

Andrzej FELLNER, Adam MAŃKA, Ilona MAŃKA

ANALIZA ZAGROZEŃ WYNIKAJĄCYCH Z UŻYTKOWANIA BEZZAŁOGOWYCH STATKÓW POWIETRZNYCH (DRONÓW)

Streszczenie

W artykule podjęto się klasyfikacji BSP - bezzałogowych statków powietrznych (dronów) biorąc pod uwagę zagrożenia jakie generują i możliwości ich detekcji w obszarach chronionych. W artykule przedstawiono najbardziej istotne zagrożenia związane z użytkowaniem BSP a następnie poddano je analizie z wykorzystaniem metody FMEA.

WSTĘP

Bezzałogowe statki powietrzne (BSP) zwane potocznie dronami (ang. UAV – Unmanned Aerial Vehicle) stanowią naturalną konsekwencję rozwoju technologicznego człowieka i mogą być wykorzystywane m.in. w celach badawczych, ratowniczych, pomiarowych lub diagnostycznych wspierając człowieka w jego działaniach na rzecz poprawy bezpieczeństwa i jakości życia. Jednak, jak wszystkie zdobyte techniki, BSP mogą również być użytkowane w sposób, który będzie zagrażał zdrowiu i życiu człowieka, jego mieniu lub środowisku naturalnemu. Stosowane w lotnictwie podejście do zapewnienia bezpieczeństwa wymaga uwzględnienia zarówno podejścia reaktywnego, które bazuje na analizie zaistniałych zdarzeń jak i podejścia proaktywnego, które pozwala na predykcję możliwych zagrożeń celem ich wcześniejszej eliminacji lub opracowania metod łagodzenia ewentualnych skutków [2, 3]. Aktualnie w branży lotniczej zagrożenia związane z BSP definiuje się jako jedne z najbardziej aktualnych i wymagających podjęcia pilnych działań [4]. Dlatego też w artykule przedstawiono zarówno najbardziej znaczące zdarzenia z udziałem BSP dla umożliwienia analizy tych zdarzeń, jak i analizę możliwych scenariuszy zdarzeń z udziałem BSP na bazie własnych doświadczeń autorów w zakresie budowy i użytkowania BSP oraz zagrożeń w branży lotniczej. Zdefiniowane zagrożenia przeanalizowano z wykorzystaniem metody FMEA, która jest najczęściej wykorzystywana do analizy ryzyka w transporcie, tak aby uzyskane wyniki mogły zostać bezpośrednio wykorzystane do dalszych działań ukierunkowanych na poprawę bezpieczeństwa w transporcie.

1. NARUSZENIA BEZPIECZEŃSTWA W TRANSPORCIE LOTNICZYM PRZEZ WYKORZYSTANIE BSP

Obecnie, w myśl aktualnych wymagań prawnych [5, 6], użytkowanie BSP o masie startowej do 25 kg w celu rekreacyjnym lub sportowym w zasięgu wzroku nie wymaga dodatkowych uprawnień. Nie oznacza to jednak zwolnienia z wiedzy w zakresie wymogów prawnych związanych z wykorzystywaniem przestrzeni powietrznej czy związanych z koniecznością uszanowania czyjejś prywatności [7, 8]. Precyzyjne informacje dotyczące możliwości wykonywania lotu BSP wraz z podaniem źródła i ich interpretacji zawarto m.in. na stronie Urzędu Lotnictwa Cywilnego oraz Polskiej Agencji Żeglugi Powietrznej i innych [9, 10]. Należy mieć na uwadze, że istnieją jeszcze odrębne wymagania dotyczące użytkowania BSP i tak przykładowo wykonywanie lotów w centrum Warszawy wymaga zgody Biura Ochrony Rządu [9]. Pomimo akcji informacyjnej ww. służb oraz informacji w mediach rejestruje się znaczne ilości naruszeń bezpieczeństwa strefy zastrzeżonej lotnisk (CRT) przez BSP.

