrainie można uznać, że aktualne systemy detekcji i neutralizacji nie gwarantują bezpieczeństwa chronionych obiektów.

Technologiczna przepaść między możliwościami atakowania obiektów IK za pomocą bezzałogowych statków powietrznych a systemami do ich wykrywania i neutralizacji się powiększa. Do takiego samego wniosku można dojść po porównaniu kosztów pozyskania bezzałogowca zdolnego do ataku na obiekt IK z kosztami pozyskania, obsługi i serwisu systemu antydronowego zmniejszającego ryzyko ataku do poziomu akceptowalnego dla operatora IK. Nie można pozwolić, aby ten dystans rósł. Zwiększenie odporności obiektów IK na ataki z wykorzystaniem bezzałogowych systemów statków powietrznych zależy od działań operatorów IK, którzy otrzymali postulowane od lat ramy prawne i organizacyjne.

Bibliografia

Al-Sa'd M.F., Al-Ali A., Mohamed A., Khattab T., Erbad A., *RF-based drone detection and identification using deep learning approaches: An initiative towards a large open-source drone database*, „Future Generation Computer Systems” 2019, t. 100, s. 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.05.007>.

Ezuma M., Anjinappa C.K., Semkin V., Guvenc I., *Comparative Analysis of Radar Cross Section Based UAV Classification Techniques*, preprint, <https://arxiv.org/abs/2112.09774> [dostęp: 21.02.2025]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.09774>.

Koulouris C., Dimitrios P., Al-Darraj I., Tsaramirsis G., Khadidos A.O., Khadidos A.O., Papageorgasi P., *A Survey Study and Comparison of Drones Communication Systems*, w: *Flexible Electronics for Electric Vehicles. Proceedings of the 3rd International Conference, FlexEV 2022*, S.K. Goyal, D.K. Palwalia, R. Tiwari, Y. Gupta (red.), seria: „Lecture Notes in Electrical Engineering”, t. 1065, Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4795-9_33.

Łukasiewicz J., Piekarski M., Kluczyński M., *Bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej wobec zagrożeń ze strony platform bezzałogowych*, Raport PTBN, t. 2, Polskie Towarzystwo Bezpieczeństwa Narodowego 2021.

Razooqi O.D., Ali A.H., *Drones neutralized by utilize electromagnetic pulse (EMP) system*, w: *2022 5th International Conference on Engineering Technology and its Applications (IICETA)*, Al-Najaf 2022, s. 487–492. <https://doi.org/10.1109/IICETA54559.2022.9888673>.

Sahmoudi M., Amin M.G., *Robust tracking of weak GPS signals in multipath and jamming environments*, „Signal Processing” 2009, t. 89, nr 7, s. 1320–1333. <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2009.01.001>.

Standardy służące zapewnieniu sprawnego funkcjonowania infrastruktury krytycznej – dobre praktyki i rekomendacje, załącznik 1 do Narodowego Programu Ochrony Infrastruktury Krytycznej, Rządowe Centrum Bezpieczeństwa, 2023.

Szlachter D., *Terroryzm w Polsce i kierunki jego rozwoju. Wyniki badań ankietowych (skrótowy raport)*, „Terroryzm – studia, analizy, prewencja” 2022, nr 2, s. 148–176. <https://doi.org/10.4467/27204383TER.22.022.16342>.

Wu Y., Sui Y., Wang G., *Vision-Based Real-Time Aerial Object Localization and Tracking for UAV Sensing System*, „IEEE Access” 2017, t. 5, s. 23969–23978. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2764419>.

Źródła internetowe

Altman H., *Nuclear Power Plants Report Massive Uptick In Drone Sightings*, The Warzone, 21.12.2024, <https://www.twz.com/news-features/massive-uptick-in-official-drone-sightings-by-nuclear-power-plants> [dostęp: 21.02.2025].

Altman H., Rogoway T., *Ukraine's Acoustic Drone Detection Network Eyed By U.S. As Low-Cost Air Defense Option*, The Warzone, 24.07.2024, <https://www.twz.com/air/ukraines-acoustic-drone-detection-network-eyed-by-u-s-as-low-cost-air-defense-option> [dostęp: 21.02.2025].

Barrett B., *A Drone Tried to Disrupt the Power Grid. It Won't Be the Last*, Wired, 5.11.2021, <https://www.wired.com/story/drone-attack-power-substation-threat/> [dostęp: 21.02.2025].

Ceder R., *US Navy hits drone with HELIOS laser in successful test*, Navy Times, 4.02.2025, <https://www.navytimes.com/news/your-navy/2025/02/04/us-navy-hits-drone-with-helios-laser-in-successful-test/> [dostęp: 21.02.2025].

