

ĆWIKLAK Janusz¹

Wymogi certyfikacyjne statków powietrznych w aspekcie kolizji z ptakami

WSTĘP

Jak wskazują wnioski z przeprowadzonych analiz, jednym z czynników, który znacząco wpływa negatywnie na bezpieczeństwo lotów, jest potencjalna możliwość kolizji statków powietrznych z ptakami, szczególnie na lotnisku i w jego pobliżu [10,13].

Z literatury związanej z przedmiotem badań wynika, że straty występujące w tego typu zdarzeniach osiągają wartość setek milionów dolarów rocznie (dane FAA), nie licząc ofiar ludzkich, których nie da się zmierzyć żadną miarą [11,16]. Pomimo stosowania różnorodnych metod, mających na celu minimalizowanie możliwości kolizji statków powietrznych z ptakami, okazuje się, że oferowane sposoby nie dają oczekiwanych rezultatów [2,10]. Dlatego rozważany problem w dalszym ciągu jest otwarty i wymaga kontynuacji badań.

Kolizje z ptakami towarzyszą lotnictwu od początków jego istnienia. W początkowym okresie, gdy intensywność lotów była niewielka, a samoloty osiągały niewielkie prędkości, kolizje z ptakami nie stwarzały istotnego zagrożenia. Wraz z rozwojem lotnictwa wzrosła prędkość samolotów, co wiązało się z rosnącą liczbą wypadków lotniczych spowodowanych kolizjami z ptakami. Szczególnie wprowadzenie samolotów o napędzie odrzutowym wpłynęło na pogorszenie wskaźników bezpieczeństwa, gdyż ptaki są szczególnie groźne dla tego rodzaju silników [10]. Dodatkowym czynnikiem zwiększającym możliwość zderzenia samolotu z ptakami jest coraz mniejsza hałaśliwość silników lotniczych, ponieważ ptaki mają mniejszą możliwość zauważenia zagrożenia i uniknięcia kolizji.

Od roku 1960, wskutek zderzenia z ptakami, około 400 samolotów uległo katastrofom, w których zginęło 370 osób [11,16]. Jak wynika z analiz wrażliwe na uszkodzenia, wywołane przez ptaki, są również samoloty wojskowe, szczególnie jednosilnikowe poruszające się z dużymi prędkościami na małej wysokości oraz w fazie startu, lądowania, gdzie prawdopodobieństwo zderzenia z ptakiem jest bardzo wysokie. Uszkodzeniu ulegają różne elementy statku powietrznego takie jak: skrzydło, kadłub, usterzenie, silnik czy oszklenie kabiny. Okazuje się, że uszkodzenie silnika oraz przebicie oszklenia kabiny należą do zdarzeń bardzo niebezpiecznych. W następstwie wpadnięcia ptaka do silnika może nastąpić jego wyłączenie [15], natomiast po przebicciu oszklenia kabiny, istnieje bezpośrednie zagrożenie poważnego zranienia pilota uniemożliwiającego dalsze pilotowanie statku powietrznego. Jak wynika z analizy literatury przedmiotu badań [11] większość uszkodzeń oszklenia kabiny nastąpiło w kategorii samolotów i śmigłowców małych, dla których nie określono żadnych wymogów. Jak wynika ze statystyk, problematyka zderzeń statków powietrznych z ptakami dotyczy również lotnictwa wojskowego [10,15].

Dlatego, wydaje się zasadne przeprowadzenie analizy obecnie obowiązujących wymagań certyfikacyjnych dotyczących zdolności do lotu w aspekcie kolizji z ptakami oraz wskazać sytuacje, w których nie określono wymagań w tym względzie.

Ogólnie wymagania te określają FAA (ang. Federal Aviation Authority) w USA i EASA (ang. European Aviation Safety Agency) w Europie w takich dokumentach jak: Federal Airworthiness Regulations (FARs) oraz Certification Specifications (CS) [16]. Należy zaznaczyć, że wymienione organizacje dążą do ujednoczenia wymogów certyfikacyjnych związanych ze zdolnością statków powietrznych po zderzeniu z ptakami.

¹ Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych, Wydział Lotnictwa; 08-521 Dęblin, ul. Dywizjonu 303/35, tel: +48 81 551-74-23, fax: +48 81 551-74-17, e-mail: jcwiklak@wp.pl

1. CHARAKTERYSTYKA WYMOGÓW CERTYFIKACYJNYCH FAA I EASA

W grudniu 1991 r. ECC (European Community Commission) przyjęła wymagania JAR jako wyłączne źródło przepisów lotnictwa cywilnego obowiązujące w Unii Europejskiej. Rezultatem współpracy FAA i JAA było przyjęcie tej samej numeracji co w FAR podstawowych wymagań JAR [16].

Ogólnie daje się zauważyć tendencje do wprowadzenia wymagań certyfikacyjnych wymienionych organizacji w krajach poza Unią Europejską czy USA. Takim przykładem może być Rosja, w której nadzór lotniczy (MAK) do swoich przepisów zaadoptował wymogi FAR. Podobnie postąpiły Chiny czy Brazylia. Należy również wspomnieć o krajach zrzeszonych w JAA, które starają się zharmonizować wymogi do wymogów EASA [11].

1.1. Podział statków powietrznych na kategorie

Zakres przedmiotowej analizy obejmuje wymogi certyfikacyjne w aspekcie zagrożeń dla konstrukcji statku powietrznego (w tym oszklenia kabiny pilotów) i systemów, wyłączając silniki i śmigła. Zgodnie z dokumentami normatywnymi CS i FARs (EASA i FAA) statki powietrzne podzielono na następujące kategorie.

