



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

LETECKÝ ÚSTAV

INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

**ANALÝZA BEZPEČNOSTI PROVOZU LETADEL
PŘI STŘETU S PTÁKY**

AIRCRAFT SAFETY ANALYSIS DUE TO BIRD STRIKES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Patrik Hrotko

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Chlebek, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání bakalářské práce

Ústav: Letecký ústav
Student: **Patrik Hrotko**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojírenství
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Chlebek, Ph.D.**
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Analýza bezpečnosti provozu letadel při střetu s ptáky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Střety letadel s ptáky jsou zaznamenávány od samotného počátku letectví. S nástupem proudového pohonu letadlové techniky se střety letadel s ptáky staly závažným ekonomickým a bezpečnostním problémem. Přestože se dané problematice celosvětově věnuje neustálá pozornost, počet událostí se neustále zvyšuje.

Cíle bakalářské práce:

- 1) charakterizovat předpisové a legislativní požadavky leteckých konstrukcí na odolnost proti střetu s ptáky,
- 2) provést rešerši událostí (spojených se střetem s ptáky) v provozu,
- 3) provést rešerši přístupů a metod aplikovaných k eliminaci těchto událostí,
- 4) navrhnout možné další přístupy.

Seznam doporučené literatury:

Předpis L14, Letecká informační služba ČR 2020.

EASA CS-ADR-DSN 2021.

Doc.9157 Airport design manual Part 4, ICAO 2004.

ICAO EB 2017/25 WILDLIFE STRIKE ANALYSES (IBIS).

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jaroslav Juračka, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Táto bakalárska práca sa zaoberá problematikou stretu lietadiel s vtákmi. Ilustrované sú významné faktory prispievajúce k výskytu stretov, ale aj potenciálnym poškodeniam a dôsledkom na let. Ďalej sú v práci spracované legislatívne dokumenty, špecifikujúce požiadavky leteckých konštrukcií na odolnosť pri strete s vtákmi. Práca tiež poskytuje prehľad súčasných metód, ktoré sa používajú na zabezpečenie biologickej ochrany letísk s cieľom znížiť riziko stretov a venuje pozornosť efektívnosti týchto metód.

Kľúčové slová

biologická ochrana, letisko, letová spôsobilosť, poškodenie, stret lietadla s vtákom

Abstract

This bachelor's thesis deals with the problems of bird strikes. It examines significant factors that contribute to the occurrence of these strikes as well as potential damage to the affected aircraft and on the flight itself. The thesis also looks at legislative documents that specify requirements for the bird strike resistance of aircraft structures. Besides this, it gives an overview of current methods that are employed to ensure biological protection of airports with the aim of reducing the risk of bird strikes and pays attention to the effectiveness of these methods.

Keywords

wildlife management, airport, airworthiness, damage, bird strike

Bibliografické citácie

HROTKO, Patrik. *Analýza bezpečnosti provozu letadel při střetu s ptáky* [online]. Brno, 2022 [cit 2022-05-19]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/143336>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Letecký ústav. Vedoucí práce Jiří Chlebek.

Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že som svoju bakalársku prácu vypracoval samostatne a všetky použité pramene som uviedol v zozname použitých zdrojov.

V Brne dňa: 19. mája 2022

Patrik Hrotko

Pod'akovanie

Ďakujem pánu Ing. Jiřimu Chlebkovi, Ph.D. za cenné rady a pripomienky pri spracovaní tejto bakalárskej práce.

Obsah

ÚVOD	10
1. UDALOSTI SPOJENÉ SO STRETMI S VTÁKMI.....	11
1.1 FAKTORY OVPLYVNÚJÚCE PRAVDEPODOBNOŠŤ STRETU LIETADLA S VTÁKOM	11
1.1.1 Čas v priebehu dňa	12
1.1.2 Mesiac v roku.....	12
1.1.3 Druhy vtákov.....	14
1.1.4 Nadmorská výška	15
1.1.5 Fáza letu	15
1.2 ZÁVAŽNOSŤ STRETU.....	16
1.2.1 Kinetická energia	16
1.2.2 Dôsledky stretu na let.....	17
1.2.3 Zasiahnuté a/alebo poškodené časti lietadla	17
1.3 ZÁVISLOSŤ NA FARBE LIETADLA	19
1.4 ZÁVISLOSŤ NA FARBE NAVIGAČNÉHO SVETLA	20
1.5 ZÁVISLOSŤ NA ŠPIRÁLE NA AERODYNAMICKOM KRYTE NÁBOJA DMYCHADLA.....	20
2. PREHĽAD VÝZNAMNÝCH NEHÔD SPOSOBENÝCH VTÁKMI	22
2.1 NEHODY CIVILNÝCH LIETADIEL	22
2.1.1 Príklad nehody na území ČR.....	23
2.2 HAVÁRIE VOJENSKÝCH LIETADIEL	24
3. POŽIADAVKY LETECKÝCH KONŠTRUKCIÍ	26
3.1 ODOLNOSŤ LETECKÝCH MOTOROV A ICH TESTOVANIA	27
3.1.1 Nasatie jedného veľkého vtáka.....	27
3.1.2 Nasatie veľkého vtáka lietajúceho v krdľoch	28
3.1.3 Nasatie stredne veľkých a malých vtákov.....	29
3.1.4 Test jadra motora pri nasatí vtáka lietajúceho v krdľoch.....	30
3.2 VTOL	31
3.2.1 Zásah jedným vtákom.....	31
3.2.2 Zásah viacerými vtákmi	32
4. BIOLOGICKÁ OCHRANA LETÍSK.....	33
4.1 PREDPISY UPRAVUJÚCE PREVÁDZKU BIOLOGICKEJ OCHRANY LETÍSK	33
4.1.1 Obmedzenie nebezpečenstva stretu so zvermi	34
4.1.2 Ochranné pásma ornitologické.....	35
4.1.3 Poletová informačná služba.....	35
4.2 PASÍVNA BIOLOGICKÁ OCHRANA LETÍSK	36
4.2.1 Atraktivita prostredia letiska	36
4.2.2 Údržba trávnatých plôch.....	37
4.2.3 Údržba vodných plôch	37
4.3 AKTÍVNA BIOLOGICKÁ OCHRANA LETÍSK	38
4.3.1 Pyrotechnické metódy	38
4.3.2 Bioakustické metódy.....	38
4.3.3 Chemické metódy	38
4.3.4 Drony	39

4.3.5	<i>Biologické metódy</i>	40
5.	MOŽNÉ ĎALŠIE POSTUPY	42
	ZÁVER	44
	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	45
	ZOZNAM TABULIEK	49
	ZOZNAM OBRÁZKOV	50
	ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK	51
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV	52
	ZOZNAM PRÍLOH	53

ÚVOD

Aj keď strety lietadiel s vtákmi zaznamenávame od samotného počiatku letectva, nebezpečenstvo, ktoré predstavujú pre lietadlo je stále prítomné. Prvý záznam o strete lietadla s vtákom pochádza už z roku 1905 a prvá nehoda zapríčinená vtákom, s fatálnym následkom pochádza z roku 1912. Od roku 1988 v dôsledku leteckých nehôd zapríčinenými vtákmi zhybnulo viac ako 219 ľudí [1]. Okrem veľkých bezpečnostných problémov strety s vtákmi predstavujú aj značný ekonomický problém. Celkové ročné náklady vynaložené na opravu škôd v dôsledku stretu lietadiel s vtákmi sú odhadované na viac ako 1,2 miliardy USD [2].

Na úvod by som taktiež uviedol čo vlastne stret lietadla s vtákom (bird strike) znamená. Stret lietadla s vtákom je striktné definovaný ako kolízia medzi vtákom a lietadlom počas vzletu, letu alebo pristávania, až do úplného zastavenia lietadla [3].

Aj keď sa celková populácia vtáctva v posledných rokoch v Európe znížila o viac ako 10% [4], počet stretov neustále narastá. Jedným z faktorov prečo tomu tak je, je zvyšujúci sa počet lietadiel v prevádzke, druhým dôvodom je samotné vtáctvo. Niektoré vtáky sa natoľko prispôbili životu v mestskom prostredí, že priestory letiska sú pre nich atraktívnym; iné druhy vtákov zasa v posledných rokoch prenikajú vďaka globálnemu otepľovaniu do oblastí, ktoré pre nich v minulosti nepredstavovali priaznivé podmienky.

Vzhľadom k tomu, že k veľkému množstvu stretov lietadiel s vtákmi dochádza na letisku a v jeho okolí, značný dôraz na eliminovanie čo najväčšieho počtu stretov sa deje práve na letisku. Hlavnú roľu zohráva Biologická ochrana letiska (BiOL), ktorá pozostáva z aktívneho plašenia vtákov ale aj v úprave prostredia letiska. Aby sme vedeli čo najefektívnejšie navrhnúť metódy prevencie, potrebujeme mať dobrú znalosť o faktoroch prispievajúcich k riziku stretov a náležite im porozumieť. K tomu je potrebné nie len konzistentné hlásenie stretov, ale aj spolupráca s ornitológmi.

Cieľom tejto bakalárskej práce je vytvoriť ucelený prehľad a stručnú charakteristiku problematiky stretu lietadiel s vtákmi. V práci sú preberané dôležité faktory ovplyvňujúce prevdepodobnosť stretu. Aj keď k poškodeniu lietadla v mnohých prípadoch nedochádza, je nutné, aby konštrukcia lietadla čo najlepšie odolala stretu s vtákom, preto sú v práci uvedené aj požiadavky leteckých konštrukcií na odolnosť pri strete s vtákmi. Dôležitú úlohu plní biologická ochrana letiskam ktorá si za cieľ kladie v čo najväčšom možnom rozsahu znížiť riziko stretu pomocou dostupných metód a ich kombináciami.

1. UDALOSTI SPOJENÉ SO STRETI S VTÁKMI

Strety medzi lietadlami a vtákmi sa dejú po celom svete. V závislosti na krajine je počet stertov rôzny. Priemerný počet stretov na 10000 letov v porovnávaných krajinách sa nachádza v rozmedzí od 1,61 do 7,76 (Tabuľka 1). Priemerný počet stretov v daných krajinách sa výrazne líši a je daný najmä kvalitou používaných metód prevencie na letiskách.

Tabuľka 1: Priemerný počet stretov s vtákmi na 10000 letov pre rôzne krajiny [5-11]

Krajina	Počet stretov	Obdobie
Austrália	7,76	2008 - 2017
Česká republika	1,61	2011 - 2020
Francúzsko	3,9	2004 - 2013
Japonsko	7,62	2009 - 2016
Spojené kráľovstvo	7,76 (všetky), 4,62 (potvrdené)	2012 - 2016
USA	2,72	2009 - 2020

Z porovnávaných krajín je na tom značne najlepšie Česká republika s priemerným počtom stretov len 1,61, v Prílohe A dokladám vývoj počtu stretov v Českej republike za posledné roky. Naopak najhoršie je na tom Austrália spolu so Spojeným kráľovstvom, ak berieme do úvahy počet všetkých nahlásených stretov, obe krajiny majú zhodne 7,76 stretov.

