

Groźne platformy

MOGĄ BYĆ UŻYWANE DO ATAKÓW TERRORYSTYCZNYCH, SZPIEGOSTWA PRZEMYSŁOWEGO, PRZEMYTU LUB BEZPOŚREDNIEGO ATAKU NA OSOBY LUB MIENIE.

kmr ppor. dr inż. **Paweł Burdziakowski**



Autor jest specjalistą w Oddziale Morskich Systemów Specjalnych Szefostwa Techniki Morskiej Inspektoratu Wsparcia Sił Zbrojnych.

Komercyjne bezzałogowe statki powietrzne (BSP) w ostatnich latach rozwijają się niezwykle gwałtownie. Wyposaża się je w kamery wysokiej rozdzielczości, a sterować nimi można za pomocą tabletu lub smartfona. Popularność tego typu rozwiązań, niestanna poprawa ich parametrów i możliwości technicznych, przy jednoczesnym spadku ceny, sprawiają, że urządzenia te stały się obiektem zainteresowania grup przestępczych i terrorystycznych.

ZAGROŻENIE

Grupy terrorystyczne z tzw. Państwa Islamskiego podczas walk w Syrii wielokrotnie wykorzystywały do działań komercyjnych platformy bezzałogowe¹. Pierwszy raz bojownicy tego państwa użyli takiej konstrukcji w październiku 2016 roku. Zginęło wtedy dwóch kurdyjskich żołnierzy². Atak nie był oryginalny, ładunek wybuchowy ukryty w BSP eksplodował podczas próby przejęcia go przez kurdyjskich żołnierzy.

Kreatywność terrorystów doprowadziła niedługo po tym wydarzeniu do powstania kolejnych, bardziej wyszukanych konstrukcji i metod ataku. Należy za-

znaczyć, że islamisci formalnie zapoczątkowali swój program budowy platform bezzałogowych i nadali mu duże znaczenie³. W propagandowym filmie tzw. Państwa Islamskiego pt. *The Islamic State: Knights of the Departments – Wilāyat Nīnawā*, udostępnionym 24 stycznia 2017 roku, można rozpoznać sprzęt stosowany przez te grupy. Na filmie pokazano, jak można przeprowadzać ataki z użyciem komercyjnych BSP, polegające na zrzucaniu ładunków wybuchowych na cel.

BUDOWA

Platformy bezzałogowe konstruowane przez terrorystów są wykonywane z gotowych produktów oferowanych na rynku. Ich zaletą jest szeroka dostępność oraz niska cena. Obrót takimi towarami nie jest monitorowany, a nieograniczony dostęp stwarza dogodne warunki dla zainteresowanych grup terrorystycznych. W skład bezzałogowego systemu powietrznego wchodzi⁴: platforma właściwa i stacja kontroli (Control Station – CS) z modułem komunikacji i kontroli (Communication and Control – C2). Na platformie właściwej wyróżnia się moduły kontroli lotu (Flight

¹ D. Rassler, M. Ubaydi, V. Mironova: *CTC perspectives – The Islamic State's drone documents: management, acquisitions, and DIY Tradecraft*. Combating Terrorism Center at West Point. 2016. <https://www.ctc.usma.edu/posts/ctc-perspectives-the-islamic-states-drone-documents-management-acquisitions-and-diy-tradecraft/>.

² M. Schmidt, E. Schmitt: *Pentagon Confronts a New Threat From ISIS: Exploding Drone*. „The New York Times” 2016.

³ D. Rassler: *Remotely Piloted Innovation: Terrorism, Drones and Supportive Technology*. West Point 2016.

⁴ P. Burdziakowski: *Przeгляд budowy i funkcjonalności współczesnych bezzałogowych statków powietrznych do celów fotogrametrycznych*. „Biuletyn WAT” 2016 nr 4, s. 1–24.



Przeciwdziałanie

Zakłócenia elektroniczne to jedna z najskuteczniejszych metod przeciwdziałania niepożądanym operacjom powietrznym wykonywanym przez komercyjne BSP.

AUDES – STACJONARNY SYSTEM OBRONY PRZED BSP

Control Module – FCM) oraz nawigacji (Navigation Module – NM), które są niezbędne do realizacji lotu. Platforma właściwa jest zdolna do przenoszenia dedykowanego ładunku funkcjonalnego. W wypadku platform przeznaczonych do lotów bojowych jest to zasobnik bojowy, a w wersji rozpoznawczej – moduł pozyskiwania danych (Data Acquisition Module – DAM) – rysunek 1.