- samoloty lekkie: normalne, użytkowe, akrobacyjne, transportu lokalnego ("CS-23") [4,14],
- duże samoloty z napędem turbinowym ("CS-25") [5,14],
- małe śmigłowce ("CS-27") [6,14],
- duże śmigłowce ("CS-29") [7,14].

Powyższy podział odnosi się do EASA wg certyfikacyjnej specyfikacji CS. W poniższej tabeli przedstawiono porównanie kategorii statków powietrznych EASA i FAA.

Tab. 1. Porównanie kategorii statków powietrznych EASA i FAA [11]

EASA		FAA			
CS-23	Samolot lekki: normalny, użytkowy, akrobacyjny, transportu lokalnego	MTOW: 5,670 kg (12,500 lb) lub mniejszy 9 siedzeń lub mniej wyłączając pilotów Transportu lokalnego: samolot śmigłowy dwusilnikowy MTOW: 8,618 kg (19,000 lb) lub mniej 19 siedzeń lub mniej wyłączając pilotów	Pt 23	Samolot lekki: normalny, użytkowy, akrobacyjny, transportu lokalnego	MTOW: 12,500 lb lub mniejszy 9 siedzeń lub mniej wyłączając pilotów Transport lokalnego: samolot śmigłowy wielosilnikowy MTOW: 19,000 lb or less. 19 siedzeń lub mniej wyłączając pilotów
CS-25	Samolot duży turbinowy	MTOW: >5,670 kg (12,500 lb)	Pt 25	Samolot transportowy	MTOW >12,500 lb
CS-27	Śmigłowiec mały	3,175 kg (7,000 lbs) lub mniejszy siedzenia dla 9 pasażerów lub mniej	Pt 27	Śmigłowiec normalny	MTOW: 7,000 lbs lub mniejszy 9 lub mniej siedzeń
CS-29	Śmigłowiec duży	Kat A – masa większa niż 9,072 kg (20,000 funtów) oraz 10 lub więcej siedzeń dla pasażerów Kat B - inne	Pt 29	Śmigłowiec transportowy	Kat A – masa większa niż 20,000 lb oraz 10 lub więcej siedzeń dla pasażerów Kat B - inne

Statki powietrzne podzielono na różne kategorie dla określenia odpowiednich wymagań zdatości do lotu. Jak wynika z tabeli, nazwy kategorii są różne wg EASA i FAA to jednak są one zdefiniowane identycznie. Należy podkreślić, że zarówno FAA, jak i EASA nie określiła szczegółowo wymagań dla bardzo lekkich samolotów i śmigłowców [8,9].

Każda z organizacji lotniczych w ramach opracowanych przez siebie przepisów zawarła odpowiednie wymagania określające niezbędny poziom odporności konstrukcji płatowców i silników na zderzenie z ptakiem.

Zgodnie z przytoczonymi przepisami należy empirycznie udowodnić zdolność do kontynuowania lotu samolotów cywilnych i wojskowych za pomocą demonstracji dokumentujących spełnienie wymagań. Dlatego też przed dopuszczeniem do eksploatacji nowego typu samolotów konieczne jest wykonanie określonych w normach badań odporności na uderzenie elementów konstrukcji płatowca. Badania prowadzone są na specjalnie zaprojektowanych do tego stanowiskach, umożliwiających miotanie ptaków lub ich sztucznych odpowiedników o odpowiedniej masie z wymaganą prędkością w kierunku badanej struktury [3, 16]. Jest to tzw. „próba ptaka” (bird test) wykonywana zgodnie z zaleceniami zawartymi w przepisach FAR.

1.2. Wymagania certyfikacyjne dla kategorii CS-25/FAR Part 25 – samoloty duże turbinowe/samoloty transportowe

Wymagania FAA i EASA dla tej kategorii statków powietrznych, która obejmuje komercyjne samoloty pasażerskie, brzmią nieco inaczej, ale są praktycznie takie same. Konstrukcja samolotu powinna zapewnić kontynuację bezpiecznego lotu i lądowanie po zderzeniu z ptakiem o masie 1,82 kg (4 lb) przy prędkości przelotowej (V_C) na poziomie morza lub $0,85 V_C$ na wysokości 8000 stóp (2438 m), w zależności, który z nich jest najbardziej krytycznym. Ponadto oszklenie kabiny pilotów wraz z ramą konstrukcyjną muszą być odporne na zderzenie bez penetracji lub fragmentacji w warunkach jak wcześniej wymieniono.

Dla krawędzi natarcia skrzydeł lub usterzenia ogonowego wymagane jest, aby nawet w przypadku penetracji poszycia nie powstały uszkodzenia krytyczne w innych elementach struktury skrzydła i usterzenia. Samolot lecący się z prędkością przelotową V_C po uderzeniu ptakiem o masie 1,8 kg w krawędź natarcia skrzydła lub ptakiem o masie 3,6 kg w krawędź natarcia usterzenia ogonowego musi bezpiecznie kontynuować lot i wykonać lądowanie [5].

Istnieją subtelne różnice pomiędzy wymaganiami FAA i EASA, CS-25 wymaga, że w przypadku otwieralnego okna można wykazać, że po zderzenia z ptakiem 1,8 kg przy prędkości przelotowej V_C pozostaje część powierzchni wystarczająco przejrzystej do kontynuowania lotu. Nie ma takiego wymogu w FAR.