Toto porovnanie nie je však úplne presné, keďže v každej krajine boli údaje zaznamenané za rôzne obdobia. Napríklad údaje z Francúzska môžu byť v súčasnosti vyššie, keďže počet stretov sa rok čo rok zvyšuje. Taktiež treba brať v ohľad, že nie všetky strety s vtákmi sú pilotmi nahlásené, najmä ak nie je zaznamenaný žiaden následok.

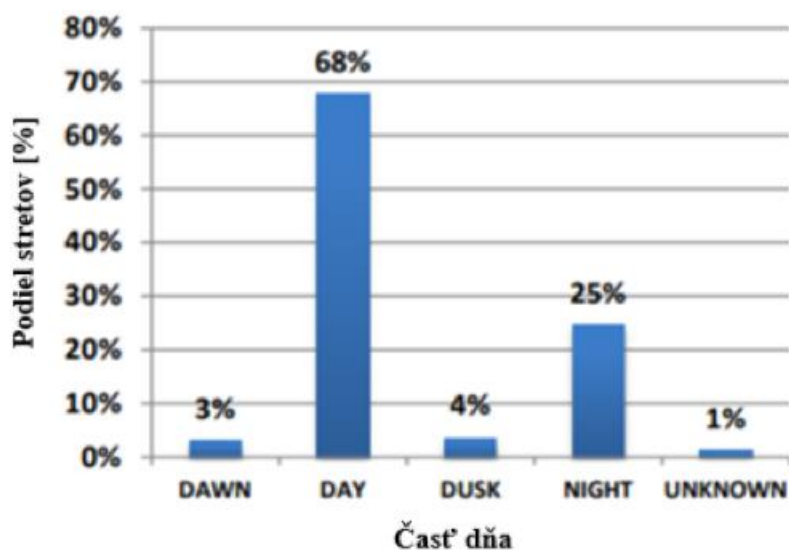
1.1 Faktory ovplyvňujúce pravdepodobnosť stretu lietadla s vtákom

Existuje veľké množstvo faktorov, ktoré majú rôzne veľký vplyv na pravdepodobnosť stretu lietadla s vtákom ako napríklad nadmorská výška, ročné obdobie a podobne.

Väčšina použitých štatistických údajov pochádza zo štúdie vydanou Medzinárodnou organizáciou pre civilné letectvo (ICAO) z roku 2017 [12], ktorá zbierala dáta v rozmedzí rokov 2008 - 2015 z 91 štátov a teritórií sveta. Za toto obdobie bolo nahlásených celkom 97751 v 105 štátoch a teritóriách.

1.1.1 Čas v priebehu dňa

Strety s vtákmi sú zaznamenávané v priebehu celého dňa. K najväčšiemu množstvu stretov dochádza počas dňa, jedná sa až o 68 % všetkých stretov. V priebehu noci bolo zaznamenaných 25 % stretov (Graf 1). Táto skutočnosť nie je prekvapujúca, keďže veľké množstvo druhov vtákov podieľajúcich sa na stretoch s lietadlami je najviac aktívnych počas dňa. Zároveň v priebehu noci je v prevádzke menšie množstvo lietadiel.



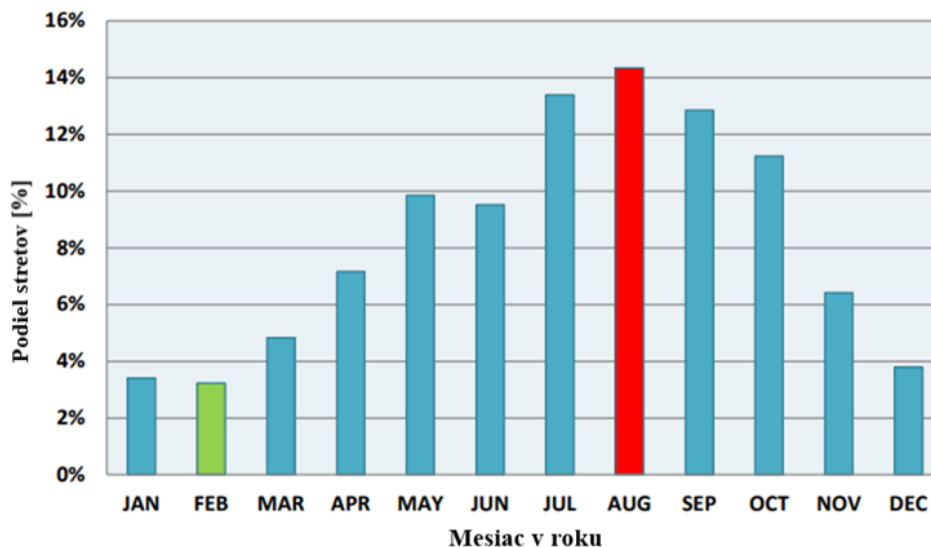
Graf 1: Pravdepodobnosť stretu lietadla s vtákom v závislosti na priebehu dňa [12]

Dawn – Úsvit; Day – Deň; Dusk – Súmrak; Night – noc; Unknown - neznáme

1.1.2 Mesiac v roku

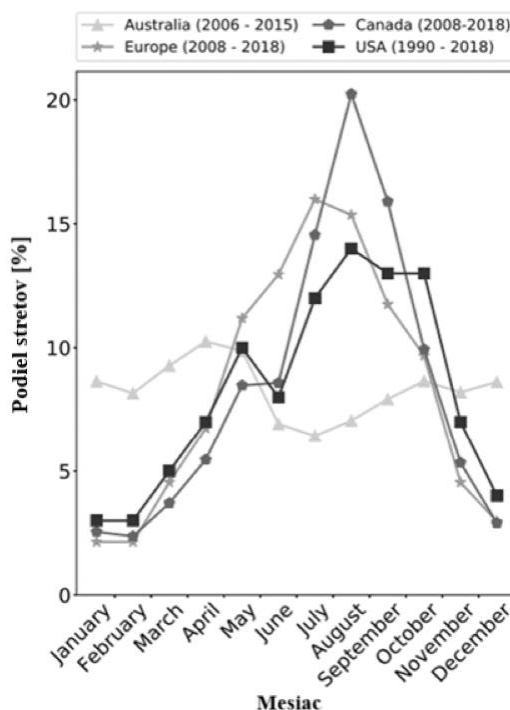
Mesiac v roku je významným faktorom ovplyvňujúcim počet stretov. Relatívne malá pravdepodobnosť stretu je v období zimných mesiacov, len okolo 3%. Absolútne najmenšia pravdepodobnosť bola zaznamenaná vo februári (Graf 2). Pravdepodobnosť sa postupne zvyšuje v období jari v dôsledku zvyšovania teplôt. Tieto podmienky sú priaznivejšie pre väčšie množstvo vtáctva a to sa tak vracia z teplých krajín. Najväčšia pravdepodobnosť stretov je v priebehu letných mesiacov, približne až 4krát vyššia ako v období zimy. Absolútne najvyššia pravdepodobnosť bola zaznamenaná v auguste. Následne opäť dochádza k poklesu pravdepodobnosti z dôvodu migrácie vtáctva do teplých krajín.

Znázornené rozloženie pravdepodobnosti v závislosti na mesiaci v roku výrazne odráža fakt, že veľké množstvo stretov bolo hlásených na severnej pologuli.



Graf 2: Pravdepodobnosť stretu lietadla s vtákom v závislosti na mesiaci v priebehu roka [12]

Graf č. 3 zobrazuje rozloženie pravdepodobnosti v závislosti na mesiaci v roku pre krajiny nachádzajúce sa na južnej a severnej pologuli. Je znateľné, že Kanada, USA a Európa, ktoré sa nachádzajú na severnej pologuli majú podobný priebeh, ktorý odpovedá Grafu č. 2. Naopak Austrália, ktorá sa nachádza na južnej pologuli má rozloženie pravdepodobnosti diametrálne odlišné. Pravdepodobnosť je viacej vyrovnaná, s minimom v období mesiacov máj - august, kedy sú v Austrálii najnižšie teploty.



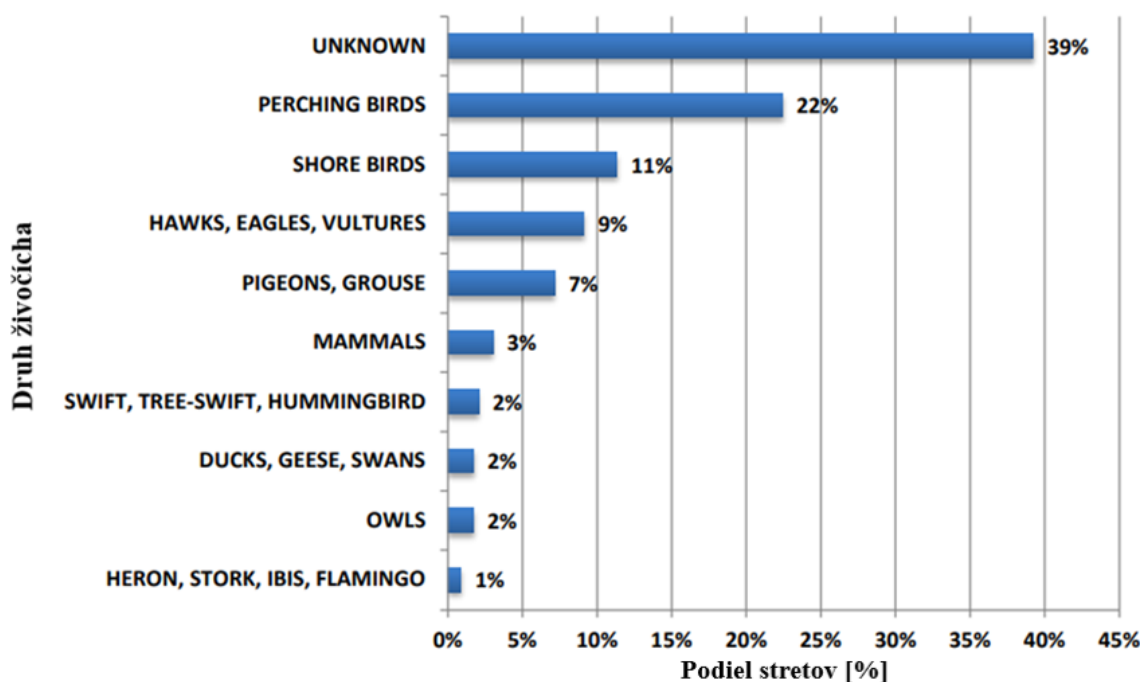
Graf 3: Pravdepodobnosť stretu lietadla s vtákom v závislosti na mesiaci v priebehu roka pre rôzne krajiny [13]

1.1.3 Druhy vtákov

Určenie druhu živočíchov, ktorí sa podieľajú na najväčšom počte stretov s lietadlami je podstatné ako z hľadiska konštrukcie komponentov lietadla, ktoré sú často zasahované, tak aj pre správne nastavenie použitých metód prevencie na letiskách.

Zo všetkých stretov bol druh vtáka identifikovaný iba v 61%. Dominantnou skupinou boli vtáky radu vrabcotvaré, ktorá tvorila až 22 % všetkých identifikovaných stretov (Graf 4), z čoho až 75 % tvorili vrabce, škovránky a škorce. Druhou skupinou je vodné vtáctvo, viac ako 50 % tejto skupiny tvoria čajky a rybáky. Najmä čajky sú zodpovedné za veľké množstvo stretov u ktorých došlo k väčšiemu poškodeniu, pretože zvyknú lietať v krdľoch. Dravé vtáky, najmä orol, jastrab a sokol sú pomerne veľké vtáky a môžu tak spôsobiť veľké škody aj keď nelietajú v krdľoch [15].