Platforma właściwa stanowi urządzenie zdolne do unoszenia się w atmosferze i przenoszenia ładunku funkcjonalnego. Integruje fizycznie wszystkie elementy techniczne zainstalowane na jej pokładzie oraz generuje siłę nośną zdolną przenosić ją samą wraz z ładunkiem funkcjonalnym. Ze względu na charakter wywoływania siły nośnej można wyróżnić platformy cięższe od powietrza (aerodyny), budowane jako stałopłaty (fixed-wing), wiroplaty (rotor-wing) i miękkopłaty (flexible-wing) oraz lżejsze od powietrza (aerostaty)⁵. Od rodzaju platformy będą zależały jej główne parametry taktyczno-techniczne. Bojownicy tzw. Państwa Islamskiego do zadań bojowych wykorzystują stałopłaty z napędem (samoloty) oraz wiroplaty (wielowirnikowce).

Stacja kontroli to stacjonarny, mobilny lub przenośny zespół urządzeń technicznych wraz z oprogramowaniem, przeznaczony do kontroli, monitorowania i kierowania platformą bezzałogową. W urządzeniach typu COTS (Commercial of-the Shelf)⁶ jako stację kontroli stosuje się zazwyczaj dostępne na rynku nadajnik radiowy służący do zdalnego sterowania (Radio Control – RC) oraz przenośny komputer z oprogramowaniem lub smartfon. Wiele oferowanych stacji kontroli tego typu współpracuje ze smartfonem, na którym są wyświetlane pozycja geograficzna BSP na tle mapy (Google Map) oraz obraz wideo pochodzący bezpośrednio z kamery pokładowej, a także wiele innych dodatkowych funkcji.

Moduł komunikacji i kontroli zapewnia niezbędną wymianę informacji między operatorem dysponującym naziemną stacją kontroli a systemami platformy latającej. Komunikacja odbywa się w dwóch kierunkach. Są to sygnały nadawane w stronę platformy, którymi przekazuje się komendy telesterowania (tzw. uplink), oraz sygnały odbierane z platformy, którymi są przekazywane dane telemetryczne (tzw. downlink). W BSP używanych jako cele powietrzne wykorzystuje się zwykle niechronioną komunikację w paśmie UKF (30–300 MHz), paśmie L (1–2 GHz) oraz paśmie C (4–8 GHz). Platformy poziomu taktycznego użytkują komunikację chronioną. W tym celu stosuje się m.in. bezpośrednie modulowanie nośną sekwencją kodową (Direct Sequencing Spread Spectrum Modulation) lub techniki przeskoku częstotliwości (Fre-

quency Hopping Techniques). BSP przeznaczone do rozpoznania wykorzystują dwustronną transmisję danych chronioną kryptograficznie⁷. W zastosowaniach COTS komunikacja z bezzałogowymi statkami powietrznymi odbywa się w pasmach radiowych z zastosowaniem nadajników o mocy pozwalającej na użytkowanie ich bez zezwolenia. Przepisy prawa telekomunikacyjnego określają politykę regulacyjną w dziedzinie gospodarki zasobami częstotliwości oraz kontroli spełniania wymagań dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej. Wszystkie dostępne komercyjnie BSP oraz urządzenia nadawczo-odbiorcze spełniają te wymagania (na obszarze Unii Europejskiej oznaczenie CE, w granicach USA – FCC). Z punktu widzenia komunikacji z BSP wykorzystanie pasm ogólnodostępnych nie jest najlepszym rozwiązaniem, a zasięg bezpiecznej komunikacji będzie ograniczony do maksymalnie kilku, kilkunastu kilometrów w sprzyjającym terenie. W skrajnych przypadkach może się okazać, że zajętość kanałów będzie tak duża, że zestawienie bezpiecznej komunikacji z BSP okaże się niemożliwe. Sytuacja taka może mieć miejsce na przykład w okolicach gęsto zaludnionych, gdzie istnieje duża liczba punktów dostępowych sieci Wi-Fi, a komunikacja z BSP jest utrzymywana w paśmie 2,4 GHz. Zestawienie bezpiecznej łączności w wolnym kanale może być wówczas niemożliwe (rys. 2).

Amatorzy legalnie lub nielegalnie, po modyfikacji, mogą użytkować jeszcze jedną grupę urządzeń, które nie są zgodne z prawem, czyli aparaty typu Long Range System (LRS). Są to nadajniki i odbiorniki radiowe współpracujące ze standardowymi, oferowanymi przez rynek modelarski, nadajnikami RC, co zwiększa ich skuteczny zasięg działania. Pracują one głównie w paśmie o częstotliwości 433 MHz oraz ze zwiększoną mocą (do około 2 W), co przy użyciu anten kierunkowych z naprowadzaniem gwarantuje bezzałogowym statkom powietrznym wykonanie zadań oraz transmisję obrazu nawet do 100 kilometrów⁸. Zwiększenie mocy LRS, a przy tym skutecznego zasięgu, jest technicznie bardzo proste.