Do najważniejszych naruszeń strefy bezpieczeństwa przez BSP można zaliczyć:

- lot siedmio-kilogramowym BSP wyposażonym w sprzęt filmowy w osi podejścia instrumentalnego na lotnisku Łódź Lublinek (luty 2014);
- lot i zrzucenie flary na wojskową część lotniska Kraków – Balice – trwają postępowania służb w tym zakresie (marzec 2014);
- lot BSP (helikopter) około 20 stóp (6,1 m) od skrzydła Airbus A320 podchodzącego do lądowania na wysokości 200 m – London Heathrow Airport – EGLL – RWY 09L (22 lipca 2014) – Brytyjski Urząd Lotnictwa Cywilnego zaklasyfikował to zdarzenie jako „poważne ryzyko kolizji” – pomimo akcji policji i innych służb nie znaleziono sprawcy;
- lot BSP w bezpośrednim sąsiedztwie dróg startowych lotniska Manchester Airport (20 kwiecień 2015) – spowodowało to zawieszenie operacji startów i lądowań lotniska na 20 minut. 4 przylatujące samoloty zostały przekierowane na inne lotniska. Pomimo zaangażowania helikoptera policji nie zidentyfikowano operatora BSP;
- lot BSP sto metrów od samolotu Lufthansy – Lotnisko Chopina – Warszawa CTR EPWA (20 lipiec 2015) – poważny incydent 1425/15;
- lot BSP i filmowanie bezpośrednio nad pasem lotniska Istanbul Ataturk Airport lądujących i startujących samolotów pasażerskich (wrzesień 2015).

Bardzo niebezpieczne zdarzenie miało również miejsce z wykorzystaniem wojskowego BSP, który minął samolot pasażerski w odległości kilku metrów po czym spadł na ziemię w wyniku wejścia w strugę silnika samolotu.

Dane Federalnej Administracji Lotnictwa (FAA) wskazują, że do września 2015 piloci zgłosili 700 incydentów związanych z bliską obecnością BSP wobec załogowych statków powietrznych czyli trzy razy więcej niż w roku 2014 [4].

2. RODZAJE BSP I ZWIĄZANE Z TYM ZAGROŻENIA

Bezzałogowe statki powietrzne zwane potocznie dronami stają się dostępne dla każdego, a ich cena w odniesieniu do parametrów lotu i masy jest coraz niższa. Powoduje to powszechne wykorzystanie dronów a jednocześnie generowanie coraz większej liczby zagrożeń, które można generalnie podzielić na następujące kategorie:

- zagrożenia w transporcie w tym w ruchu lotniczym (kolizja UAV z pojazdem, statkiem powietrznym lub odwrócenie uwagi kierującego);

- terroryzm (bezpieczeństwo transportu i infrastruktury krytycznej, obszary gęsto zaludnione, imprezy masowe);
- przemyt (granice – ominięcie odprawy, obiekty ochrony specjalnej);
- zagrożenia dla mienia;
- szpiegostwo (naruszenie prywatności, szpiegostwo przemysłowe, podsłuch, szpiegostwo instytucji i osób publicznych, agencji rządowych, instalacji wojskowych);
- naruszenie prywatności (hałas, dyskomfort, poczucie zagrożenia);
- zagrożenia dla środowiska naturalnego (hałas, ogień, płoszenie dzikich zwierząt).

Szczególnym rodzajem zagrożenia, które znalazło swoje przykłady również w mediach, jest możliwość pojawienia się BSP w obszarze chronionym lotniska (CRT) lub w bezpośrednim sąsiedztwie załogowego statku powietrznego. Generuje to szereg zagrożeń i stanowi wyzwanie w zakresie wczesnej detekcji zagrożenia i jego eliminacji.

Oficjalny podział bezzałogowych statków powietrznych jest istotny z punktu widzenia konieczności posiadania licencji. BSP do celów konwencjonalnych posiadają maksymalną masę startową (MTOM – ang. maximum takeoff mass) do 25 kg. Przedział ten dzieli się jednak na mocy rozporządzenia [8] na:

- BSP do 2 kg;
- BSP od 2 do 7 kg;
- BSP od 7 do 25 kg.