Natomiast FAR posiada dodatkowy wymóg, że konstrukcja usterzenia powinna wytrzymać wpływ kolizji z ptakiem o masie 8lb przy prędkości przelotowej. CS-25 nie posiada odrębnej wymogu dla usterzenia ogonowego, które jest w związku z tym objęte ogólnym wymogiem strukturalnym 4 lb przy V_C . Jest to najbardziej znacząca różnica między wymaganiami europejskimi i amerykańskimi.

Wymóg ten był wynikiem wypadku lotniczego w 1962 roku, w którym nastąpiło zderzenie samolotu Vickers Viscount z łabędziem (średnia waga 6 kg). W wyniku uszkodzenia konstrukcji uległo awarii sterowanie samolotem, w następstwie tego zginęło 17 osób będących na pokładzie. Wymóg ten nie został przyjęty zarówno przez JAR ani przez CS 26.631. W związku z tym przepisy europejskie nadal dotyczą masy ptaka 4 lb dla całego samolotu [5].

1.3. Wymagania certyfikacyjne dla kategorii CS-29 / FAR Part 29 – śmigłowce duże

Wymagania FAA i EASA dla dużego śmigłowca są identyczne. Śmigłowiec duży musi być tak zaprojektowany, aby zapewnić bezpieczne kontynuowanie lotu i lądowanie (kat A) lub bezpieczne lądowanie (kat B) po zderzeniu z jednym ptakiem o masie 1 kg przy maksymalnej bezpiecznej prędkości lotu w locie poziomym (V_H) lub prędkości dopuszczalnej (V_{NE}) na wysokościach do 8000 stóp.

Dla silników turbinowych i turbowentylatorowych pochłonięcie małego ptaka o masie do 0,9 kg przy prędkości wzdłuż toru lotu równej V_C na poziomie morza lub $0,85V_C$ na wysokości 8000 stóp nie

może spowodować spadku mocy większego niż 25%. Dla dużych ptaków o masie 1,8 kg musi zostać udowodnione, że silnik może być bezpiecznie wyłączony z odcięciem zasilania. Wlot silnika musi również wytrzymać uderzenie ptaka o masie 1,8 kg bez uszkodzenia elementów krytycznych [7].

Wyraźnie należy podkreślić, że zarówno przepisy PART, jak i FAR nie zawierają wymagań dotyczących kolizji z ptakami dla takich klas samolotów jak normalna, użytkowa i akrobacyjna. Natomiast przepisy te określają jedynie wymogi odnośnie oszklenia kabiny i odbiornika ciśnień powietrznych dla samolotów transportu lokalnego. W samolocie tego typu oszklenie musi wytrzymać (bez penetracji) pojedyncze uderzenie ptaka o masie 0,91 kg przy maksymalnej prędkości podejścia do lądowania z wypuszczonymi klapami. Dlatego, wymagania dla samolotów lokalnego transportu są mniej rygorystyczne niż CS-25 odnośnie oszklenia kabiny (masa ptaka do 0,91 kg przy prędkości V_{FE} , a nie masa ptaka 1,82 kg przy prędkości przelotowej jak dla samolotów dużych. Natomiast nie ma wymagań dla pozostałych samolotów. Fakt ten zwiększa prawdopodobieństwo uszkodzenia szczególnie samolotów transport lokalnego, ponieważ one często operują w przestrzeni niekontrolowanej na małych wysokościach, gdzie zderzenia są bardziej prawdopodobne.

Zatem wydaje się, że ryzyko dla pasażerów samolotu tej kategorii jest wyższe, a różnica w akceptowalnym poziomie ryzyka, również wydaje się nieco nietypowa zważywszy, że rozróżnienie w klasyfikacji pomiędzy samolotami kategorii CS-23 i operującymi w ruchu lokalnym kategorii CS-25 nie zawsze jest oczywiste dla pasażera. Pojawienie się samolotów w tej kategorii z wysokimi prędkościami przelotowymi (np. bardzo lekkich samolotów odrzutowych) może również zwiększać ryzyko. Samoloty te operują na znacznie większych prędkościach niż w większości samoloty lotnictwa ogólnego. Dlatego prawdopodobieństwo większego uszkodzenia spowodowane kolizją z ptakami będzie wyższe.

Reasumując należy stwierdzić, że przepisy FAA i EASA dla małych śmigłowców (CS-27 / FAR Part 27) nie zawierają żadnych wymogów dotyczących ochrony przed kolizjami z ptakami [6]. Również istotnym jest zauważyć, że Ani FAA ani EASA przepisy (AMC acceptable means of compliance) nie zawierają żadnych wymagań odnośnie wpadnięcia w silnik stada ptaków. Tym bardziej, że takie wielokrotne zderzenie może doprowadzić do uszkodzenia zarówno, wlotu, sprężarki oraz innych elementów silnika, co może grozić jego wyłączeniem z pracy. Z analizy literatury przedmiotu badań wynika, że obecnie nie są prowadzone analizy systemów certyfikacji i badania modelowania tego zjawiska.