Kačky, husi a labute odpovedajú iba 2 % všetkých stretov. Jedná sa však o veľké vtáky, lietajúce v krdľoch a predstavujú tak veľké riziko pre lietadlo. V dôsledku toho sú neúmerne zodpovedné za spôsobené škody v porovnaní s malým počtom zaznamenaných stretov, na ktorých sa zúčastňujú.

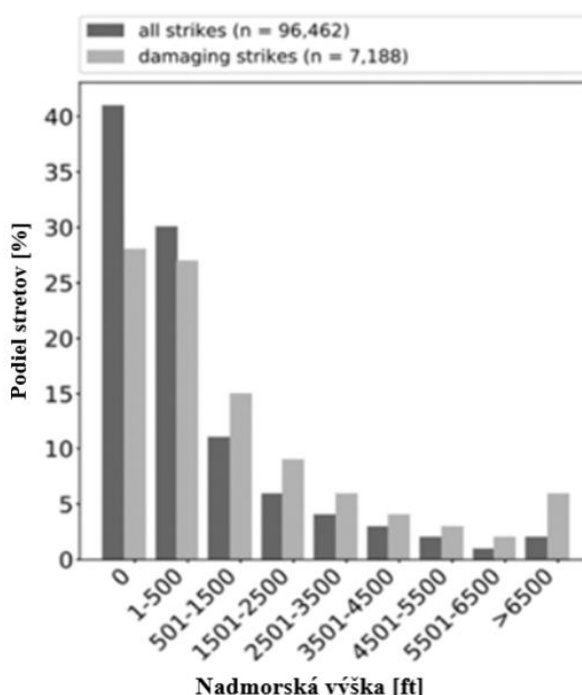


Graf 4: Porovnanie množstva stretov s lietadlami pre rôzne druhy živočíchov [13]

Unknown - neznámy; Perching birds - Vrabcovaré; Shore birds - Vodné vtáctvo; Hawks, Eagles, Vultures - Jastraby, Orly, Supy; Pigeon, Grouse - Holuby, Tetrovy; Mammals - Cicavce; Swift, Tree-swift - Dážďovníkové, Klechovití, Hummingbird - Kolibríkovité; Ducks, Geese, Swans - Kačice, Husi, Labute; Owls - Sovy; Heron, Stork, Ibis, Flamingo - Volavkovité, Bocianovité, Ibisorodé, Plameniaky

1.1.4 Nadmorská výška

Významným faktorom, ktorý má veľký vplyv nie len na počet stretov, ale aj na mieru poškodenia je nadmorská výška. Údaje k tejto štatistike boli vydané Federálnou správou letectva (FAA), kde bolo v rozmedzí rokov 1990 - 2018 zaznamenaných 96462 stretov, u ktorých bola známa nadmorská výška. Najväčšia pravdepodobnosť stretnutia lietadla s vtákom hrozí v malých nadmorských výškach, dokonca 42 % všetkých stretov sa udialo v nulovej nadmorskej výške (Graf 5). 88 % všetkých bolo zaznamenaných vo výške menšej ako 2500 stôp a dokonca 71 % vo výške menšej ako 500 stôp. Pravdepodobnosť sa rastúcou nadmorskou výškou rapídne znižuje, naopak podiel stretov, ktoré spôsobujú škody narastá.



Graf 5: Rozloženie pravdepodobnosti všetkých stretov a stretov, u ktorých došlo k poškodeniu lietadla v závislosti na nadmorskej výške [13]

All strikes - Všetky strety; Damaging strikes - strety, ktoré spôsobili poškodenia

1.1.5 Fáza letu

Fáza letu úzko súvisí s nadmorskou výškou. Štúdia vykonaná Európskou agentúrou pre bezpečnosť letectva (EASA) z roku 2009 [14], ktorá zbierala dáta z Kanady a Spojeného kráľovstva v rozmedzí rokov 1990 - 2007 zistila, že až 96 % všetkých stretov bolo zaznamenaných počas vzletu, počiatočného stúpania, približovania k letisku a pristátia. Všetky tieto fázy prebiehajú v malých nadmorských výškach. Ako je vyobrazené na grafe 5, až 96 % všetkých stretov bolo zaznamenaných počas vzletu,

pristávania a približovania k letisku. Všetky tieto fázy letu prebiehajú v menších nadmorských.

Naopak pravdepodobnosť stretov pri ktorých dochádza k poškodeniu sa s nadmorskou výškou zvyšuje (Tabuľka 2). Počas vzletu a pristátia došlo k poškodeniu iba u 4 % stretov, počas približovania a počiatočného stúpania u 8,5 % stretov. Počas letu bola pravdepodobnosť poškodenia až 34 %. Každopádne, vzhľadom k malému počtu stretov počas letu (44), je aj tak väčšie množstvo stretov, ktoré spôsobia poškodenie počas pristátia a vzletu.

Tabuľka 2: Strety lietadiel s vtákmi a poškodzujúce strety v závislosti na fáze letu [14]

Fáza letu	Počet stretov	Počet stretov s poškodením [%]
Pristátie	1351	3
Priblíženie	1130	7
Vzlet	996	5
Stúpanie	433	10
Parkovanie	53	13
Na ceste	44	34
Príjazd	30	3
Klesanie	30	10

1.2 Závažnosť stretu

1.2.1 Kinetická energia

Energia kolízie stretu medzi vtákom a lietadlom môže byť použitá ako indikátor miery poškodenia lietadla. Ak budeme pre zjednodušenie uvažovať, že vták sa pri náraze neodrazí od konštrukcie lietadla, kinetickú energiu nárazu E_K vypočítame ako:

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

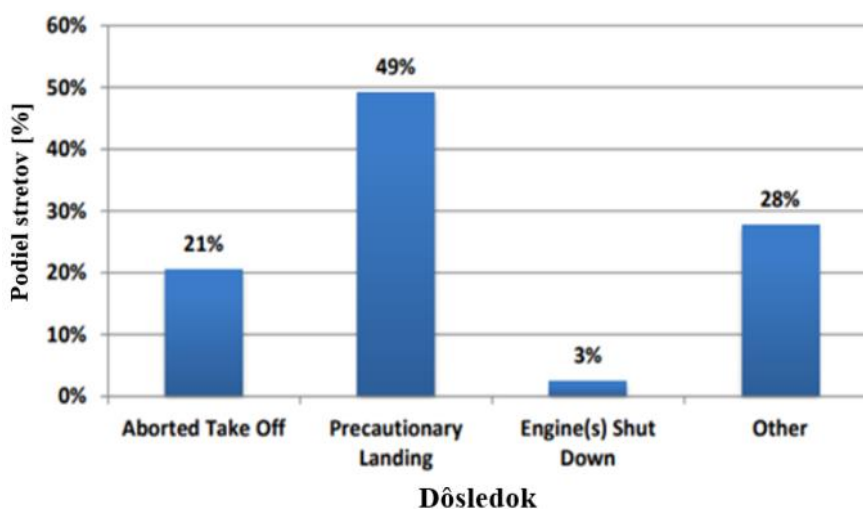
kde: E_K ... kinetická energia nárazu
 m ... hmotnosť vtáka
 v ... rýchlosť lietadla

Ako bolo už spomínané, s rastúcou nadmorskou výškou sa výrazne zvyšuje aj počet stretov pri ktorých dochádza k poškodeniu lietadla. Príčinou je práve vyššia energia nárazu. Jedným z dvoch ovplyvňujúcich faktorov je hmotnosť vtáka. Vo väčších nadmorských výškach zvyknú lietať vtáky o väčšej hmotnosti ako napríklad supovec, kanadská hus a podobne. Vo väčších nadmorských výškach lieta však lietadlo väčšími

rýchlosťami, čo výrazne prispieva k zvýšeniu energie, keďže vo vzorci pre výpočet kinetickej energie nárazu (1) sa rýchlosť lietadla vyskytuje v druhej mocnine.

1.2.2 Dôsledky stretu na let

V prípade stretu lietadla s vtákom môže v určitých prípadoch dôjsť k nejakému nežiadúcemu efektu na let, najmä ak dôjde aj k poškodeniu lietadla. V niektorých prípadoch môže dôjsť aj k výskytu viacerých efektov naraz. V 87,5 % všetkých prípadoch, kedy dôjde k stretu lietadla s vtákom nie je hlásený žiaden nežiadúci efekt a let pokračuje ďalej bez problémov. Vo zvyšných 12,5 %, ktoré predstavujú 12227 prípadov bol hlásený nežiadúci efekt, ale iba v 2501 prípadoch bolo zrejme o aký efekt sa jedná. Z týchto 2501 prípadov bolo najčastejším dôsledkom preventívne pristátie a zrušenie letu, čo dokopy predstavuje 70 % všetkých dôsledkov (Graf 7). Iba v 63 prípadoch došlo k vypnutiu motora(ov). Kategória iné obsahuje následky ako oneskorenie letu, vyhlásenie núdzového stavu v dôsledku technických problémov a podobne.



Graf 7: Dôsledky na let [13]

Aborted Take Off - Zrušenie vzletu; Precautionary Landing - preventívne pristátie; Engine(s) Shut Down - Vypnutie motora(ov); Other - iné