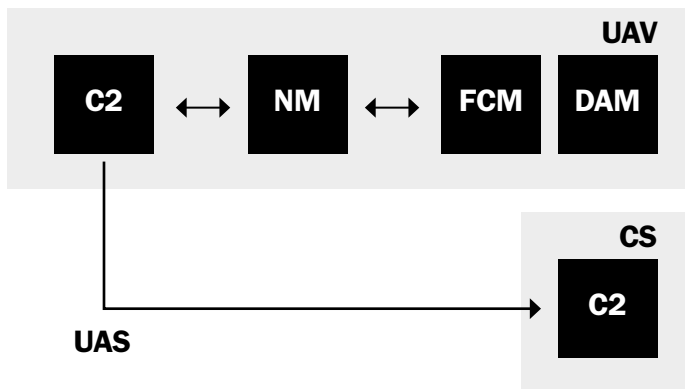
Autopilot, czyli pilot automatyczny, to urządzenie pozwalające na kierowanie bez udziału operatora określonymi czynnościami statku powietrznego. Może ono występować jako oddzielny moduł zasilany danymi z modułów nawigacji i orientacji, kontroli lotu i awioniki oraz komunikacji i kontroli. Opierając się na rzeczywistych danych pochodzących z tych modułów oraz na zaprogramowanych w pamięci zadaniach (reakcja na dane), moduł autopilota wydaje komendy modułowi kontroli lotu i awioniki, co powoduje, że statek powietrzny wykonuje zadaną czyn-

⁵ Ibidem.

⁶ P. Burdziakowski, J. Szulwic: *A commercial of the shelf components for a unmanned air vehicle photogrammetry*. In 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016.

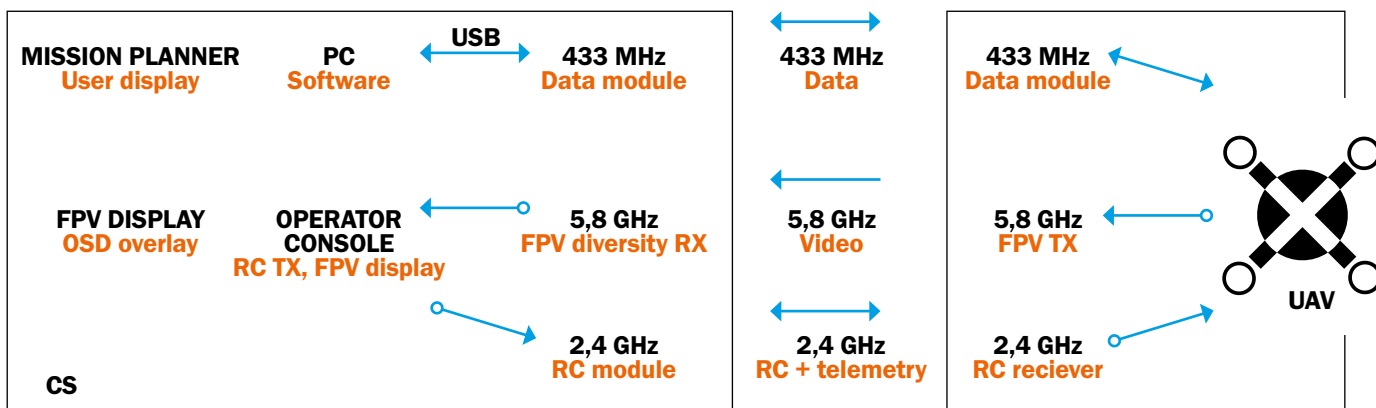
⁷ R. Austin: *Unmanned Aircraft Systems – UAVS Design, Development and Deployment*. Wiley 2010.

⁸ <https://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?1661795-New-round-trip-world-record-100-200-km!!!/>.



RYS. 1. BLOKI FUNKCJONALNE BEZZAŁOGOWEGO SYSTEMU POWIETRZNEGO

RYS. 2. PRZYKŁAD KOMUNIKACJI Z BSP OPARTEJ NA TRZECH PASMACH RADIOWYCH



Opracowanie własne (2).

ność. Dzisiaj producenci pilotów automatycznych do niewielkich bezzałogowych statków powietrznych integrują wszystkie moduły (nawigacji, orientacji, kontroli i komunikacji) i umieszczają je w jednym zwartym urządzeniu. Często dostarczają też autopilota z dedykowaną do współpracy z nim stacją kontroli.