Rozporządzenie definiuje jednocześnie jeszcze jedną kategorię Świadectwa Kwalifikacji Operatora (UAVO) na BSP od 25 do 50 kg. Uprawnienia do lotu a zarazem świadectwa kwalifikacji dzieli się poza tym na VLOS (ang. Visual Line of Sight) i BVLOS (ang. Beyond Visual Line of Sight) czyli uprawniające do lotu w zasięgu wzroku i poza nim. Oprócz powyższego uprawnienia na użytkowanie UAVO wg rozporządzenia [8] dzielą się jeszcze na kategorie O – inne bezzałogowy statek powietrzny, MR – wirnikowiec bezzałogowy, AS – sterowiec bezzałogowy, H – helikopter oraz A – samolot bezzałogowy.

Podziały te nie mają jednak wiodącego znaczenia z punktu widzenia zagrożeń jakie niosą względem bezpieczeństwa w obszarach CRT lotniska. Z punktu widzenia detekcji BSP istotne są następujące klasy BSP:

- A. sterowane drogą radiową (w tym aparatura RC):
 1. sterowane z wykorzystaniem sieci WiFi lub Bluetooth (BSP sterowane przez tablety i smartfony);
 2. z wykorzystaniem aparatury RC pracującej na popularnych w modelarstwie częstotliwościach 2,4 GHz;
 3. z wykorzystaniem aparatury RC pracującej na innych częstotliwościach radiowych;
 4. sterowane z wykorzystaniem niekonwencjonalnych systemów sterowania radiowego;
- B. sterowane laserem;
- C. autonomiczne nawigowanie z wykorzystaniem GPS;
- D. autonomiczne nawigowanie z wykorzystaniem znajomości kierunku i prędkości lotu;
- E. autonomiczne śledzące inne obiekty;
- F. autonomiczne nawigowanie z wykorzystaniem sygnałów radiowych innych niż RC;
- G. autonomiczne nawigowanie z wykorzystaniem analizy obrazu;
- H. wysyłające sygnały FPV lub telemetrię drogą radiową;
- I. inne niesklasyfikowane.

Przedstawiony podział BSP determinuje środki techniczne i organizacyjne związane z możliwością detekcji i unieszkodliwienia danego BSP. Przykładowo BSP sterowany drogą radiową A1 może być zidentyfikowany na drodze skanowania wybranego pasma częstotliwości a nawet przejęty z wykorzystaniem nadajnika o większej mocy i systemu analizy danych. BSP klasy A2 mogą być wykrywane w znacznej odległości od obszaru chronionego z wykorzystaniem systemu wykorzystującego analizę sygnału radiowego RC, którego prototyp przedstawiono w artykule [1].

Zagrożenia płynące z BSP działającego autonomicznie i zaprogramowanego na lot po wyznaczonych punktach GPS są znacznie większe z uwagi na możliwość jego działania bez aparatury RC i braku możliwości detekcji tego typu łączności. Detekcja tego typu BSP (klasa C) musi być oparta o systemy wizyjne lub radarowe. Jeszcze inny rodzaj zagrożeń generują BSP klasy A4, B, D, E, F lub G. Brak w literaturze informacji o skutecznych systemach detekcji dla tego typu BSP poza systemami wizyjnymi i radarowymi, które jednak zapewniają bezpieczeństwo w bardzo ograniczonym obszarze.

Osobną analizą, należy również objąć skutki zagrożeń w zależności od miejsca pojawienia się BSP względem statku powietrznego lub infrastruktury. BSP nawet bez dodatkowego osprzętu

Tab. 1. Analiza ryzyka użytkowania BSP w obszarze chronionym lotnisk (CTR)