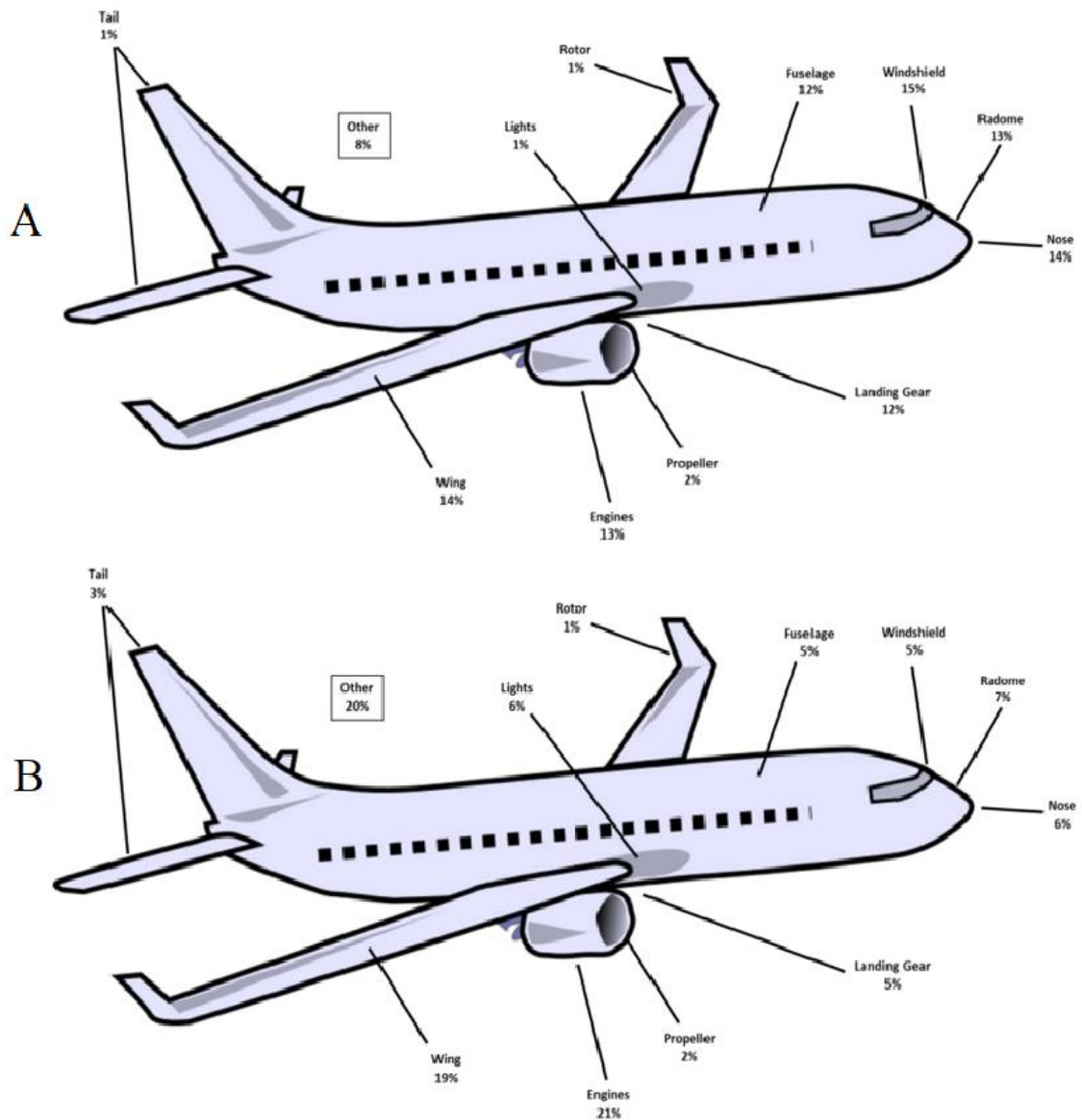
1.2.3 Zasiahnuté a/alebo poškodené časti lietadla

Časť lietadla, ktorá bola zasiahnutá vtákom bola nahlásená v 56093 prípadoch. Najviac zasahované časti boli predné časti lietadla ako čelné sklo s 15 % hlásenými stretmi, nasledujú krídla so 14 % stretmi a nos lietadla s 14 % a motory a 13 % všetkých hlásených stretov (Obrázok 1, A).

Časti, u ktorých došlo najčastejšie k poškodeniu sú motory s 21 % a krídla s 19 % všetkých stretov, u ktorých došlo k poškodeniu (Obrázok 1, B). Najviac poškodzované časti lietadla sú motory a krídla. Najväčšie nebezpečenstvo predstavuje zasiahnutie

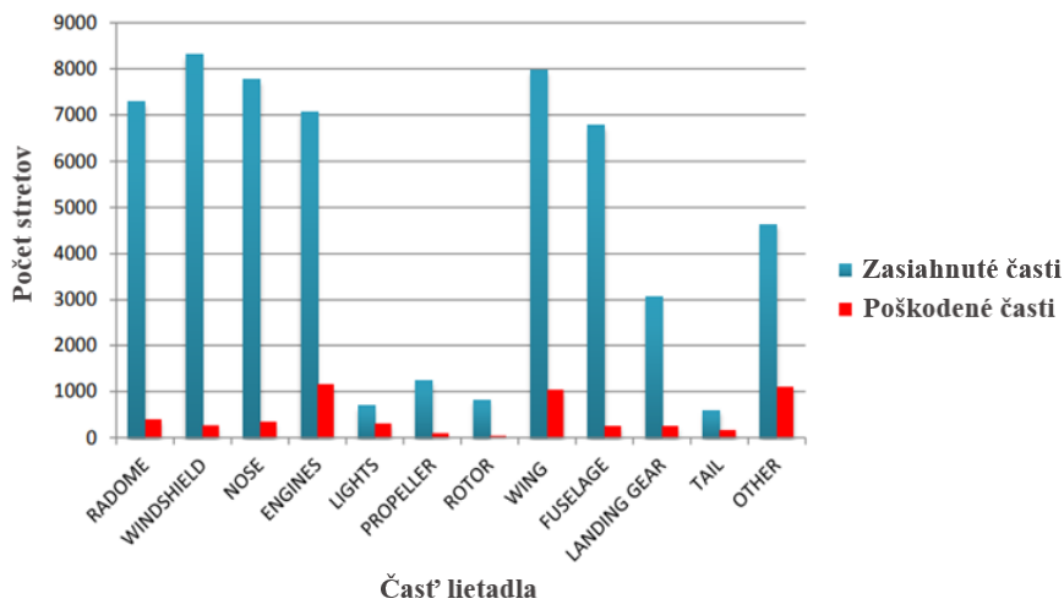
motora väčším vtákom alebo viacerými vtákmi, čo môže viesť k čiastočnej alebo úplnej strate ťahu motora; zároveň sú aj najnákladnejšie na opravu.

Graf 6 zobrazuje porovnanie medzi zasiahnutými a poškodenými časťami lietadla. Je znateľné, že je viacero častí lietadla, ktorých počet zásahov bol sú podobný, no miera poškodenia je u niektorých z týchto častí mnohonásobne vyššia.



Obrázok 1: A - Zasahované časti lietadla, B - Poškodzované časti lietadla [13]

Radome - Nos; Windshield - Čelné sklo; Nose - Špička nosu; Engines - Motory; Lights - Svetlá; Propeller - Vrtuľa; Rotor - Rotor; Wing - Kriídlo; Fuselage - Trup; Landing gear - pristávací podvozok; Tail - Chvost; Other - Iné



Graf 6: Porovnanie medzi zasiahnutými a poškodzovanými časťami lietadla [13]

Radome - Nos; Windshield - Čelné sklo; Nose - Špička nosu; Engines - Motory; Lights - Svetlá; Propeller - Vrtuľa; Rotor - Rotor; Wing - Krídlo; Fuselage - Trup; Landing gear - pristávací podvozok; Tail - Chvost; Other - Iné

1.3 Závislosť na farbe lietadla

Štúdia z roku 2011 vydaná Perduanovou univerzitou v Indiane sa zaoberala, či farba lietadla môže hrať určitú rolu pri počte stretov lietadiel s vtákmi. Videnie vtákov sa odlišuje od videnia ľudí, čo znamená, že vtáky môžu farby na lietadle vnímať rozdielne ako my. Pomocou modelu vtáčieho videnia, bola ako prvá overená hypotéza, že svetlejšie farby sú viac kontrastnejšie oproti oblohe ako tmavšie farby. Druhy vtákov, ktoré sa podieľajú na najväčšom počte stretov s lietadlami majú videnie s rôznou citlivosťou pre krátke vlnové dĺžky, preto boli použité dva modely vtáčieho videa a to violet-sensitive (VS) a ultraviolet-sensitive (UVS). Model VS pre vtáky, ktoré sú najviac citlivé na fialovú farbu elektromagnetického spektra a model UVS pre vtáky, ktoré sú najviac citlivé na ultrafialové žiarenie. Ďalej boli pre analýzu vybrané tie typy lietadiel, pre ktoré bolo zaznamenaných aspoň 65 stretov s vtákmi. Zo siedmich typov analyzovaných lietadiel, boli zistené výrazné rozdiely pre počet stretov pri rôznej farbe lietadla u troch typov (Boeing 737, DC-9, Embraer RJ145). U ďalších štyroch typov lietadiel sa výsledky markantne nelíšili. Pri každom z týchto troch typov bolo zistené, že u lietadiel svetlejšej farby dochádza k menšiemu počtu stretov. Pre použité modely vtáčieho videnia bolo zistené, že vtáky sú schopné detegovať gradient z tmavej do svetlej farby, pri slnečnom aj zamračenom počasí, pričom lietadlá svetlejšej farby zvyšujú kontrast medzi lietadlom a oblohou [16].

V štúdií neboli zahrnuté rôzne faktory, ktoré by mohli výsledky výrazne ovplyvniť, ako napríklad teplota ovzdušia, presná geografická lokácia, čas stretu... pretože by nebola dostatočne veľká vzorka údajov na analýzu. Zistenia nie sú univerzálne, keďže sa podobné výsledky nepreukázali pre všetky typy lietadiel, ale naznačujú určitú predikciu v chovaní vtákov a zaslúžia si ďalšie štúdie v budúcnosti [16].

1.4 Závislosť na farbe navigačného svetla

Štúdia vykonaná Richardom A. Dolbeerom a Williamom J. Barnesom v roku 2017 sa zaoberala, či farba navigačných svetiel nachádzajúcich sa na krídle lietadla môže mať vplyv na počet stretov lietadiel s vtákmi. Vychádzali z predchádzajúcich štúdií, ktoré zistili, že telekomunikačné veže opatrené červenými signalizačnými svetlami majú v priemere väčšie množstvo stretov s vtákmi, ako tie ktoré využívajú svetlá s kratšou vlnovou dĺžkou. Testovali hypotézu, že navigačné svetlá na lietadle (červené na ľavom krídle a zelené na prvom krídle lietadla) majú vplyv na počet stretov a že vtáky častejšie vrážajú do ľavej strany lietadla. Pre štúdiu využili záznamy o stretoch s vtákmi z rokov 1990 - 2015 pre dopravné, nákladné aj osobné lietadlá. Tieto lietadlá mali 2 motory (jeden na každej strane lietadla), pripevnené buď pod krídlom alebo na trupe. Motor na ľavej strane lietadla (červené signalizačné svetlo) bol označený ako motor #1, motor na pravej strane (zelené signalizačné svetlo) ako motor #2. Porovnanie údajov bolo vykonané pre deň, noc, úsvit/súmrak a počas celého dňa. Výsledky pre dáta od oboch typov umiestnenia motorov počas celého dňa vykazujú značný rozdiel pre počet stretov na motore #1 a motore #2. Pre motor #1 bolo zaznamenaných 4722 (54 %) všetkých stretov a pre motor #2 bolo zaznamenaných 4070 (46 %) stretov, čo je rozdiel 652 stretov. Prekvapujúcim bol najmenší rozdiel v počte stretov počas noci, kedy by sa predpokladalo, že osvetlenie bude mať najväčší vplyv. Príčinou môžu byť silné prístávacie svetlá, ktoré prevládnu nad navigačnými svetlami [17].

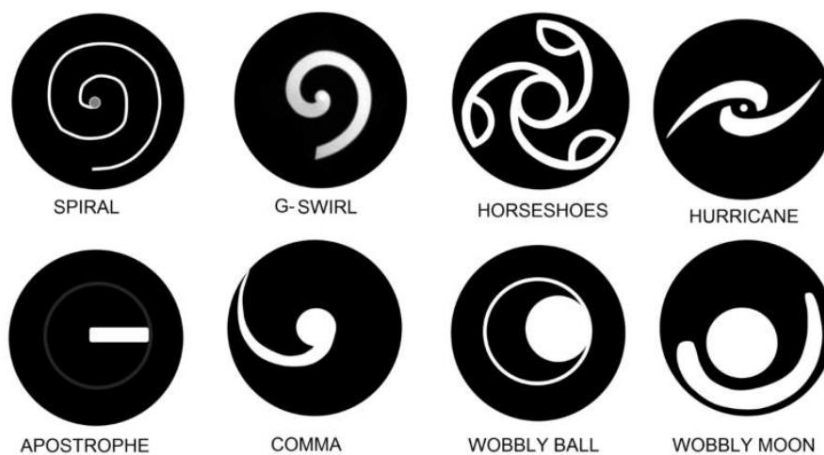
Táto analýza poskytuje dôkaz toho, že vtáky narážajú častejšie do ľavej strany lietadla, ktorá je opatrená červeným navigačným svetlom. Príčinou je vtáčie videnie, ktoré je citlivejšie na kratšie vlnové dĺžky. Tieto zistenia naznačujú, že modifikáciou červených navigačných svetiel, použitím kratších vlnových dĺžok, prípadne inštalovanie svetiel špeciálne dizajnovaných pre vtáčie videnie môže zlepšiť detekciu lietadla vtákmi a znížiť tak počet stretov [17].