Koncepcja integracji wszystkich modułów umożliwia zastosowanie kompletnego rozwiązania uwzględniającego wszystkie aspekty autonomicznego lotu BSP. Liczba dodatkowych funkcji świadczy o poziomie technologicznym autopilota. Najlepsze rozwiązania dostępne na rynku umożliwiają:

- kontrolę wielu różnych typów aerodyny;
- kontrolę ponad 24 serwo mechanizmów z uwzględnieniem różnych konfiguracji powierzchni sterowych danego BSP, np.: rozdzielne kłapy, wsparcie dla kłapolotki, usterzenie typu Rudlickiego, dzie-

lony ster kierunku, brak steru kierunku lub płatowiec typu latające skrzydło;

- konfigurację częstotliwości oraz typu sygnału sterującego serwo mechanizmami, dzięki czemu zwiększa się spektrum serwo mechanizmów, które można zainstalować na platformie;

- zastosowanie algorytmu autonomicznego startu i lądowania;

- użycie algorytmu wyprowadzania platformy z sytuacji krytycznej (np. lądowanie awaryjne z wykorzystaniem autorotacji, wyprowadzenie z korkociągu lub przeciągnięcia);

- zastosowanie systemu wizyjnego przewidzianego do transmisji obrazu z pokładu platformy do stacji kontroli;

- odbiór pełnej oferty systemów nawigacji satelitarnej, łącznie z technologią precyzyjnych pomiarów (Real Time Kinematic – RTK) GPS;

TABELA. ZESTAWIENIE KOMERCYJNYCH BSP

Nazwa	Dane taktyczno-techniczne										
	masa [g]	prędkość maks. [m/s]	czas maks. [min]	dystans maks. [km]	nawigacja	kamera	auto	częstotliwość [GHz]	Auto Fail Safe	funkcja + maks. ładunek [kg]	zawis
DJI Phantom 3 STD	1216	16	25	1	GPS	T	O	5,725–5,825	T	0 (0,2–-0,4)	T
DJI Phantom 3 ADV/PRO	1280	16	23	5	GPS GLO	T	O	2,400–2,483	T	0 (0,2–-0,4)	T
DJI Phantom 4	1380	20	25	5	GPS GLO	T	O	2,400–2,483	T	0 (0,2–-0,4)	T
DJI Inspire 1	3060	22	18	5	GPS	T	O	2,4 i 5,8	T	0	T
DJI Agras MG-1	22 500	10	22	1	GPS	N	T	2,400–2,483	T	T (10 kg spray*)	T
3DR Solo	1800	26	25	8	GPS GLO	O	T	2,400–2,483	O	T (0,42)	T
Skywalker X-8	3200	25	120–160	155	GPS GLO	T	T	2,4 i 0,433	O	T (1–2)	N
Skywalker EVE-2000	3800–4600	23	120-160	155	GPS GLO	T	T	2,4 i 0,433	O	T (1–2)	N
Skywalker WALL-E2000	2500–3000	23	60–120	70	GPS GLO	T	T	2,4 i 0,433	O	T (0,5–1)	N

Legenda: T – tak, ma pełną funkcjonalność; O – ograniczenia, nie ma pełnej funkcjonalności, np. kamerę bez stabilizacji, niepełną automatykę lotu, brakuje pełnych dodatkowych programowanych funkcji; N – całkowity brak zdolności; GPS – odbiornik systemu GPS; GLO – odbiornik systemu GLONAS; zasięg jest podany dla parametrów deklarowanych przez producenta zgodnie z normami FCC; auto – tryb lotu autonomiczny (po wyznaczonej trasie według mapy); Auto Fail Safe – funkcja bezpieczeństwa aktywowana standardowo, np. w razie utraty łączności ze stacją naziemną BSP wraca do miejsca startu.

* funkcja spray – BSP jest zdolny rozpylać do 10 kg substancji płynnej.

Opracowanie własne.

– zastosowanie algorytmów wspierających nawigację (powrót do bazy) w razie utraty sygnału ze stacji kontroli;

– przygotowanie stacji kontroli i oprogramowania do treningu operatora (symulacji);

– opracowanie konstrukcji autopilota współpracującego z wieloma stacjami kontroli;

– przekazywanie kierowania platformą między kolejnymi stacjami kontroli umieszczonymi na trasie przelotu;

– nanoszenie informacji nawigacyjnych lub o stanie systemów pokładowych na tor wizyjny;

– transmisję pełnych danych telemetrycznych do stacji kontroli;

– pełną sensorykę typu: żyroskopy, akcelerometry, magnetometry, kompas magnetyczny, wysokościomierz laserowy (radarowy, barometryczny), wariometr itp.;

– kontrolę kamery pokładowej.