Nr	Zagrożenie (najgorszy prawdopodobny scenariusz)	Znaczenie (skutek zaistnienia zdarzenia)	Detekcja lub możliwość zapobiegania	Znaczenie Zn	Prawdo podobieństwo Pr	Detekcja Dt	RPN
1	Nieuprawniony lot BSP klasy A1, A2 i H w CRT. Lot o charakterze nieintencjonalnym, nie zmierzający bezpośrednio do ścieżki podejścia.	Możliwość zderzenia ze statkiem powietrznym, liczne ofiary śmiertelne, degradacja środowiska naturalnego, odszkodowania powodujące upadek finansowy portu lotniczego, spadek reputacji linii lotniczych	Możliwość wykrycia BSP przy zastosowaniu projektowanych systemów detekcji (jeszcze nie wdrożone). Brak możliwości unieszkodliwienia. Zapobieganie poprzez kampanie w mediach.	10	5	7	350
2	jw. dla A3			10	3	8	240
3	Jw. dla C			10	3	9	270
4	Nieuprawniony intencjonalny lot BSP klasy B, D, E i F zmierzający w stronę lecącego statku powietrznego.	Uszkodzenie pojedynczego systemu nawigacji	Brak możliwości wykrycia lub wykrycie utrudnione systemem analizy obrazu lub radarem pasywnym	10	2	10	200
5	Nieuprawniony lot BSP o charakterze nieintencjonalnym zmierzający do elementów infrastruktury	Uszkodzenie pojedynczego systemu nawigacji	Automatyczna detekcja uszkodzenia systemów nawigacji	7	4	7	196
6	Nieuprawniony nie intencjonalny lot nieuzbrojonego BSP klasy A1, A2, H zmierzający w stronę statku powietrznego podczas kołowania.	Uszkodzenie statku powietrznego, konieczność wstrzymania lotu	Brak możliwości wykrycia lub wykrycie utrudnione systemem analizy obrazu lub radarem pasywnym dodatkowo utrudnione niewielką wysokością lotu	7	4	10	280
7	Nieuprawniony intencjonalny lot uzbrojonego BSP klasy B, D, E i F zmierzający w stronę statku powietrznego podczas kołowania	Pożar samolotu, pożar cysterny, ofiary śmiertelne		10	3	10	300

stanowi zagrożenie dla statku powietrznego chociażby z uwagi na jego masę lub efekt odwrócenia uwagi pilota od realizowanych zadań. Zagrożenia te można podzielić na fazę startu, lotu, lądowania, kołowania lub postoju. Osobną kategorię stanowią zagrożenia dla infrastruktury lotniska oraz BSP wyposażone w niebezpieczną aparaturę. Niezbędne jest uwzględnienie zagrożenia związanego z możliwością zakłócania systemów lotniczych np. pozycjonowania w oparciu o GNSS (w tym GPS) przez BSP wyposażone przykładowo w „jammer GPS”.

3. ANALIZA RYZYKA UŻYTKOWANIA BSP W POBLIŻU LOTNISK METODĄ FMEA I MOŻLIWOŚCI REDUKCJI ZAGROZEŃ

Z uwagi na powszechne wykorzystanie metody FMEA do analizy ryzyka w transporcie w artykule zestawiono kluczowe zagrożenia związane z użytkowaniem BSP w obszarze chronionym lotnisk w formie tabeli 1. Tabela ta zawiera podstawowe zagrożenia wynikające z podejścia reaktywnego i proaktywnego zgodnie z wytycznymi branży lotniczej zawartymi w publikacjach [2, 3, 11, 12]. Zgodnie z przyjętą metodyką wykorzystania analizy ryzyka metodą FMEA w transporcie lotniczym [12] założono $RPN_{zap}=120$ oraz $RPN_{kor}=155$. Wykorzystano podejście eksperckie do wyznaczania wartości wskaźników ZN, Pr i Dt. W myśl wykorzystanej metodyki [11] spośród przedstawionych w tabeli 1 przykładowych zagrożeń wszystkie zagrożenia uzyskały liczbę priorytetową ryzyka RPN przekraczającą RPN_{kor} co oznacza, że żadne z tych zagrożeń nie może zostać zaakceptowane i wymagane jest podjęcie natychmiastowych działań korygujących oraz zapobiegawczych w celu zwiększenia detekcji zagrożenia i redukcji prawdopodobieństwa jego wystąpienia. Pomimo wzięcia pod uwagę zagrożeń wynikających z intencjonalnego użycia BSP i lotu w kierunku statku powietrznego, zagrożenia te pomimo iż niedopuszczalne, nie stanowią największego ryzyka stosowania BSP w obszarze CRT lotniska z uwagi na założoną niską wartość prawdopodobieństwa wystąpienia w obecnej sytuacji w Polsce. Największe zagrożenie jednak występuje dla BSP klasy A1 i A2 tzn. dronów, które mogą być kupione w hipermarketach. Bardzo wysokie ryzyko a co za tym idzie liczba RPN wynika tu z relatywnie wysokiego prawdopodobieństwa wystąpienia skorelowanego z liczbą użytkowanych BSP tej kategorii.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza literaturowa oraz prace własne wskazały na najbardziej istotne zagrożenia wynikające z użytkowania różnych typów BSP w obszarze chronionym lotniska. W ramach artykułu zaproponowano podział BSP na klasy ze względu na trudność w skutecznej detekcji BSP jako zagrożenia i jego wyeliminowaniu. Przedstawione zagrożenia wskazują jednoznacznie na konieczność podjęcia pilnych działań na rzecz wczesnego wykrywania tego typu zagrożeń i skutecznej eliminacji BSP. Autorzy publikacji pragną jednocześnie zwrócić szczególną uwagę na zagrożenia płynące ze strony BSP klasy innej niż A1-A3, gdyż ich detekcja i ewentualne unieszkodliwienie wymagają zastosowania wysoko zaawansowanych technologicznie systemów o działaniu komplementarnym.