1.5 Závislosť na špirále na aerodynamickom kryte náboja dmychadla

Značenie na aerodynamickom kryte náboja dmychadla je možné vidieť na mnohých motoroch v rôznych dizajnoch (Obrázok 3). Neexistuje pre ne ani žiadne oficiálne technické označenie. V roku 1986 bola japonskou leteckou spoločnosťou All Nippon

Airways (ANA) vykonaná testovacia štúdia trvajúca jeden rok. Počas experimentu namaľovali japonské aerolínie na celkovo 26 lietadiel typu Boeing 747 a Boeing 767 špirály na štýl „Wobbly ball“ a zbytok lietadiel nechali nej. Na konci ročného testovania, bolo zistené, že na motoroch, na ktorých boli namaľované špirály došlo v priemere iba k jednému stretu s vtákom, zatiaľ čo každý nenamaľovaný motor bol v priemere zasiahnutý až deväťkrát. Aerolínie ďalej odhadli, že zníženie v počte stretov počas testovania znížili celkové škody na lietadlách zapríčinené stretmi s vtákmi z 910000 USD na 720000 USD [18].

S výsledkami tohoto testovania však mnohí nesúhlasia, medzi ktorých patria aj Boeing, či Rolls-Royce. Zastávajú názor, že špirály na aerodynamickom kryte náboja dmyhadla neznižujú počet stretov s vtákmi a ich účelom je primárne bezpečnosť pozemného personálu letiska. Práca v blízkosti bežiacieho motoru je veľmi nebezpečná. Motor Boeingu 737 bežiaci na voľnobeh má nebezpečnú zónu spredu a obidvoch bokov motora až 9 stôp (2,74 m). To znamená, že pre kohokoľvek nachádzajúceho sa v tejto oblasti hrozí riziko nasatia do motora, preto je podstatné aby pozemný personál vedel identifikovať bežiaci motor [19].



Obrázok 2: Rôzne typy špirál na aerodynamickom kryte náboja dmyhadla [19]

2. PREHĽAD VÝZNAMNÝCH NEHÔD SPOSOBENÝCH VTÁKMI

Strety lietadiel s vtákmi nás sprevádzajú od samotného počiatku letectva, počínajúc prvým letom uskutočneným bratmi Wrightovými 17. decembra 1903. Týmto počínom začali ľudia viac a viac prenikať do prostredia, v ktorom predtým vládli iba vtáci, s čím prichádzajú aj zrážky medzi vtákmi a lietadlom [20].

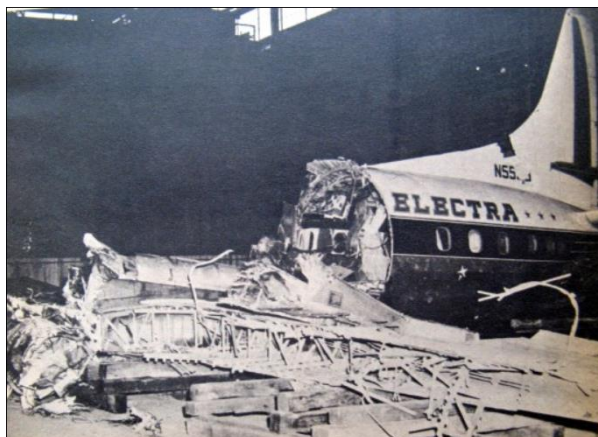
Historicky prvý stret lietadla s vtákom sa stal 7. septembra 1905, keď Orville Wright prelietal ponad Huffman Prarie neďaleko Daytonu v Ohio. Orville lietal v kruhoch a naháňal krdeľ vtákov pred ním. Keď krdeľ dostihol, jedného z vtákov zabil, ten dopadol na hornú plochu krídla a pri ďalšej ostrej zatáčke zasa odpadol. Závažnejšie dôsledky tento stret nemal [21].

2.1 Nehody civilných lietadiel

Prvou nehodou zapríčinenou stretom s vtákom sa stala 3. apríla 1912. Calbraith Perry Rodgers bol prvým človekom, ktorý preletel naprieč celou Amerikou a taktiež prvým človekom, ktorý zomrel na následky nehody spôsobenej vtákom. Pri exhibičnom lete ponad Long Beach v Kalifornii vletel do krídla čajok a následne sa zrútil do oceánu. Pri dopade sa uvoľnil motor a zlomil mu krk, krátko na to zomrel [22].

Easter Air Lines Flight 375

Jednalo sa o let z Bostonu do Filadelfie so 72 ľuďmi na palube, ktorý sa uskutočnil 4. októbra 1960. Pár sekúnd po vzlete vletelo turbovrtuľové lietadlo Lockheed L-188 Electra do krídla škorcov, pričom došlo k nasatiu viacerých vtákov do všetkých motorov. V dôsledku čoho došlo k vypnutiu motora č. 1, následne motory č. 2 a 4 stratili na krátku dobu ťah. Toto zapríčinilo ostré vychýlenie doľava a pád na hladinu mora neďaleko Bostonského prístavu. Zahynulo 62 ľudí [23].



Obrázok 3: Vrak lietadla Lockheed L-188 Electra [23]

US Airways Flight 1549

Išlo o let z New Yorku do Charlotte v Severnej Karolíne, uskutočnený 15. januára 2009. Pár minút po vzlete, vo výške 859 m, lietadlo vletelo do krdla kanadských husí. Skôr ako stihla posádka zareagovať, bolo počuť veľmi silné nárazy, vidieť plamene z motorov a cítiť pach spáleniny. V dôsledku čoho došlo k úplnej strate ťahu v oboch motoroch. Kapitán Chesley „Sully“ Sullenberger prebral riadenie s plánom vrátiť sa a pristáť na letisku LaGuardia, z ktorého vzlietli, no v dôsledku malej nadmorskej výšky to nebolo možné. Boli tak nútení núdzovo pristáť na rieke Hudson. Všetci ľudia na palube boli bezpečne evakuovaní a nikto neprišiel o život. Let sa zapísal do histórie ako zázrak na rieke Hudson [24].



Obrázok 4: Evakuácií ľudí z lietadla po pristátí na rieke Hudson [24]

Ural Airlines Flight 178

Išlo o let z Moskvy do Simferopolu, ktorý sa uskutočnil 15. augusta 2019. Krátko po vzlete vletel Airbus A321-200 do krdla čajok, na čo došlo k nasatiu vtákov do oboch motorov. V dôsledku čoho došlo k úplnej strate ťahu v ľavom motore a čiastočnej strate ťahu v pravom motore. Ťah v pravom motore však nebol dostatočne veľký na zotrvanie v lete a došlo tak k núdzovému pristátiu na kukuričnom poli neďaleko letiska. Všetkých 233 ľudí na palube prežilo, došlo iba k miernym zraneniam 74 ľudí. Neskôršie vyšetrovanie poukázalo na nelegálne skládky v blízkosti letiska, čo prilákalo veľké množstvo vtáctva [25].

2.1.1 Príklad nehody na území ČR

14. novembra 2008 posádka Boeingu 737 letela z Ostravy do Hurgady v Egypte. Po vzlete došlo k nasatiu vtáka do motoru č. 2. Posádka zaznamenala zvýšené vibrácie a krátko po prekročení povolenej teploty výstupných plynov sa rozhodli vypnúť motor. Rozhodli sa núdzovo pristáť na Ruzyňskom letisku v Prahe namiesto návratu do Ostravy. Lietadlo pristálo bez ďalších problémov a nikto zo 126 ľudí na palube nebol zranený.

Motor č. 2 bol vážne poškodený (Obrázok 6), iné poškodenie na lietadle sa nenašlo. Došlo k poškodeniu lopatiek, vnútorného krytu vstupného hrdla motora. Ďalšia inšpekcia poukázala aj na poškodenie na vonkajšej časti motora a lopatkách kompresora [26].



Obrázok 5: Poškodenie motora po strete s vtákom [26]

2.2 Havárie vojenských lietadiel

U.S. Air Force B-1B

Išlo o tréningový let uskutočnený 28. Septembra 1987 v Koloráde. Lietadlo letelo v malej nadmorskej výške, keď vletelo do krdľa väčších vtákov (o aký druh vtáka sa jednalo nebolo zistené) a došlo k ich nasatiu do motorov. Pilot začal okamžite stúpať do väčšej výšky, kvôli tomu aby mali dostatočnú výšku a čas na katapultovanie. Vo výške približne 15500 stôp došlo k tomu, že motory začali v dôsledku stretu horieť a lietadlo začalo padať. Dopadlo na kopcovitý terén a pri dopade vybuchlo. Zo šiestich členov posádky prežili iba traja, ktorým sa podarilo katapultovať [27].

Alaska Boeing E-3 Sentry

Malo sa jednať o tréningový let, ktorý sa konal 22. septembra 1995. Lietadlo čakalo na runaveji na povolenie na štart, bez toho aby bola posádka upozornená, že iné lietadlo, ktoré vzlietlo pred nimi vyplašilo krdel' husí. Krátko po vzlete tak došlo k nasatiu viaceru husí do 1. a 2. motora. Posádka začala vypúšťať palivo a zatáčať doľava s cieľom vrátiť sa na letisko, ale kvôli strate ťahu v oboch motoroch a takmer plnej nádrži paliva na rovnakom krídle, nebolo možné udržať výšku a došlo tak k zrúteniu do kopcovitého, zalesneného terénu. O život prišlo všetkých 24 ľudí na palube [28].

NATO aliančné cvičenie Trident Juncture

Lietadlo L-159 sa počas letu v Zaragoze, uskutočneného 28. októbra 2015 zrazilo so supom. Zrážka nastala po cvičnom ukončení strel'by, keď pilot vykonával kontrolu a nastavenie systémov, vtedy musel na krátku chvíľu preniesť svoju pozornosť na palubný displej. Sup v tom narazil do krídla a spôsobil veľké škody (Obrázok 7), ale lietadlo bolo naďalej ovládateľné a pilotovi sa podarilo bezpečne pristáť. Ak by však k nárazu došlo o meter bližšie trupu, lietadlo by nebolo schopné pokračovať v letu a pilot by bol nútený sa katapultovať. Podľa veliteľa čáslavskej jednotky na cvičení sa jednalo o najzávažnejšie poškodenie lietadla L-159 v histórii vzdušných síl Armády Českej republiky [29].