Zestawy platform komercyjnych nie dysponują wszystkimi wymienionymi funkcjami. Łączne ich uruchomienie wymaga zastosowania zaawansowanego autopilota, którego nie instaluje się w ogólnodostępnych tanich BSP. Producenci, aby uniknąć problemów z użytkownikami podczas eksploatacji, czynią autopiloty bardzo przyjaznymi w obsłudze i często automatyzują wiele funkcji. Wykorzystanie bowiem skomplikowanych autopilotów wymaga już pewnej wiedzy, ale dostarcza przy tym wiele zaawansowanych funkcjonalności. W ocenie autora zastosowanie rozwiązań typu Open Source oraz Open Hardware, czyli technologii otwartego oprogramowania i sprzętu, pozwala na wyposażenie BSP w dowolne funkcjonalności, gwarantując mu pełną autonomię. Urządzenia te, stosowane szeroko przez naukowców i dostępne na rynku bez ograniczeń, mogą być zdolne do przenoszenia i wykonywania skomplikowanych

zadań bojowych bez kontroli operatora, całkowicie autonomicznie. Dzisiaj ograniczeniem wydaje się być jedynie potencjał intelektualny możliwych użytkowników.

ASORTYMENT

Ze względu na liczbę produkowanych komercyjnych BSP analizie poddano tylko te, które cieszą się renomą, są niezawodne, przedstawiają minimalny możliwy potencjał bojowy i są oferowane na rynku. Analizując elektronikę, skupiono się na dostępnych autopilotach i płatowcach zdolnych wykonać lot autonomiczny, mających modułową konstrukcję i przewidzianych przez producenta do przenoszenia dodatkowych ładunków. Oceny ich parametrów taktyczno-technicznych dokonano w kontekście potencjalnego wykorzystania do ataków terrorystycznych (tab.).

WIELOWIRNIKOWCE

Należą do grupy wiroplątów, czyli statków powietrznych z wirnikami o osiach zasadniczo pionowych. Śmigłowce, również zaliczane do wiroplątów, są wyposażone w jeden lub dwa wirniki. Wielosilnikowe dysponują co najmniej trzema wirnikami (tricopter) lub więcej (quadcopter – cztery wirniki, hexacopter – sześć i octocopter – osiem wirników). Wielowirnikowce są bardzo popularne wśród filmowców. Umożliwiają wykonywanie precyzyjnych manewrów oraz zawis z kamerą na pokładzie. Ponadto są bardzo stabilne w locie. Czas lotu jest ograniczony pojemnością akumulatorów napędowych oraz masą startową i wynosi średnio od 20 do 60 min. Autopilot zastosowany w DJI Phantom nie pozwala na zaimplementowanie dodatkowych funkcji, a możliwość wykonania lotu po zaprogramowanej trasie jest ograniczona. Pilot najpierw musi wykonać lot do punktów i zapamiętać je, następnie platforma pokonuje trasę samodzielnie. Dodatkowo funkcja Fail Safe jest zaprogramowana na stałe i nie można jej wyłączyć. W razie utraty łączności ze stacją bazową BSP powraca automatycznie do pozycji startu (Return to Home – RTH). Stwarza to pewne ograniczenia oraz ułatwia ewentualne zakłócenia, co może doprowadzić do przerwania lotu. Brak możliwości programowania dodatkowych funkcji powoduje też, że konieczne do wykonania zrzutu ładunku jest zastosowanie rozwiązań improwizowanych.

Z innych komercyjnych konstrukcji na szczególną uwagę zasługuje DJI Agras MG-1, który służy do wykonywania oprysków rolniczych. Urządzenie jest wyposażone w 10-kilogramowy zasobnik umożliwiający precyzyjne opryski po zaplanowanej wcześniej trasie. BSP jest zdolny wykonać programowany lot i w wyznaczonych punktach dokonać oprysku. Niebezpieczeństwo stanowi możliwość wykorzystania tego statku powietrznego niezgodnie z przeznacze-

niem, czyli do rozpylenia bojowych środków trujących. 3DR Solo jest oferowany z kontrolerem lotu Pixhawk. Urządzenie to można w pełni zaprogramować, co umożliwi przelot programowaną trasą na podstawie wcześniej wskazanych jej punktów (way points) oraz wypełnianie dowolnych funkcji, np. zrzut ładunku w określonym punkcie trasy. Dodatkowo funkcja bezpieczeństwa – Fail Safe – może zostać wyłączona. Ewentualna utrata łączności z bazą nie spowoduje powrotu do pozycji startowej, a BSP będzie wykonywał zadanie do czasu zakończenia programu. Potencjalnie pozwala to na zastosowanie platformy do konstruowania pocisków typu „wystrel i zapomnij” oraz przeprowadzania ataków samobójczych, czyli bezpośredniego dostarczenia ładunku wybuchowego w wybrany punkt. Kontroler lotu Pixhawk obsługuje wszystkie rodzaje platform bezałogowych i jest najbardziej uniwersalnym i wszechstronnym autopilotem na rynku, a przy tym jego koszt jest bardzo mały.