2. ENERGIA KINETYCZNA ZDERZENIA

Większość szczególnych wymogów certyfikacyjnych dotyczących kolizji statków powietrznych z ptakami obejmuje masę ptaków i prędkości uderzenia związane z parametrami osiągow samolotów (np V_C lub V_{FE}). Energia zderzenia ptaka z samolotem może być stosowana jako wskaźnik potencjału do strukturalnego uszkodzenia samolotu. Wydaje się zasadne przeanalizować przepisy w zakresie energii zderzenia samolotu z ptakami, w granicach kryteriów certyfikacji. Do określenia wymogów w tym obszarze przyjęto dla uproszczenia, że energia kinetyczna (E_k) będąca wynikiem kolizji jest określona wyrażeniem:

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

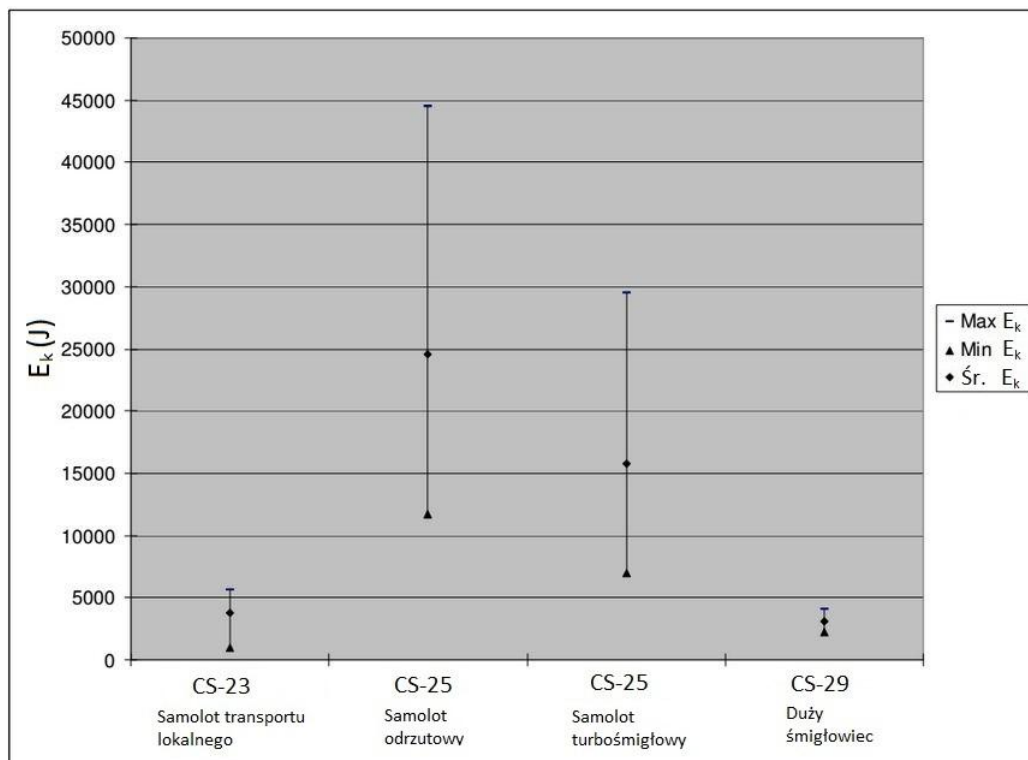
gdzie:

m – masa ptaka,

v – prędkość uderzenia (prędkość względna pomiędzy samolotem a ptakiem).

Należy zaznaczyć, że nie wszystkie kategorie statków powietrznych posiadają wymogi certyfikacyjne odnośnie wartości energii kinetycznej podczas kolizji.

Poniższy rysunek prezentuje rozkład wartości energii kinetycznej w zależności od kategorii statku powietrznego. Do opracowania poniższego wykresu wykorzystano dane z bazy danych EUROCONTROL (Aircraft Performance Database) oraz z bazy danych FAA i EASA (Type Certification Data Sheet (TCDS) [11].



Rys. 1. Rozkład wartości energii kinetycznej wymagań certyfikacyjnych w zależności od kategorii statku powietrznego [11]

Jak wynika z przedstawionego wykresu, duże zakresy energii kinetycznej w obrębie każdej kategorii są skutkiem kwadratu prędkości przyjętej do certyfikacji. Widoczne są różnice pomiędzy różnymi typami statków powietrznych w ramach podkategorii takich jak CS-25 samolot odrzutowy i turbośmigłowy.

Okazuje się, że energia kinetyczna jest lepszym wskaźnikiem prawdopodobieństwa uszkodzenia niż masa ptaków. Część kolizji z energią kinetyczną powyżej wartości certyfikacji wydaje się być użytecznym wskaźnikiem bezpieczeństwa. Aktualna wartość dla samolotów kategorii CS-25 wynosi około 0,3%. Wymogi certyfikacyjne w kategorii CS-23 dla samolotów transportu lokalnego i CS-29 dla dużych śmigłowców transportowych skutkować może większym udziałem kolizji (5-11%) powyżej bieżącej wartości energii kinetycznej wynikającej z certyfikatu. Z pewnością fakt ten jest niepożądany i ujemnie wpływa na poziom bezpieczeństwa lotów.

W 50% wszystkich wypadków uszkodzeniu uległa osłona kabiny wraz z jej przebicciem, co może spowodować bezpośrednie zagrożenie zdrowia a nawet życia załogi. Szczegółowa analiza tych przypadków wykazała silną korelację pomiędzy oddziaływaniem energii kinetycznej, wymogami certyfikacyjnymi a prawdopodobieństwem uszkodzenia. Z tego powodu zwiększenie wymagań certyfikacyjnych może być efektywne w obniżaniu prawdopodobieństwa skutków kolizji.