Obrázok 6: Poškodenie krídla lietadla L-159 po strete so supom [29]

3. POŽIADAVKY LETECKÝCH KONŠTRUKCIÍ

Strety s vtákmi predstavujú neprestávajúce nebezpečenstvo okrem iného aj pre konštrukciu lietadla. Existuje mnoho prípadov kedy došlo k úplnému zničeniu motora, penetrácií nosu lietadla, čelného skla a iných častí, v dôsledku čoho aj k zraneniam posádky, v niektorých prípadoch aj s fatálnymi následkymi.

V tejto kapitole sa budeme zaoberať súčasnými požiadavkami leteckých konštrukcií predpísanými Európskou agentúrou pre bezpečnosť letectva (EASA), týkajúcich sa výhradne stretu s vtákmi. Konkrétne sa jedná o certifikačné špecifikácie pre veľké dopravné lietadlá CS-25 [31]. V USA sa požiadavky leteckých konštrukcií zasa predpisuje Federálna správa letectva (FAA). Požiadavky predpísane od FAA aj od EASA sa mierne rozlišujú v stylizácií, ale v princípe sú požiadavky rovnaké.

Poškodenie vtákom

Lietadlo musí byť navrhnuté tak, aby bola zabezpečená schopnosť pokračovania v bezpečnom lete a pristátí lietadla po náraze s vtákom o hmotnosti 1,85 kg, ak rýchlosť lietadla je rovná rýchlosti v_c (cestovná rýchlosť) v nadmorskej výške hladiny mora, alebo $0,85 \cdot v_c$ vo výške 2438 m nad hladinou mora, v závislosti na tom, kde je kolízia viac kritická. Splnenie požiadaviek môže byť preukázané prostredníctvom analýzy, len vtedy ak je založená na testoch vykonaných na štruktúre postačujúcej podobnosti [31].

Čelné sklá a okná

- a) Vnútorne panely musia byť vyrobené z netrieštivého materiálu.
- b) Tabule čelného skla priamo pred pilotmi, za normálneho podmienok, tak ako aj konštrukcia zabezpečujúca tieto tabule musí vydržať bez penetrácie, za podmienok opísaných vyššie.
- c) Pokiaľ nie je možné ukázať analýzou, alebo testami ukázať, že pravdepodobnosť zasiahnutia fragmentami z čelného skla je nízka, lietadlo musí mať prostriedky na minimalizovanie nebezpečenstva pre pilotov od lietajúcich fragmentov z tabúl čelného skla v dôsledku stretu s vtákom. Toto musí byť preukázané pre každú priehľadnú tabuľu v kokpíte, ktorá -

(1) je viditeľná pri pohľade spredu na lietadlo;

(2) je naklonená 15° alebo viac od pozdĺžnej osy lietadla; a

(3) obsahuje akúkoľvek časť, umiestnenú tak, že prípadný fragment by predstavoval nebezpečenstvo pre pilotov [31].

Systém zaznamenávajúci rýchlosť lietadla

Pre každý systém zaznamenávajúci rýchlosť lietadla platí, že v prípade, ak sú požadované viaceré indikátory rýchlosti, ich príslušné pitotove trubice musia byť od seba dostatočne vzdialené, aby sa predišlo poškodeniu obidvoch trubíc pri prípadnej kolízii s vtákom [31].

3.1 Odolnosť leteckých motorov a ich testovania

Každý motor certifikovaný pre veľké dopravné lietadlá musí byť podrobený testom, analýzam a meraniam, ktoré overia jeho spoľahlivosť pri požadovaných predpisoch na bezpečnosť. Predpisy opäť vydáva EASA, skúšku nasatia vtáka popisuje predpis CS - E 800.

Motory sú jednými z najzasahovanejších a zároveň aj napoškodzovanejších častí lietadla, preto je testovanie motorov veľmi dôležité. Skúška sa rozdeľuje podľa veľkosti, počtu vtákov ale aj podľa plochy vstupného hrdla motoru.

3.1.1 Nasatie jedného veľkého vtáka

Podmienky testovania:

a) Prevádzkové podmienky motora pred nasatím vtáka musia byť stabilizované tak, aby motor bežal na 100 % vzletového režimu pri podmienkach okolitého prostredia v deň skúšky. Okrem toho, musí byť preukázaná spôsobilosť motora pri vzletových podmienkach pri nulovej nadmorskej výške v najteplejší deň tak, že pri minimálnej práci sa môže dosiahnuť maximálny vzletový výkon.

b) Hmotnosť vtáka použitého pri teste musí byť minimálne:

(1) 1,85 kg pre motory s plochou vstupného hrdla motoru o veľkosti menšej ako 1,35 m²;

(2) 2,75 kg pre motory s plochou vstupného hrdla motoru o veľkosti menšej ako 3,9 m² a zároveň väčšej, alebo rovnej ako 1,35 m²;

(3) 3,65 kg pre motory s plochou vstupného hrdla motoru väčšou ako 3,9m².

c) Vták musí byť namierený na najkritickejšie miesto prvej rady lopatiek turbíny.

d) Rýchlosť vtáka musí byť 200 uzlov.

e) Zmena polohy ovládacej páky nie je umožnená po dobu 15 sekúnd od nasatia vtáka. Nasatie jedného veľkého vtáka nesmie vyústiť do žiadneho nebezpečného stavu pre funkciu motora [30].

3.1.2 Nasatie veľkého vtáka lietajúceho v krídľoch

Pre motory s plochou vstupného hrdla väčšou ako $2,5 \text{ m}^2$.

Podmienky testovania:

a) Prevádzkové podmienky motora sa pred nasatím vtáka musia stabilizovať tak, aby rýchlosť lopatiek prvej rady lopatiek rotora za normálnych okolitých podmienok a pri nulovej nadmorskej výške vyprodukovala 90 % ťahu vzletového režimu.

b) Rýchlosť vtáka musí byť 200 uzlov

c) Hmotnosť vtáka musí byť prinajmenšom:

Tabuľka 3: Hmotnosť vtáka použitého pri teste v závislosti na ploche vstupného hrdla motora [30]

Plocha vstupného hrdla motora A [m ²]	Hmotnosť vtáka [kg]
$A < 2,50$	žiaden
$2,50 \leq A < 3,50$	1,85
$3,50 \leq A < 3,90$	2,10
$3,90 \leq A$	2,50

d) Vták musí byť namierený na najviac kritické miesto prvej rady lopatiek turbíny.

Priebeh testu:

Krok 1 - Nasatie vtáka je nasledované 1 minútou bez akejkoľvek zmeny polohy ovládacej páky.

Krok 2 - V priebehu ďalších 13 minút sa ťah motoru udržiava na ťahu väčšom ako 50 % vzletového režimu.

Krok 3 - 2 minúty pri ťahu medzi 30-35 % vzletového režimu.

Krok 4 - Zvýšenie ťahu o 5-10 % vzletového režimu z kroku 3 po dobu 1 minúty.

Krok 5 - Zníženie ťahu o 5-10 % vzletového režimu z kroku 4 po dobu 2 minút.

Krok 6 - Po dobu minimálne 1 minútu sa motor udržiava vo voľnobehu a potom ho vypneme.

Test nesmie spôsobiť vypnutie motora pred koncom kroku 6; neschopnosť motora splniť požadovaný priebeh testu; trvalé zníženie ťahu vzletového režimu pod 50 % v priebehu kroku 1; vyústenie do stavu nebezpečného pre motor [30].

3.1.3 Nasatie stredne veľkých a malých vtákov

Podmienky testovania:

- a) Prevádzkové podmienky motora pred nasatím vtáka musia byť stabilizované tak, aby motor bežal na 100 % vzletového režimu pri podmienkach okolitého prostredia v deň skúšky. Okrem toho, musí byť preukázaná spôsobilosť motora pri vzletových podmienkach pri nulovej nadmorskej výške v najteplejší deň tak, že pri minimálnej práci sa môže dosiahnuť maximálny vzletový výkon.
- b) Kritické parametre nasatia vtáka, ktoré spôsobujú stratu ťahu a poškodenie sú určené analýzou, testovaním komponentov alebo obomi. Kritická rýchlosť vtáka pri nasatí sa volí ako najviac tá kritická, spomedzi rýchlosti, ktorá je možná dosiahnuť v letovej hladine 450 m nad zemským povrchom a rýchlosti v_1 (minimálna možná rýchlosť, tak aby mohol byť namontovaný na lietadlo).
- c) Množstvo a hmotnosť stredne veľkých vtákov volíme podľa Tabuľky 4.
- d) Malé vtáky majú hmotnosť 85 g. Požíva sa jeden vták na každých 0,032 m² plochy vstupného hrdla motoru (maximálne 16 kusov), rozmiestnených rovnomerne po ploche motora.

Tabuľka 4: Počet a hmotnosť vtákov použitých pri teste v závislosti na ploche vstupného hrdla motora [30]

Plocha vstupného hrdla motora A [m ²]	Test motora Počet vtákov x hmotnosť vtáka [kg]	Prídavný test Počet vtákov x hmotnosť vtáka [kg]
$A < 0,05$	žiaden	žiaden
$0,05 \leq A < 0,10$	1 x 0,35	žiaden
$0,10 \leq A < 0,20$	1 x 0,45	žiaden
$0,20 \leq A < 0,40$	2 x 0,45	žiaden
$0,40 \leq A < 0,60$	2 x 0,70	žiaden
$0,60 \leq A < 1,00$	3 x 0,70	žiaden
$1,00 \leq A < 1,35$	4 x 0,70	žiaden
$1,35 \leq A < 1,70$	1 x 1,15 + 3 x 0,70	1 x 1,15
$1,70 \leq A < 2,10$	1 x 1,15 + 4 x 0,70	1 x 1,15
$2,10 \leq A < 2,50$	1 x 1,15 + 5 x 0,70	1 x 1,15
$2,50 \leq A < 2,90$	1 x 1,15 + 6 x 0,70	1 x 1,15
$2,90 \leq A < 3,90$	1 x 1,15 + 6 x 0,70	2 x 1,15
$3,90 \leq A < 4,50$	3 x 1,15	1 x 1,15 + 6 x 0,70
$4,50 \leq A$	4 x 1,15	1 x 1,15 + 6 x 0,70

Priebeh testu:

Krok 1 - Nasatie vtákov musí prebehnúť v rámci 1 sekundy.

Krok 2 - 2 minúty bez zmeny polohy ovládacej páky.

Krok 3 - 3 minúty pri ťahu 75 % vzletového režimu.

Krok 4 - 6 minút pri ťahu 60 % vzletového režimu.

Krok 5 - 6 minút pri ťahu 40 % vzletového režimu.

Krok 6 - 1 minúta pri voľnobehu.

Krok 7 - 2 minúty pri ťahu 75 % vzletového režimu.

Krok 8 - Stabilizácia motoru na voľnobeh a následné vypnutie motora.

Test nesmie spôsobiť vypnutiu motora v priebehu testu; trvalé zníženiu ťahu alebo výkonu o 25 % [30].

3.1.4 Test jadra motora pri nasatí vtáka lietajúceho v krdľoch

Test by sa mal vykonávať nasatím jedného vtáka o najväčšej hmotnosti z druhého stĺpca Tabuľky 4 pri rýchlosti 250 uzlov. Motor by mal byť stabilizovaný tak, aby rýchlosť lopatiek prvej rady turbíny za normálnych okolitých podmienok vyprodukovala najmenší očakávaný výkon, alebo ťah potrebný počas stúpania do výšky 3000 stôp nad zemským povrchom. Vták musí byť namierený na prvú radu lopatiek turbíny, tak aby čo najviac pozostatkov bolo nasatých do jadra motora.