STAŁOPLĄTY

To aerodynamy o nieruchomych powierzchniach nośnych. Zalicza się do nich wszystkie latające konstrukcje cięższe od powietrza. Utrzymują się one w przestrzeni dzięki sile nośnej wytworzonej przez nieruchome powierzchnie nośne. W odróżnieniu od wiroplątów są zdolne do długotrwałego i szybkiego lotu przy zdecydowanie mniejszym zużyciu energii. Do startu i lądowania nie potrzebują dużego obszaru. Nie są przystosowane do pionowego startu i lądowania oraz zawisu nad punktem. Umożliwiają za to przenoszenie ładunków o większej masie. Terrorysty z tzw. Państwa Islamskiego przystosowali komercyjnie dostępne latające skrzydło Skywalker X-8 do wykonywania zadań bojowych. Jest to model zbudowany z pianki EPO (Expanded PolyOlefin – spieniona poliolefiną ekspandowana), o rozpiętości 2120 mm, bardzo popularny wśród modelarzy i przeznaczony do lotów typu FPV (First Person View). Ma dużą przestrzeń ładunkową, a konstrukcja latającego skrzydła zapewnia mu wystarczającą sztywność, aby przenieść dodatkowy ładunek. Ograniczeniem maksymalnej masy ładunku jest sztywność piankowego skrzydła, odporność na frater i moment skręcający. Z deklaracji producenta wynika, że całkowita masa startowa urządzenia to 3200 g. Odliczając układ napędowy (320–1300 g) i masę skrzydła (880 g), można przyjąć, że maksymalna masa ładunku wynosi od 1000 do 2000 g. Z łatwością można jednak zwiększyć maksymalną nośność. Przy maksymalnej masie startowej 3200 g obciążenie skrzydła wynosi 40 g/dm² (powierzchnia nośna – 80 dm²). Wzmacniając skrzydło przez pokrycie go kompozytem (tkanina szklana lub węglowa nasączona żywicą epoksydową lub polimerową) oraz umieszczając dodatkowe węglowe dźwigary, można uzyskać jego wystarczającą sztywność. Sztywne skrzydło można obciążyć bezpiecznie do 75 g/dm², w wyniku tego maksymalna masa

startowa zwiększa się do 6000 g. Ładunek bojowy może wynosić nawet do 4000 g.

MOŻLIWOŚCI UŻYCIA

Komercyjne bezzałogowe statki powietrzne mogą być wykorzystywane przez terrorystów – w zależności od zaangażowania technicznego konstruktorów – w różnych formach. Można wśród nich wyróżnić takie funkcje, jak:

- samolot-pułapka – polega na umieszczeniu we wnętrzu obudowy platformy ładunku wybuchowego. BSP ląduje w określonym rejonie i tam pozostaje. Ewentualna próba podjęcia platformy i manipulowania przy niej kończy się jej detonacją. Działanie takie ma niedużą skuteczność i nie wymaga wielu przygotowań;

- wskazanie celu i inicjowanie wybuchu IED – metoda polega na obserwacji rejonu lub obiektu ataku i jego lokalizacji. W określonym rejonie umieszcza się ładunek wybuchowy, którego detonacja będzie zdalnie inicjowana w momencie, kiedy obiekt ataku osiągnie daną pozycję. Żołnierze ubezpieczający przejazd kolumny wypatrują ukrytych w terenie obserwatorów, co daje pewną przewagę informacyjną potencjalnemu przeciwnikowi wykorzystującemu BSP. Nieduża komercyjna platforma na wysokości 200 m jest praktycznie niezauważalna dla nieuzbrojonego oka. BSP musi być wyposażony w system przekazujący obraz wideo;

- dostarczenie (zrzut) ładunku – umieszczone na pokładzie bezzałogowego statku powietrznego ładunki zostają zrzucone na cel. W tym wypadku konstrukcja platformy powinna być bardziej zaawansowana i mieć zwiększoną nośność. Z reguły jest budowana z elementów COTS i optymalizowana pod kątem tego zadania;

- latający pocisk – na pokładzie BSP umieszcza się ładunek wybuchowy inicjowany kontaktowo. Platforma wykonuje programowany lot do celu, który jest zazwyczaj obiektem stacjonarnym (stanowisko ogniowe);

- przenoszenie broni – na platformie montuje się broń strzelecką lub inną, która może zostać użyta do rażenia skupisk ludzi, np. zgromadzeń;

- rozpoznanie – czyli zdobywanie danych fotograficznych lub termograficznych terenu i budowanie na ich podstawie mapy lub modelu szczególnie wrażliwych obiektów infrastruktury krytycznej (elektrownie atomowe, rafinerie, tamy, jednostki wojskowe itp.).