W celu prezentacji rozkładu liczby kolizji, uszkodzeń w zależności od kategorii statku powietrznego EASA statki powietrzne podzielono na 8 kategorii. Jak wynika z danych w tabeli 2 zauważyć, że istnieje bezpośredni związek pomiędzy rodzajem statków powietrznych a odsetkiem zgłoszonych kolizji powodujących uszkodzenia. Analizując dane zawarte w tabeli, okazuje się, że największą liczbę kolizji (7266) odnotowano w kategorii samolot duży, odrzutowy. Uszkodzenia będące wynikiem zderzeń są znacznie mniej prawdopodobne dla statków powietrznych, które są przedmiotem kompleksowych wymagań certyfikacyjnych odnośnie zderzeń z ptakami (kategorii 5, 6 i 8).

Jednak wydaje się zasadne podkreślić, że piloci samolotów transportowych mogą być bardziej skłonni do zgłaszania zdarzeń, które nie powodują uszkodzeń, co statystycznie zmienia ogląd problemu.

Tab. 2. Klasyfikacja statków powietrznych w zależności od kategorii EASA [11]

Kategoria statku powietrznego	Kategoria wg EASA	Klasyfikacja SP wg kategorii	Liczba zdarzeń	% uszkodzeń
1	C 23	Samolot normalny, użytkowy, akrobacyjny (śmigłowy)	1369	34.6%
2	CS-23	Samolot normalny, użytkowy, akrobacyjny (odrzutowy)	72	29.2%
3	CS-23	Samolot transportu lokalnego	418	27.5%
4	CS-23	Samolot odrzutowy, komercyjny	226	26.6%
5	CS-25	Samolot duży(śmigłowy)	1375	8.7%
6	CS-25	Samolot duży (odrzutowy)	7266	9.3%
7	CS-27	Śmigłowiec mały normalny, użytkowy, akrobacyjny	65	49.2%
8	CS-29	Śmigłowiec duży	128	14.1%

Tym bardziej, że w kategorii 7 małych śmigłowców zgłoszono tylko 65 zdarzeń, w których połowa dotyczyła uszkodzeń. Dlatego jest bardzo prawdopodobne, że wielu zdarzeń nie zgłoszono, w których nie było uszkodzeń. Reasumując, największy procent uszkodzeń odnotowano w kategorii 7 – śmigłowiec mały. Dane te oparto na najmniejszej liczbie raportów (65), nie mniej jednak może to wskazywać szczególne zagrożenie dla tej kategorii śmigłowca. Należy zaznaczyć, że dla tej kategorii nie określono żadnych wymagań certyfikacyjnych odnośnie kolizji z ptakami.

Należy podkreślić, że niektóre samoloty mają stosunkowo małą prędkość przelotową V_C poniżej 8000 stóp, która rośnie powyżej tej wysokości. Prowadzi to do niższej wartości certyfikacji energii kinetycznej, tym samym zwiększa prawdopodobieństwo uszkodzenia, ponieważ większej prędkości towarzyszy większa wartość energii kinetycznej, która w wielu przypadkach przekracza maksymalną wartość wynikającą z wymagań certyfikacyjnych. Tym samym, szczególnie przy wyższych prędkościach powyżej 8000 stóp stosując energię kinetyczną jako wyznacznik prawdopodobieństwa uszkodzeń, oznacza narażenie na zwiększone ryzyko uszkodzenia tego typu samolotów.

3. ANALIZA KOLIZJI ZWIĄZANYCH Z UDERZENIEM PTAKA W OSZKLENIE KABINY PILOTA

W związku z brakiem wymagań certyfikacyjnych dla małych śmigłowców szczególnie dotyczących oszklwienia kabiny wydaje się zasadne dokonać analizy statystyki zdarzeń dotyczących tej problematyki.

Tab. 3. Podział kolizji z ptakami w zależności od kategorii i masy ptaka [11]

Kategoria SP	Masa ptaka (kg)					
	< 0.1	< 0.45	< 0.9	< 1.8	< 3.6	> 3.6
1	11.1% (36)	5.1% (78)	23.1% (26)	34.5% (29)	64.3% (42)	54.5% (11)
2	0% (3)	0% (5)	- (-)	0% (1)	66.7% (3)	- (-)
3	0% (20)	0% (19)	0% (6)	60.0% (10)	33.3% (12)	50.0% (2)
4	4.8% (21)	5.3% (19)	0% (1)	22.2% (9)	66.7% (6)	100.0% (1)
5	1.7% (121)	4.1% (121)	13.6% (22)	8.7% (23)	75.0% (8)	33.3% (6)
6	1.0% (797)	2.1% (664)	9.2% (130)	13.2% (136)	45.6% (90)	37.5% (16)
7	0% (1)	100.0% (2)	0% (1)	100.0% (2)	0.0% (1)	- (-)
8	0% (3)	0% (4)	50.0% (2)	100.0% (2)	- (-)	- (-)

W tabeli nr 3 zestawiono dane dotyczące ilości zderzeń, w których doszło do uszkodzenia oszklenia, bądź nie, w zależności od masy ptaka i kategorii statku powietrznego. Jak wynika z danych prezentowanych w tabeli, potwierdzają one oczywisty fakt, że większa masa ptaka wpływa na większe prawdopodobieństwo uszkodzenia oszklenia. Istotnym jest zauważyć, że dla samolotów kategorii 1 (CS-23 normalny / użytkowy / akrobacyjny), dla których nie ma wymagań certyfikacyjnych odnośnie szyb przednich odnotowano najwyższy odsetek uszkodzeń we wszystkich kategoriach masy ptaka. Natomiast kategorie z wymaganiami certyfikacji (kategoria 3, CS-23, samolot transportu lokalnego i kategorie od 4 do 6, CS-25 duży samolot transportowy) na ogół wykazują niższe wskaźniki uszkodzeń. Ponadto trudno odnieść się do kategorii 7 – małych śmigłowców ze względu na brak danych dotyczących wpływu masy ptaka na odsetek uszkodzeń.