Priebeh testu:

Krok 1 - Nasatie vtáka nasledované 1minútou bez zmeny polohy ovládacej páky.

Krok 2 - zvýšenie ťahu na nie menej ako 50 % vzletového režimu, ak pri nasatí vtáka došlo k zníženiu ťahu pod túto hodnotu.

Krok 3 - 13 minút pri ťahu nie menšom ako 50 % vzletového režimu.

Krok 4 - 2 minúty pri ťahu medzi 30 - 35 % vzletového režimu.

Krok 5 - 1 minútu pri ťahu zvýšenom o 5 - 10 % vzletového režimu z kroku 4.

Krok 6 - 2 minúty pri ťahu zníženom o 5 - 10 % vzletového režimu z kroku 5.

Krok 7 - Minimálne 1 minútu pri voľnobehu nasledovaná vypnutím motora.

Nasatie vtáka pri týchto podmienkach by nemalo spôsobiť trvalé zníženie ťahu pod 50% vzletového režimu v kroku 3; trvalé zníženiu ťahu nižšieho ako ťah naprázdno v priebehu testu; vypnutie motora v priebehu testu.

V prípade, že analýza alebo test ukáže, že žiadne pozostatky vtáka sa nedostanú do jadra motora pri jeho nasatí, test sa uskutočňuje nasatím jedného vtáka o najväčšej hmotnosti z druhého stĺpca Tabuľky 4 pri rýchlosti 200 uzlov. Motor by mal byť stabilizovaný na rýchlosť lopatiek prvej rady turbíny za normálnych okolitých podmienok v približovacom režime vo výške 3000 stôp nad zemským povrchom. Vták musí byť namierený na prvú radu lopatiek turbíny, tak aby čo najviac pozostatkov bolo nasatých do jadra motora.

Priebeh testu:

Krok 1 - Nasatie vtáka nasledované 1 minútou bez zmeny polohy ovládacej páky.

Krok 2 - 2 minúty pri ťahu medzi 30 - 35 % vzletového režimu.

Krok 3 - 1 minútu pri zvýšení ťahu o 5 - 10 % vzletového režimu z kroku 2.

Krok 4 - 2 minúty pri znížení ťahu o 5 - 10 % vzletového režimu z kroku 3.

Krok 5 - 1 minútu na voľnobeh nasledované vypnutím motora.

Test nesmie spôsobiť vypnutie motora počas priebehu testu; vyústenie do žiadneho nebezpečného stavu pre funkciu motora [30].

3.2 VTOL

Jedná sa o lietadlá so schopnosťou kolmého vzletu a pristátia ako napríklad vrtuľníky a letu v horizontálnej rovine, tak ako bežné lietadlá. Názov pochádza z anglického slovného spojenia „vertical take-off and landing“, skratene VTOL.

Najmä v posledných rokoch sa objavuje množstvo nových projektov pre VTOL lietadlá, okrem iného aj pre budúcu prepravu ľudí. Je tým pádom nutné ustanoviť certifikačné predpisy konštrukcií pre tieto typy lietadiel. V nasledujúcej časti je prehľad predpisov týkajúcich sa odolnosti proti stretnutiu s vtákmi vydanými agentúrou EASA.

3.2.1 Zásah jedným vtákom

a) Lietadlo musí byť navrhnuté tak, aby bola zaistená schopnosť kontrolovaného núdzového pristátia, alebo pokračovanie v bezpečnom lete a pristátí pri strete s vtákom o hmotnosti 1 kg. Toto by malo byť zaistené pre najviac kritické podmienky, ako je maximálna rýchlosť lietadla, pri najvyššom ťahu vo výške 2438 m. Splnenie požiadaviek

by malo byť preukázané testom, alebo analýzou založenou na testoch vykonaných na štruktúre postačujúcej podobnosti.

b) Čelné sklá priamo pred posádkou, tak ako aj konštrukcia zabezpečujúca tieto panely, by mali byť schopné zniesť stret s vtákom bez penetrácie pre rýchlosti nad 50 uzlov.

c) Zhodnotená by taktiež mala byť aj ostatná konštrukcia, systémy a vybavenie lietadla. Rôzne odhalené časti konštrukcie, vnútorné vybavenie a systémy, nachádzajúce sa vo vnútri týchto častí v prípade penetrácie vtákom, ako aj ich schopnosť zabezpečiť bezpečné pokračovanie v lete alebo pristátí. Časti konštrukcie, ktoré by mali byť zhodnotené, sú vybrané na základe komplexnej analýzy, založenej na:

(1) priamych dôsledkoch stretu s vtákom, čo predstavuje zabezpečenie integrity konštrukcie a funkčnosti systémov a vybavenia;

(2) dôsledkov stretu, čo predstavuje následky spôsobené fragmentami zo systémov a štruktúry lietadla vzniknutými po kolízií s vtákom [32].

3.2.2 Zásah viacerými vtákmi

a) Musí byť zaistená schopnosť pokračovania v bezpečnom lete alebo kontrolovaného núdzového pristátia pri strete s viacerými vtákmi. Toto by malo byť zaistené pre najviac kritické podmienky, ako je maximálna rýchlosť lietadla, pri najvyššom ťahu do výšky 4000 ft.

b) Prijateľný prístup, je ukázať, že nedôjde k žiadnej strate funkcie po zasiahnutí danej časti jedným stredne veľkým vtákom o hmotnosti 0,45 kg. Ďalším prístupom je na žiadosť vyhodnotiť stret s viacerými malými a stredne veľkými vtákmi rozmiestnenými po štruktúre lietadla. Pre čelné sklo sa vyhodnocovanie viacnásobnými stretmi s vtákmi neuskutočňuje [32].

4. BIOLOGICKÁ OCHRANA LETÍSK

Najväčšia pravdepodobnosť stretu lietadla s vtákom hrozí v malých nadmorských výškach a v blízkosti letísk (oblasť, kde je najväčšia koncentrácia lietadiel). Vtáky sú priťahované na letisko, pretože toto veľké priestranstvo vnímajú ako bezpečné miesto k odpočinku, združovaniu sa do krdľov alebo ako miesto pre skrývanie sa pred predátormi. Okrem bezpečia, môžu vtáky na letisku a v jeho okolí nájsť zdroje potravy vody a prístrešku. Preto sa najväčší dôraz na prevenciu, aktívnu aj pasívnu kladie na letiskách a v ich okolí. Týmito preventívnymi opatreniami sa zaoberá biologická ochrana letísk (BiOL). Existuje mnoho dostupných metód, no nie všetky sú vhodné pre každé letisko. Rozsah opatrení a jednotlivé druhy opatrení využívané letiskami sú variabilné a závisia od mnohých faktorov, ako klimatické podmienky, prostredie letiska alebo druhy vtáctva vyskytujúce sa v okolí letiska.

BiOL je súhrn preventívnych pasívnych a aktívnych opatrení. Tieto opatrenia sú zamerané na zníženie výskytu a migrácie vtáctva na letiskách, čím sa minimalizuje riziko stretu lietadiel s vtákmi. Pre BiOL je na letisku vytvorená špecializovaná skupina pracovníkov, ktorí plnia tieto úlohy:

- včas získavajú informácie a správne vyhodnocujú ornitologickú situáciu;
- realizujú preventívne pasívne a aktívne opatrenia obecného aj špecifického charakteru, ktoré minimalizujú výskyt vtáctva a zverov na letiskách;
- realizujú aktívne opatrenia k plašeniu vtáctva v ochranných ornitologických pásmach;
- poskytujú informácie o ornitologickej situácii;
- zúčastňujú sa na vyšetrovaní príčin vzniku nebezpečných situácií zapríčinených ornitologickou situáciou;
- spracovávajú výsledky ornitologického prieskumu do tabuliek, grafov a máp; a
- zabezpečujú odber zbytkov vtákov po strete lietadiel s vtáctvom a ich následnou identifikáciu [33,34].

4.1 Predpisy upravujúce prevádzku biologickej ochrany letísk

Biologickej ochrane letísk sa v leteckom predpise L 14 konkrétne venuje odstavec 9.4 Obmedzenie nebezpečenstva stretu so zvermi, ktorý sa zaoberá stanovením nebezpečenstva, zberom dát a prijímaním opatrení v súvislosti so stretmi so zvermi. Ďalej odstavec 11.1.8 Ochranné pásma ornitologické, ktorý striktno vymedzuje oblasti s určitými obmedzeniami s cieľom zamedziť stretom s vtákmi.

Letecký predpis L 15 sa v odstavci 5.6 Poletová informačná služba, venuje hláseniam o výskyte zverov na letisku Leteckej informačnej službe.

4.1.1 Obmedzenie nebezpečenstva stretu so zvermi

Nebezpečenstvo stretu so zvermi na letisku alebo v jeho okolí musí byť zhodnotené:

- a) stanovením národných postupov pre zaznamenávanie a hlásenie stretov lietadiel so zvermi;
- b) zberom informácií od prevádzkovateľov lietadiel, personálu letiska apod. O výskyte zverov na letisku alebo v jeho okolí vytvárajúcom potenciálne nebezpečenstvo pre prevádzku lietadiel;
- c) priebežným hodnotením nebezpečenstva stretu so zvermi kvalifikovaným personálom.

Poznámka: Viz Predpis L 15, Hlava 5.

Informácie o stretoch lietadiel so zvermi musia byť Ústavom pre odborné zisťovanie príčin leteckých nehôd zhromažďované a postupované ICAO pre zahrnutie do databázy ICAO Bird Strike Information System (IBIS).

Pre zníženie nebezpečenstva pre prevádzku lietadiel musia byť prijaté opatrenia pre zníženie pravdepodobnosti stretu lietadiel so zvermi.

Poznámka: Postupy týkajúce sa riadenia nebezpečenstva súvisiacich so zvermi na letiskách a v ich blízkosti, vrátane stanovenia programu riadenia nebezpečenstva súvisiacich so zvermi (WHMP), hodnotenie rizík súvisiacich so zvermi, riadenie využitia krajiny a výcviku personálu, sú stanovené v dokumente PANS-Aerodromes (Doc 9981), Part II, Chapter 1 a 6. Ďalší poradenský materiál je uvedený v dokumente Airport Service Manual (Doc 9137), Part 3.

Úrad musí prijať také opatrenia, ktoré obmedzia alebo sťažia zakladanie skládok odpadu alebo akýchkoľvek iných takých zdrojov, ktoré môžu priťahovať zvery na letisko, pokiaľ príslušná analýza nebezpečenstva stretu so zvermi neukazuje, že je nepravdepodobné, že by vytvárali problém nebezpečenstva stretov so zvermi. Tam, kde odstránenie takýchto zdrojov nie je možné, musí Úrad v spolupráci s ďalšími subjektmi zaistiť, aby všetky riziká pre lietadlá z nich plynúce boli posúdené a znížené na minimum.

Úrady miestnej samosprávy musia zohľadniť požiadavky na bezpečnosť letectva v rámci zemného rozvoja v blízkosti letísk, ktorý môže priťahovať vtáctvo/zvery [35].