BIBLIOGRAFIA

- Fellner A., Mańka A.: *Safety and security in transport with using UAV (drone)*, materiały publikowane „Mezinárodní konferenci Aplikace simulátorů ve výcviku leteckých specialistů”, Ostrava – Mošnov 2015;
- DOC 9859 - *Podręcznik zarządzania bezpieczeństwem-SMSM, Safety Management Manual (SMM)*, IIIrd Edition, 2015;
- International Civil Aviation Organization, ICAO – Annex 19, *Integrated Safety Management*, 24 September 2013;
- Szymański P., Sosin F., Ochwat R., Włodarczyk M. Prezentacja konferencji *Bezpieczeństwa w Lotnictwie Cywilnym* pt. "Czy latamy bezpiecznie?" - Urząd Lotnictwa Cywilnego - 27 października 2015;
- Fellner R., Mańka A.: Kursy operatorów bezzałogowych statków powietrznych - "prawo jazdy na drony (UAV)", www.bsp.2ap.pl, www.ktl.polsl.pl, Katowice, listopad, 2015;
- Fellner R.: *Koniec wolnoamerykanki na europejskim niebie. UE bierze się za drony* <http://www.psz.pl/127-unia-europejska/radoslaw-fellner-koniec-wolnoamerykanki-na-europejskim-niebie-ue-bierze-sie-za-drony>, 15 wrzesień 2015;
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 26 marca 2013 r. w sprawie wyłączenia zastosowania niektórych przepisów ustawy – Prawo lotnicze do niektórych rodzajów statków powietrznych oraz określenia warunków i wymagań dotyczących używania tych statków, które częściowo określa zasady wykonywania lotów;
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 3 czerwca 2013 r. w sprawie świadectw kwalifikacji, które określa zasady licencjonowania osób wykonujących loty bezzałogowe;
- Urząd Lotnictwa Cywilnego, <http://www.ulc.gov.pl/pl/uav>, Warszawa, 08.11.2015;
- Katedra Technologii Lotniczych Wydział Transportu Politechniki Śląskiej, www.bsp.2ap.pl, Katowice, 2015.11.08;
- Fellner A., Mańka A.: *Możliwości wykorzystania FMEA do analizy ryzyka w energetyce*, Problemy Transportu, ISSN 1896-0596, Katowice, 2015 – przyjęte do druku;
- Fellner A., Mańka A.: *Dobre praktyki analizy ryzyka w transporcie i możliwości dostosowania metody FMEA*, Problemy Transportu, ISSN 1896-0596, Katowice, 2015 – przyjęte do druku.

RISK ANALYSIS ARISING FROM USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES (DRONES)

Abstract

The article presents the classification of UAVs - unmanned aerial vehicles (drones), taking into account the risks they generate and the possibility of their detection in protected areas. The article presents also the most significant risks associated with the BSP and result of risk analysis with using the FMEA method.

Autorzy:

dr hab. inż. naw. **Andrzej Fellner** – Katedra Technologii Lotniczych Wydział Transportu Politechnika Śląska, andrzej.fellner@polsl.pl
dr inż. **Adam Mańka** – Katedra Technologii Lotniczych Wydział Transportu Politechnika Śląska, adam.manka@polsl.pl
dr inż. **Ilona Mańka** – firma Automatix Sp. z o.o. Katowice, ul. Ligocka 103, i.manka@automatix.com.pl