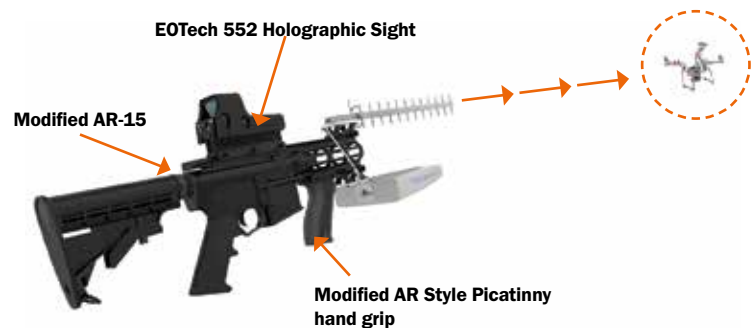
PRZECIWDZIAŁANIE

Komercyjne bezzałogowe statki powietrzne w rękach grup terrorystycznych są stosunkowo nowym zjawiskiem. Sukces ataków z ich użyciem był wynikiem przede wszystkim zaskoczenia oraz wciąż małej świadomości potencjalnego zagrożenia. Niewiele osób spodziewa się ataku ze strony małych obiektów latających. Zwykle platformy te są kojarzone z dużymi bojowymi statkami powietrznymi należącymi do

sił zbrojnych. Przeciwdziałając wykorzystaniu komercyjnych BSP do ataków terrorystycznych, należy wypracować procedury systemowe, które pozwolą na: ograniczenie dostępności zakupu platform oferowanych przez handel, stosowanie zakłóceń elektronicznych oraz podejmowanie działań bezpośrednich. Ograniczenie handlu – embargo – obejmowałoby wprowadzenie zakazu sprzedaży elementów do budowy BSP – od platform przez silniki i układy zasilania, po zaawansowane kontrolery lotu. Sklepy internetowe, oferujące wyspecjalizowaną elektronikę modelarską, zwłaszcza te umieszczone na terenie Chińskiej Republiki Ludowej, dostarczają produkty na cały świat. Ograniczenie mogłoby obejmować kraje, w których wyraźną aktywność prowadzą grupy terrorystyczne. Przeciwdziałanie systemowe polegałoby zatem na bezpośrednim współdziałaniu z producentami autopilotów w celu wyznaczenia stref zakazu lotu. Firma DJI w swoich kontrolerach zaimplementowała już standardowo tzw. strefę zakazu lotów (No Flying Zone). BSP DJI typu Phantom przed startem muszą uzyskać pełny odbiór sygnału GPS, tzw. fix. Algorytm sprawdza, w jakim rejonie znajduje się pozycja startu. Jeżeli jest w strefie zakazu lotów, start nie jest możliwy. Strefy te są wyznaczane przez producenta i obejmują bezpośrednie otoczenie lotnisk oraz obiektów wrażliwych (w naszym kraju jest nim na przykład stadion narodowy, w jego obrębie start BSP jest zablokowany). Uzgodnienie z producentem nowych stref w rejonach zagrożenia atakami terrorystycznymi może w pewien sposób zmniejszyć liczbę niepożądanych startów. W autopilotach innych producentów jest możliwość wyznaczenia rejonu zabronionego, tzw. Geo Fence (geograficzny płot). Standardowo ustala go użytkownik, aby wykonywać bezpiecznie operacje w pobliżu rejonu, który może stwarzać zagrożenie dla obiektu latającego. Kontroler lotu, analizując bieżącą jego pozycję, zapobiega przemieszczeniu się do rejonu ograniczonego geograficznie. Te funkcje dla obszaru działań terrorystycznych mogą zostać zaimplementowane przez producenta na stałe, bez możliwości ich zmiany. Nie dotyczy to oczywiście autopilotów wykorzystujących koncept Open Source i Open Hardware, w których otwartość oprogramowania uniemożliwia skuteczne wprowadzenie jakiegokolwiek ograniczenia.

Zakłócenia elektroniczne to jedna z najskuteczniejszych metod przeciwdziałania niepożądanym operacjom powietrznym wykonywanym przez komercyjne BSP. Polega na całkowitym uniemożliwieniu komunikacji między nadajnikiem RC oraz odbiornikiem w powietrzu, co w większości przypadków spowoduje aktywację protokołu bezpieczeństwa, tzw. Fail Save i powrót BSP do pozycji startu, lub jego lądowanie, jeśli funkcja ta nie działa poprawnie. Komercyjne BSP pracują w paśmie ISM (Industrial, Scientific, Medical – przemysłowe, naukowe, medyczne), co ogranicza wybór częstotliwości zakłócania, natomiast przeważająca liczba nadajników w paśmie 2,4 GHz i 5,8 GHz z mocą rzędu kilkudziesięciu miliwatów. Przykładem

RYS. 3. DRONE DEFENDER – OSOBISTY SYSTEM ZAKŁÓCANIA BSP



Modified AR-15 – szkielet karabinka AR-15; **EOTech 552 Holographic Sight** – celownik holograficzny EOTech 552; **Modified AR Style Picatinny hand grip** – antena kierunkowa zamontowana na szynie Picatinny

Źródło: *Detecting, Controlling Dangerous UAVs* UAS Magazine. <http://www.uasmagazine.com/articles/1332/detecting-controlling-dangerous-uavs>. 21.02.2017.

takiego rozwiązania jest system Drone Defender (rys. 3), który zakłóca odbiór sygnału GPS i RC.