Cheap and They Don't Snitch: Drones Are the New Drug Mules, RUSI, 5.01.2024, <https://www.rusi.org/news-and-comment/in-the-news/cheap-and-they-dont-snit-ch-drones-are-new-drug-mules> [dostęp: 21.02.2025].

Drone 'containing radiation' lands on roof of Japanese PM's office, The Guardian, 22.04.2015, <https://www.theguardian.com/world/2015/apr/22/drone-with-radiation-sign-lands-on-roof-of-japanese-prime-ministers-office> [dostęp: 21.02.2025].

Faulconbridge G., Kelly L., *Ukrainian drone strikes trigger fires at major oil and gas facilities in Russia*, Reuters, 3.02.2025, <https://www.reuters.com/world/europe/ukraines-drone-attack-sparks-fire-forces-flight-suspensions-several-russian-2025-02-03/> [dostęp: 21.02.2025].

Hambling D., *Webslingers: How Net-Launching Drones Are Downing Russian Quadcopters*, Forbes, 12.11.2024, <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2024/11/12/webslingers-how-net-launching-drones-are-downing-russian-quadcopters/> [dostęp: 21.02.2025].

It is still unclear whose drone is blocking 6 flights at Sofia Airport, Fakti.bg, 9.02.2025, <https://fakti.bg/en/bulgaria/948414-it-is-still-unclear-whose-drone-is-blocking-6-flights-at-sofia-airport> [dostęp: 21.02.2025].

Jam-Proof Fiber Optics for Drones: Revolutionizing Secure Communications, Linden Photonics Inc., 22.08.2024, <https://www.lindenphotonics.com/jam-proof-fiber-optics-for-drones-revolutionizing-secure-communications> [dostęp: 21.02.2025].

Knight M., *Ukraine says it has a laser that can shoot down aircraft a mile away. It's called 'Tryzub'*, CNN, 18.12.2024, <https://edition.cnn.com/2024/12/18/europe/ukrainian-tryzub-laser-weapon-intl-latam/index.html> [dostęp: 21.02.2025].

Lyngaas S., *Drone at Pennsylvania electric substation was first to 'specifically target energy infrastructure', according to federal law enforcement bulletin*, CNN, 4.11.2021, <https://edition.cnn.com/2021/11/04/politics/drone-pennsylvania-electric-substation/index.html> [dostęp: 21.02.2025].

McKenzie S., Mezzofiore G., *Police hunt drone pilots in unprecedented Gatwick Airport disruption*, CNN, 20.12.2018, <https://edition.cnn.com/2018/12/20/uk/gatwick-airport-drones-gbr-intl/index.html> [dostęp: 21.02.2025].

Saballa J., *Ukraine Announces Successful Use of First Laser Weapon on Battlefield*, *The Defense Post*, 6.02.2025, <https://thedefensepost.com/2025/02/06/ukraine-laser-weapon-battlefield/> [dostęp: 21.02.2025].

Sweden drones: Sightings reported over nuclear plants and palace, BBC, 18.01.2022, <https://www.bbc.com/news/world-europe-60035446> [dostęp: 21.02.2025].

Timeline: UAE under drone, missile attacks, Al Jazeera, 3.02.2022, <https://www.aljazeera.com/news/2022/2/3/timeline-uae-drone-missile-attacks-houthi-yemen> [dostęp: 21.02.2025].

Ukrainians Made an FPV With Fiber-Optic Cord Stretching For 41 km, *Defence Express*, 26.01.2025, https://en.defence-ua.com/industries/ukrainians_made_an_fpv_with_fiber_optic_cord_stretching_for_41_km-13327.html [dostęp: 21.02.2025].

Venezuela President Maduro survives 'drone assassination attempt', BBC, 5.08.2018, <https://www.bbc.com/news/world-latin-america-45073385> [dostęp: 21.02.2025].

Wang B., *Ukraine's One Million FPV Drones Is Outnumbered by 5 Million Russian Drones*, *Next Big Future*, 27.01.2024, <https://www.nextbigfuture.com/2024/01/ukraines-one-million-fpv-drones-will-be-outnumbered-by-5-million-russian-drones.html> [dostęp: 21.02.2025].

Akty prawne

Rozporządzenie wykonawcze Komisji Europejskiej (UE) 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych (Dz. Urz. UE L 152/45 z 11.06.2019).

Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2019/945 z dnia 12 marca 2019 r. w sprawie bezzałogowych systemów powietrznych oraz operatorów bezzałogowych systemów powietrznych z państw trzecich (Dz. Urz. UE L 152/1 z 11.06.2019).

Ustawa z dnia 24 stycznia 2025 r. o zmianie ustawy – Prawo lotnicze oraz niektórych innych ustaw (DzU z 2025 poz. 179).

Ustawa z dnia 24 maja 2013 r. o środkach przymusu bezpośredniego i broni palnej (t.j. DzU z 2024 poz. 383, ze zm.).

Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym (t.j. DzU z 2023 poz. 122, ze zm.).

Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (t.j. DzU z 2023 poz. 2110, ze zm.).

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 27 grudnia 2018 r. w sprawie struktury polskiej przestrzeni powietrznej oraz szczegółowych warunków i sposobu korzystania z tej przestrzeni (DzU z 2019 poz. 619).

Wytyczne nr 4/2025 Prezesa Urzędu Lotnictwa z dnia 21 lutego 2025 r. w sprawie wyznaczania stref geograficznych dla systemów bezzałogowych statków powietrznych (Dz. Urz. ULC z 2025 poz. 13).

Wytyczne nr 17/2023 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 6 czerwca 2023 r. w sprawie wyznaczania stref geograficznych dla systemów bezzałogowych statków powietrznych (Dz. Urz. ULC z 2023 poz. 42).

Wytyczne nr 15/2023 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 1 czerwca 2023 r. w sprawie sposobów wykonywania operacji przy użyciu systemów bezzałogowych statków powietrznych w związku z wejściem w życie przepisów rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) nr 2019/947 z dnia 24 maja 2019 r. w sprawie przepisów i procedur dotyczących eksploatacji bezzałogowych statków powietrznych (Dz. Urz. ULC z 2023 poz. 39).

Inne dokumenty

Rządowy projekt ustawy o zmianie ustawy – Prawo lotnicze oraz niektórych innych ustaw, druk nr 810, <https://www.sejm.gov.pl/sejm10.nsf/PrzebiegProc.xsp?nr=810> [dostęp: 21.02.2025].

Dr Jędrzej Łukasiewicz

Doktor nauk fizycznych. Były pracownik Politechniki Poznańskiej, na której był zatrudniony na stanowisku adiunkta. Konstruktor i pilot bezzałogowych statków powietrznych. Instruktor w ośrodku szkolenia pilotażu dronów Politechniki Poznańskiej. Specjalizuje się w bezpieczeństwie obiektów infrastruktury krytycznej, dla których źródłem zagrożeń są bezzałogowe statki powietrzne. Autor metody oceny skuteczności systemów detekcji oraz neutralizacji bezzałogowych statków powietrznych. Metoda ta została opisana w Załączniku 1 do Narodowego Programu Ochrony Infrastruktury Krytycznej zatytułowanym *Standardy służące zapewnieniu sprawnego funkcjonowania infrastruktury krytycznej – dobre praktyki i rekomendacje*. Autor artykułów naukowych publikowanych w czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Uczestnik prac zespołów resortowych wspierających administrację państwową w zwiększaniu odporności państwa na zagrożenia hybrydowe.

Kontakt: jedrzej.lukasiewicz@tlen.pl

Dr Damian Szlachter

Redaktor naczelny czasopisma naukowego ABW „Terroryzm – studia, analizy, prewencja”. Członek komitetu sterującego unijnej grupy doradców ds. budowania odporności na zagrożenia (EU Protective Security Advisors). Ekspert narodowy w Dyrekcji Generalnej ds. Migracji i Spraw Wewnętrznych Komisji Europejskiej (Directorate-General for Migration and Home Affairs) w ramach grupy roboczej ds. ochrony antyterrorystycznej przestrzeni publicznych (Policy Group on Public Spaces Protection). Audytor krajowy kontroli jakości w zakresie ochrony lotnictwa cywilnego (Urzędu Lotnictwa Cywilnego). Uczestnik prac kilkunastu zespołów międzyresortowych oraz grup roboczych administracji państwowej, których zadaniem było budowanie odporności na zagrożenia terrorystyczne i hybrydowe obiektów strategicznych dla bezpieczeństwa państwa oraz infrastruktury krytycznej. Członek zespołu do spraw badania wyzwań inżynierii bezpieczeństwa obiektów budowlanych infrastruktury krytycznej przy Głównym Urzędzie Nadzoru Budowlanego. Autor blisko 40 artykułów naukowych oraz współautor kilku książek i raportów specjalistycznych na temat bezpieczeństwa wewnętrznego.

Kontakt: d.szlachter@abw.gov.pl