Kolejne zestawienie dotyczy danych zawartych w poprzedniej tabeli w aspekcie wpływu energii kinetycznej na odsetek uszkodzeń w zależności od kategorii statku powietrznego. Z prezentowanych danych wynika, że ryzyko uszkodzenia zwiększa się wraz rosnącą wartością energii zderzenia.

Tab. 4. Podział kolizji z ptakami w zależności od kategorii statku powietrznego i masy ptaka [11]

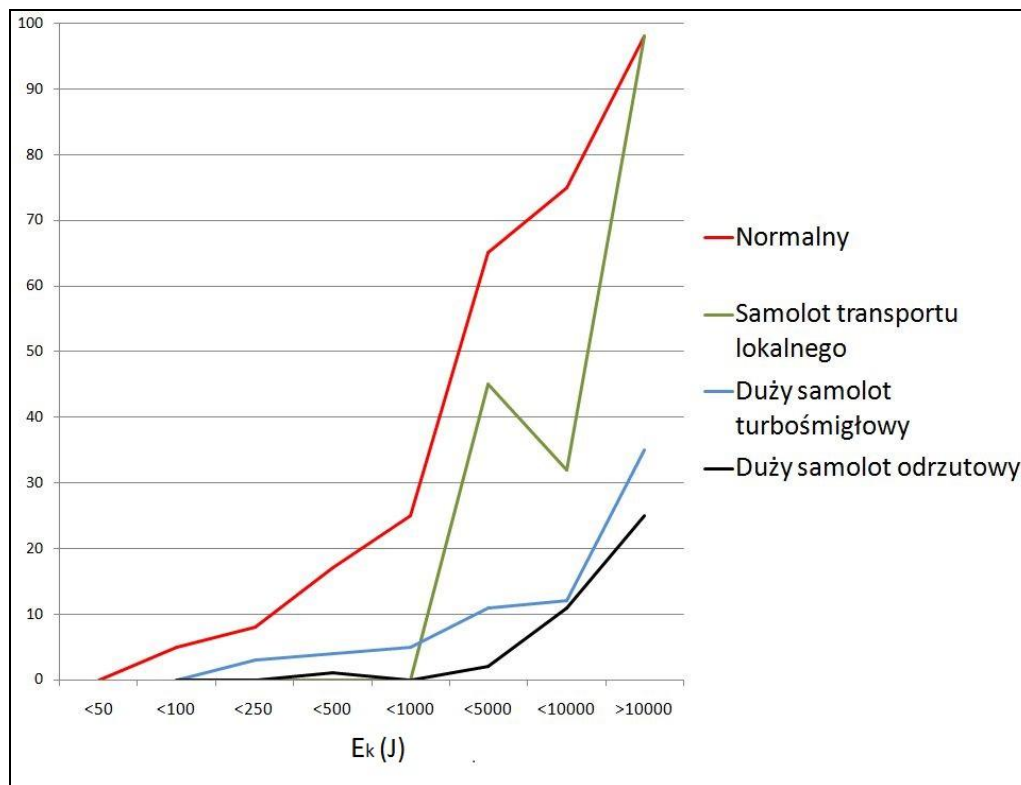
Kategoria statku powietrznego	Energia kinetyczna zderzenia (Joules)							
	<50	<100	<250	<500	<1000	<5000	<10000	>10000
1	0% (35)	4.8%	8.6% (58)	18.2%	26.3% (19)	65.4% (52)	75% (20)	100% (2)
2	- (-)	- (-)	0% (3)	0% (1)	100% (1)	0% (1)	0% (1)	0% (1)
3	0% (5)	0% (4)	0% (23)	0% (6)	0% (8)	45.5% (11)	33.3% (6)	100% (2)
4	0% (2)	0% (2)	0% (13)	0% (3)	0% (3)	50% (4)	50% (2)	0% (1)
5	0% (36)	0% (28)	2.2% (45)	3.1% (32)	6.3% (32)	11.5% (26)	12.5% (8)	37.5% (8)
6	0% (138)	0% (121)	0.6% (330)	1.1% (188)	0% (140)	1.9% (160)	11.4% (35)	27.0% (37)
7	0% (5)	0% (1)	50% (6)	100% (2)	100% (5)	92.3% (13)	100% (2)	- (-)
8	0% (11)	- (-)	0% (3)	0% (1)	0% (3)	50% (4)	100% (2)	- (-)

Ze względu na ograniczone dane w kategorii 7, małych helikopterów (CS-27) należy je traktować z uwagą ze statystycznego punktu widzenia. Nie mniej jednak w tej kategorii począwszy od wartości energii kinetycznej ponad 250 Joules uszkodzenia nastąpiły prawie we wszystkich przypadkach kolizji. Przykładem tego może być kompletne rozbicie oszklenia kabiny śmigłowca pogotowia ratunkowego. Wypadek ten miał miejsce na śmigłowcu Bell w stanie Arkansas w USA.



Fot. 1. Kolizja śmigłowca Bell 405 ze stadem gołębi [17]

Podobnie sprawa się przedstawia dla kategorii 1 samolotów normalnych, użytkowych i akrobacyjnych (CS-23), odsetek uszkodzeń wzrasta wraz ze wzrostem energii kinetycznej. Jednak w tej sytuacji mamy do czynienia z dużą większą liczbą odnotowanych zderzeń niż w kategorii 7. Natomiast w kategoriach, w których są określone wymogi certyfikacyjne (3,4,5,7,8) obserwujemy znacznie mniejszy odsetek uszkodzeń oszkleń kabiny.