System tego typu może zostać użyty przez operatora, aby uniemożliwić wlot w strefę zabronioną, np. podczas ochrony VIP-ów lub zgromadzeń czy wydarzeń masowych. Pozwala jednocześnie na sprowadzenie BSP na ziemię i kontrolowanie jego lądowania.

Kolejny system ochrony stacjonarnych obiektów wrażliwych wykorzystuje radar dopplerowski do wykrycia obiektu latającego oraz elektrooptyczny system śledzenia i identyfikacji obiektów (Anti-Uav Defence System – AUDES) – fot. Gdy wykryje BSP, zaczyna go śledzić, następnie go identyfikuje. W tym czasie jest analizowany radiowy sygnał sterowania nim, a także obraz i jego zapis. Jeśli platforma przekroczy wyznaczoną strefę bezpieczeństwa, to zostanie przejęta dzięki emulacji sygnałów sterowania, lub, jeśli nie jest to możliwe, jej lot będzie zakłócony. Urządzenie jest zdolne do kontrolowanego sprowadzenia BSP na ziemię lub w wybrany punkt. Rozwiązania zastosowane w nim są nowością na rynku i oczekują na akceptację urzędu patentowego⁹.

Działania kinetyczne polegają głównie na gwałtownym dostarczeniu do BSP energii, która fizycznie niszczy jego elementy i uniemożliwia kontynuowanie lotu. Platformy te mogą być niszczone na przykład ogniem broni strzeleckiej. Jednym z rozwiązań w tej dziedzinie jest system Extended Area Protection and Survivability Integrated Demonstrator (EAPS), który służy do likwidacji wszelkiego rodzaju BSP¹⁰.

Ostatnia grupa metod przeciwdziałania bezzałogowym statkom powietrznym, należąca do działań bezpośrednich, to przejęcie. Polega ono na fizycznym ujęciu BSP w locie przez inną platformę lub wytrenowane ptaki drapieżne¹¹. Drone Interceptor MP200 to

system zbudowany do przejmowania komercyjnych BSP. Bazuje na specjalizowanym wielowirnikowcu, który z wykorzystaniem specjalnej siatki przejmuje BSP. Urządzenie i system poddano procedurze patentowej.

NIEUNIKNIONE ZAGROŻENIE

Do wykonania lotu komercyjnym bezzałogowym statkiem powietrznym nie trzeba mieć dużych umiejętności pilotażu, technicznej wiedzy modelarskiej czy z dziedziny elektroniki. Rynek komercyjnych platform tego typu został opanowany przez konstrukcje automatyzujące każdą fazę lotu. Rola użytkownika sprowadza się do wskazania kierunku i wysokości lotu. Najnowsze produkty firmy DJI, obecnie największego producenta i potentata na rynku komercyjnych BSP, są zdolne do unikania przeszkód, stabilnego lotu wewnątrz pomieszczeń, a przy tym do udostępniania i rejestrowania wysokiej jakości obrazu z kamery na pokładzie. Potencjał urządzeń wykorzystywanych w ten sposób jest bardzo duży, jednak – jak przedstawiono – można też stosować komercyjne BSP lub oparte na elektronice COTS do celów przestępczych lub terrorystycznych. W ocenie autora niezbędne jest przygotowanie się do sytuacji kryzysowych z udziałem tego typu platform na obszarze kraju i uwzględnienie tego typu niebezpieczeństwa w procedurach działania służb państwowych na wypadek ataku lub zagrożenia ze strony komercyjnego BSP. Potencjalny atak może być szybki, celny i skuteczny nawet przy niewielkim zaangażowaniu środków. Konieczne jest przy tym wsparcie techniczne służb oraz wyposażenie funkcjonariuszy w niezbędne środki i nauczanie technik przeciwdziałania. ■

⁹ L. Manfredi: *Extended Area Protection and Survivability Integrated Demonstrator*. 2016 Armaments Systems Forum, http://www.dtic.mil/ndia/2016armament/18295_Luciano.pdf/. 22.02.2017.

¹⁰ Ibidem.

¹¹ Mohit Kumar: *Dutch Police Training Eagles to Take Down Rogue Drones*. *The Hacker News*. 2016, <http://thehackernews.com/2016/02/poli-ce-eagle-drone-hunting.html/>. 22.03.2017.