Rys. 2. Procentowy rozkład uszkodzeń oszkleń kabiny dla różnych kategorii statku powietrznego w zależności od wartości energii kinetycznej [11]

Analizując dane zawarte na powyższym wykresie, znajduje potwierdzenie fakt, że uszkodzenia oszkleń kabiny występują znacznie częściej w kategorii samolotów normalnych oraz przy mniejszych wartościach energii kinetycznej w porównaniu, szczególnie, z samolotami dużymi, natomiast samoloty transportu lokalnego zajmują pośrednie miejsce w tych statystykach.

Reasumując energia kinetyczna jest lepszym wskaźnikiem analizy kolizji z ptakami w aspekcie uszkodzeń niż operowanie tylko masą ptaka. Ponadto wymagania certyfikacyjne wpływają dodatnio na obniżenie prawdopodobieństwa uszkodzenia oszkleń kabiny przy tej samej wartości energii kinetycznej.

4. DYSKUSJA

Jednym z głównych wniosków wynikających z przeprowadzonych analiz jest fakt, że, wymagania certyfikacyjne w klasie samolotów CS-25, i 29 zapewniają obecnie odpowiedni poziom bezpieczeństwa. Jednak istnieją przesłanki, że liczba wypadków może wzrosnąć, spowodowanych przez gatunki o znacznej masie, przez co energia kinetyczna zderzenia powoduje znaczne zniszczenia. Przykładem tego gatunku jest gęś kanadyjska w USA, a w Polsce bocian [10,11]. Konieczność zmniejszenia populacji na i w pobliżu portów lotniczych wymaga stosowania odpowiednich środków i procedur.

W kategorii statków powietrznych CS-23 (z wyłączeniem transportu lokalnego) i CS-27 nie ma obecnie szczególnych wymagań certyfikacyjnych, co znajduje odzwierciedlenie w wyższej ilości wypadków związanych głównie z uderzeniem w oszkleń kabiny wraz z jej przebiciem. Na podstawie statystyki dotychczasowych wypadków, wprowadzenie wymogów wytrzymałości oszkleń

na zderzenie z ptakiem o masie 1 kg przy prędkościach V_{mo} / V_h , tak jak dla kategorii samolotów transportu lokalnego, może znacznie zmniejszyć liczbę wypadków w kategoriach CS-23 i CS-27 odpowiednio o 26% i 66% [11]. Jednak z drugiej strony wprowadzenie takich wymagań spowoduje zwiększenie kosztów finalnego produktu oraz czasu na opracowanie i wdrożenie odpowiednich przepisów. Innym rozwiązaniem może być obowiązkowe stosowanie kasków ochronnych przez załogę oraz innych zabezpieczeń np. w postaci dodatkowych osłon w kabinie pilotów.

Samoloty kategorii CS-25 miały najwyższy wskaźnik zgłoszonych kolizji (186 na milion godzin lotu), oraz najniższy odsetek uszkodzeń (9%), prawdopodobnie z powodu lepszego raportowania wypadków. Natomiast helikoptery w kategorii CS-27 (małe helikoptery) miał najwyższy wskaźnik kolizji (49%), które spowodowały uszkodzenia głównie oszklenia kabiny [11].

Wydaje się zasadne zwrócić uwagę, że 28% kolizji wystąpiło z więcej niż jednym ptakiem. W takich przypadkach prawdopodobieństwo uszkodzenia należy szacować podwójnie niż w przypadku zderzenia z pojedynczym ptakiem. Zarówno przepisy FAA i EASA nie zawierają żadnych wymagań dotyczących zderzeń z wieloma ptakami. Takie wielokrotne uderzenia mogą doprowadzić do bardzo poważnych uszkodzeń konstrukcji statku powietrznego w tym oszklenia kabiny, co może oznaczać, że obecne analizy systemów certyfikacji i badań są niewystarczające do modelowania tego typu scenariusza.

Okazuje się, że energia kinetyczna jest lepszym wskaźnikiem prawdopodobieństwa uszkodzenia niż masa ptaków. Wymogi certyfikacyjne w kategorii CS-23 dla samolotów transportu lokalnego i CS-29 dla dużych śmigłowców transportowych skutkować może większym udziałem kolizji (5-11%) powyżej bieżącej wartości energii kinetycznej wynikającej z certyfikatu. Z pewnością fakt ten jest niepożądany i ujemnie wpływa na poziom bezpieczeństwa lotów.

Z analizowanych wypadków uderzenia w oszklenie kabiny, w ich 50% uszkodzeniu uległa osłona kabiny wraz z jej przebicciem, co może spowodować bezpośrednie zagrożenie zdrowia a nawet życia załogi. Szczegółowa analiza tych przypadków wykazała silną korelację pomiędzy oddziaływaniem energii kinetycznej wymogami certyfikacyjnymi a prawdopodobieństwem uszkodzenia. Z tego powodu zwiększenie wymagań certyfikacyjnych może być efektywne w obniżaniu prawdopodobieństwa skutków kolizji. Tym samym można stwierdzić, że zwiększenie wymagań certyfikacji jest bardzo skutecznym sposobem w zmniejszaniu częstości występowania uszkodzeń.

Jak wynika z analiz zaistniałych wypadków lotniczych zderzeń, ptaki mogą w poważnym stopniu uszkodzić kadłub, oszklenie kabiny wraz z jej całkowitym rozbitciem i przeniknięciem ptaka do kabiny, powodując obrażenia załogi (w tym śmiertelnych) i uszkodzenia elementów awionicznych niezbędnych do kontynuowania lotu. W ostatnich 40 latach obserwujemy znaczące zmiany w materiałach i technologiach stosowane w konstrukcjach lotniczych, systemach sterowania i osprzętu. Przykładem tych zmian jest coraz powszechniejsze stosowanie kompozytów w budowie statków powietrznych. Nie mniej jednak w przeciwieństwie do wymagań certyfikacji silnika, wymagania odnośnie certyfikacji płatowca i oszklenia kabiny pozostały w dużej mierze niezmiennione od początku 1970 roku [1].

Na zakończenie należy wspomnieć, że oprócz obowiązkowych, eksperymentalnych prób wytrzymałościowych przeprowadzanych na stanowiskach laboratoryjnych w celu spełnienia wymagań certyfikacyjnych, istnieją różne metody teoretyczne realizowane w oparciu o odpowiednie modelowanie matematyczne zderzenia [3]. Dlatego, w związku ze stwierdzonym brakiem wymagań certyfikacyjnych dla kategorii samolotów i śmigłowców małych oraz wysokim stopniem uszkodzeń, szczególnie, oszklenia kabiny wydaje się zasadne przeprowadzenie symulacji skutków zderzenia przy pomocy odpowiedniego oprogramowania.

Streszczenie

Jak wskazują wnioski z przeprowadzonych analiz jednym z czynników, który wpływa negatywnie na bezpieczeństwo lotów, jest potencjalna możliwość kolizji statków powietrznych z ptakami, szczególnie na lotnisku i w jego pobliżu. Pomimo stosowania różnorodnych metod, mających na celu minimalizowanie możliwości kolizji statków powietrznych z ptakami, okazuje się, że oferowane sposoby nie dają oczekiwanych rezultatów. Dlatego rozważany problem w dalszym ciągu jest otwarty i wymaga kontynuacji badań. Ponadto z

analizy literatury przedmiotu badań wynika, że niektóre kategorie statków powietrznych nie posiadają żadnych wymogów certyfikacyjnych odnośnie zderzeń z ptakami. Dlatego w niniejszym artykule podjęto próbę analizy wymogów certyfikacyjnych głównych organizacji lotniczych w Europie i w USA odnośnie kolizji statków powietrznych z ptakami.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo lotów, kolizje statków powietrznych z ptakami, wymogi certyfikacyjne statków powietrznych

Aircraft certification requirements in the aspect of bird strikes

Abstract

As it was proved by conclusions of analyses, which were carried out, one of the factor that is significant for flight safety is potential threat of bird strikes, especially at the airport and in its vicinity. Despite the fact that a lot of methods were developed to lessen this threat, it turns out that they are not sufficient enough to bring appropriate results. That is why the problem is still topical and needs to be covered by a series of researches. In addition, the analysis of the research literature shows that some categories of aircraft do not have any certification requirements relating to bird strikes. Therefore, in this paper an attempt to analyze the main certification requirements of aviation organizations in Europe and the United States regarding the bird strikes

BIBLIOGRAFIA

1. Adamski M., Bezzałogowe Statki Powietrzne, cz II, konstrukcja, wyposażenie I eksploatacja, WSOSP, Dęblin 2015
2. Adamski M., Masłowski A., On civil air task and e-training problems of UAV applications, Zeszyty Naukowe AMW 185A/2011 str 7-18
3. Boguszewicz P., Sala., Bird strike, czyli zderzenie z ptakiem, Instytut Lotnictwa, Warszawa 2011
4. Certification Specifications for Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes, CS-23, Amdt 1, 12, 2009
5. Certification Specifications for Large (Turbine Powered) Aeroplanes, CS-25, Amdt 5, 2008
6. Certification Specifications for Small Rotorcraft, CS-27, Amdt 2, 2008
7. Certification Specifications for Large Rotorcraft, CS-29, Amdt 2, 2008
8. Certification Specifications for Very Light Aeroplanes, CS-VLA, Amdt 1, 2009
9. Certification Specifications for Very Light Rotorcraft, CS-VLR, Amdt 1, 5 March 2008
10. Ćwiklak J., Skakuj M., Ziółkowski J., Wildlife Strikes in Polish Air Force, ICAO, World Birdstrike Association & CARSAMPAF Bird/Wildlife Strike Prevention Conference, Santa Fe, Mexico City, Mexico, 20-24 October 2014
11. Dennis L., Lyle D., Bird Strike Damage & Windshield Bird Strike Final Report, EASA 2009, Farnham
12. Kitowski I., Grzywaczewski G., Ćwiklak J., Grzegorzewski M., Krop S. Falconer activities as a bird dispersal tool at Deblin Airfield (E Poland) Transportation Research Part D 16 (2011) 82–86
13. Manual on the ICAO Bird Strike information System (IBIS) Doc. 9332.
14. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 7 sierpnia 2013 r. w sprawie klasyfikacji statków powietrznych, DU poz. 1032, Warszawa 2013
15. Szczepanik R., Szymczak J.: Colisions of military aircraft with birds in the airfield airspace in Poland: Air Force Institute of Technology. International Bird Strike Committee 26th Meeting Proceedings I Warsaw. Poland. Warszawa 2003.
16. Zbrowski A., Kolizje statków powietrznych z ptakami rosnącym zagrożeniem transportu lotniczego, Technika i technologia, BiTP Vol. 36 Issue 4, 2014, pp. 131-140
17. <http://edition.cnn.com/2009/US/01/18/helicopter.bird.strike/index.html>