4.1.2 Ochranné pásma ornitologické

Ochranné ornitologická pásma sa stanovujú pre letiská s cieľom zamedziť stretom lietadiel s vtákmi. Vyobrazenie vnútorného aj vonkajšieho ornitologického pásma na Ruzyňskom letisku v Prahe je zobrazené v Prílohe B.

Vnútorné ornitologické ochranné pásmo

Stanovuje sa v tvare obdĺžnika s pozdĺžnou osou totožnou s osou RWY o šírke 1000 m a o dĺžke presahujúcu za kratšie strany ochranných pásiem prevádzkových plôch o 1000 m. Vo vnútornom ornitologickom ochrannom pásme nemôžu byť zriaďované skládky, stohy, siláže, vodné plochy, hnojiská, krmidlá a iné zariadenia zvyšujúce výskyt vtáctva na letisku.

Vonkajšie ornitologické ochranné pásmo

Vonkajšie ornitologické ochranné pásmo nadväzuje na vnútorné ornitologické ochranné pásmo a stanovuje sa v tvare obdĺžnika s pozdĺžnou osou totožnou s osou RWY o šírke 2000 m a o dĺžke presahujúcej kratšie strany ochranných pásiem prevádzkových plôch o 3000 m. Ochranné pásmo sa zriaďuje iba u prístrojových RWY. Vo vonkajšom ornitologickom ochrannom pásme je možné zriaďovať poľnohospodárske stavby, ako napr. hydináreň, bažantie farmy, strediská zberu a spracovania hmotných odpadov, vodné plochy a ďalšie zariadenia s možnosťou vzniku nadmerného výskytu vtáctva iba so súhlasom prevádzkovateľa a ÚCL.

Poznámka: Ak trajektória priblíženia a/alebo vzletu obsahuje oblúk, je plocha vnútorného a vonkajšieho ornitologického pásma zloženou plochou, obsahujúcu vodorovné kolmice k jej ose o šírke ochranného pásma ako v prípade priamej trajektórie priblíženia a/alebo vzletu [35].

4.1.3 Poletová informačná služba

Pre každé letisko/heliport využívané pre medzinárodnú letovú prevádzku musia byť prijaté také opatrenia, aby mohli byť prijímané informácie týkajúce sa stavu prevádzky leteckých zariadení alebo leteckých prevádzkových služieb podaných posádkami lietadiel. Uvedené opatrenia musia zaistiť, že tieto informácie budú dané k dispozícii Leteckej informačnej službe k takému spôsobu distribúcie, aký si okolnosti vyžadujú.

Pre každé letisko/heliport využívané pre medzinárodnú letovú prevádzku musia byť prijaté také opatrenia, aby mohli byť prijímané informácie týkajúce sa nebezpečenstva výskytu zverov pozorovaných posádkami lietadiel. Informácie o nebezpečenstva výskytu zverov musia byť dané k dispozícii Leteckej informačnej službe k takému spôsobu distribúcie, aký si okolnosti vyžadujú.

Poznámka: Viz Predpis L14, Hlava 9, ust. 9.4 [35].

4.2 Pasívna biologická ochrana letísk

Zvieratá potrebujú k životu jedlo, vodu a prístrešok. Pasívna BiOL pozostáva v úprave prostredia letiska a jeho okolia, tak aby bolo čo najmenej atraktívne alebo neprístupné pre vtáky. Pri úprave prostredia musíme byť obozretní, pretože elimináciou atraktantu pre určitý druh vtáctva môžeme ľahko vytvoriť prostredie atraktívne pre iný druh. Každý druh predstavuje určité nebezpečenstvo, niektoré druhy však väčšie ako iné (najmä veľké vtáky lietajúce v krdľoch). Preto by úprava prostredia mala byť primárne zameraná na druhy, ktoré predstavujú najväčšie riziko.

Metódy pasívnej BiOL sú založené na dobrej znalosti ekologického výskumu vykonaného na letisku. Zameriava sa na identifikáciu atraktantov, druhov vtáctva a ich množstva, prípadne rozmiestnenia a pohybu vtáctva v okolí letiska [37].

4.2.1 Atraktivita prostredia letiska

Ako bolo už spomínané, väčšina vtákov a iných druhov zverov sú priťahované na prostredie letiska kvôli zdrojom jedla, vody a prístrešku, kde môžu bezpečne odдыхovať, hniezdiť a ukrývať sa pred predátormi.

Potrava ako atraktant

Prostredie letiska predstavuje pre vtákov a iné zveri rozličné druhy potravy. Najčastejšie sa jedná o ovocné kríky a stromy, rastliny produkujúce semená, trávnu, vodné rastliny a inú vegetáciu, veľké množstvo hmyzu, červov, pavúkov, slimákov, prípadne veľké množstvo hlodavcov a malých vtákov, ktoré lákajú dravce. Ďalším významným zdrojom sú odpady na letisku alebo v jeho okolí, ktoré sú lákadlom najmä pre čajky a vtáky z čeľade krkavcovité [37, 38].

Voda ako atraktant

Jazerá, rybníky, ale aj kaluže (po daždi) lákajú veľké množstvo vtáctva. Predstavujú nie len zdroj pitnej vody, ale aj prostredie na pobyt pre vodné vtáctvo ako napríklad husi, kačice a labute, ktoré sú vďaka svojej veľkosti veľkým nebezpečenstvom pre lietadlo. Okrem toho sú taktiež vhodným prostredím pre hmyz a vodnú vegetáciu [37].

Prístrešok ako atraktant

Vtáky potrebujú prístrešok pre odpočinok, hniezdenie, prenocovanie ale aj ako útočisko pred dravcami, čo im dokáže poskytnúť infraštruktúra letiska. Najčastejšie sa jedná o rôzne otvory a nerovnomerné povrchy na budovách, hangároch, ale aj konštrukcie v prostredí letiska ako antény a rôzne značenia. Aplikáciou napríklad kovových drôtov/hrotov na tieto štruktúry je možné zabrániť pristátu vtáctva [37, 38].

4.2.2 Údržba trávnatých plôch

Tráva je pravdepodobne dominantným lákadlom vtáctva na letiskách. Krátka, ale aj dlhá tráva môžu predstavovať isté riziko, keďže každá z nich láka rôzne druhy vtákov. Preto každé letisko má vypracovaný špecifický plán na údržbu trávinatej plochy, ktorý závisí najmä na daných klimatických podmienkach a druhoch obývajúceho vtáctva. Vo všeobecnosti však platí, že dlhšie trávnaté plochy lákajú menšie množstvo vtáctva. Program údržby „Long-grass“ je využívaný po celom svete mnohými letiskami a predstavuje trávu vyššiu ako 15 cm. Mnohé druhy vtákov nepreferujú dlhé trávnaté porasty kvôli obťažnejšiemu pohybu, blokácií výhľadu a sťaženiu detekcie potravy. Výška trávinatej plochy sa taktiež môže upravovať v priebehu roka v závislosti na ročnom období a migrácií vtáctva. Na druhej strane sa vyššia tráva môže stať lákadlom pre hlodavce alebo hmyz, je preto nutné dôkladné monitorovanie z dôvodu potenciálneho zamorenia [37].

4.2.3 Údržba vodných plôch

Akékoľvek vodné plochy v okolí letiska sú obrovským lákadlom pre vtáctvo. Najlepším riešením je eliminácia vodných plôch. V prípade, že prítomnosť vodných plôch je žiadúca, je nutné ich vyčistiť od akejkoľvek vodnej vegetácie. Vodné plochy sú často opatrené sieťou, čím sa znemožní pristátie vtáctva na vode. Alternatívnym riešením je použitie tzv. „Bird balls“ (Obrázok 8). Ide o loptičky, ktoré pokryjú vodnú hladinu, dokážu sa jej ľahko prispôbiť, odolať silnejším vetrom; ich aplikácia a údržba je veľmi jednoduchá, ale sú pomerne drahé. Oblasti, kde sa hromadí voda po daždi/topení snehu by mali byť zaplnené, prípadne obstarané odtokovým systémom. V prípade odtokových priekop, je nutné ich pravidelné čistenie. Priekopy upchaté vegetáciou a erodovanou pôdou udržiavajú vodu, tá poskytuje nie len zdroj vody pre vtáctvo, ale aj vhodné prostredie pre hmyz [37].



Obrázok 7: Použitie bird ballov na Bruselskom letisku [39]

4.3 Aktívna biologická chrana letísk

Zatiaľ čo údržba prostredia na letisku a v jeho okolí je zásadná pre prevenciu proti stretom lietadiel s vtákmi, kompletná a efektívna prevencia pozostáva aj z ďalších opatrení, ktorým sa venuje aktívna BiOL. Aktívne metódy sa zakladajú na bezprostrednom plašení vtáctva, pričom je očakávané, že si vtáky spoja túto nepríjemnú skúsenosť s daným miestom a v budúcnosti sa mu budú vyhýbať. Existuje množstvo rôznych metód a ich užitie závisí od mnohých faktorov, najmä druhu vtáctva a ich počet. Vyššiu efektívnosť dosiahneme správnym kombinovaním rozličných metód. Musíme si taktiež uvedomiť, že postupom času si vtáky začnú zvykať a efektívnosť metód sa znižuje, je preto nutné používať čo najviac dostupných metód a obmieňať ich.

4.3.1 Pyrotechnické metódy

Pyrotechnické metódy sú najpoužívanejšou metódou a každé letisko by ňou malo byť vybavené. Jedná sa o použitie rôznych druhov munície ako delobuchy, šrapnely, špeciálne pyrotechnické náboje, výbušky a podobne. Niektoré druhy pyrotechniky okrem hlasitého výbuchu poskytujú záblesky svetla, čím okrem zvukového odstrašenia umožňujú aj vizuálne odstrašenie. Ďalšie zasa počas letu vydávajú piskľavý zvuk alebo nechávajú za sebou dymovú stopu. K odstrašeniu je odporúčané použitie čo najmenšieho možného množstva nábojov, pretože každý ďalší výstrel vedie k navyknutiu si vtáctva na výbuchy. Správne namierenou strelou je v čiastočnej miere možná kontrola pohybu vtáctva, čím nedôjde k ich splašeniu. Pri riadnom používaní tak poskytujú jednu z najúčinnějších metód, efektívnu počas dňa aj noci [37].

4.3.2 Bioakustické metódy

Množstvo druhov vtákov vydáva tiesňové volania (signály) v prípade zajatia, zranenia alebo v prípade iného nebezpečenstva. Niektoré druhy vtákov ako napríklad vrabec domový tiesňové signály vôbec nemajú. Tiesňové volania sú špecifické pre každý druh a okrem pár výnimiek majú vplyv iba na daný druh, preto je dôležité správne identifikovať o aký druh vtáctva sa jedná. Táto metóda spočíva vo vysielaní tiesňových volaní vtákov. Pre zvýšenie efektívnosti je často sprevádzaná výstrelmi alebo zvukmi predátora. Dôležitá je variácia prehrávaných zvukov ako aj časté premiestňovanie zdroja zvuku (najlepšia možnosť je pripevnenie na pojazdné vozidlo) z dôvodu návyku vtáctva na tieto zvuky. Použitie infrasonických a ultrasonických zvukov sa preukázalo byť neefektívnym [37, 38].

4.3.3 Chemické metódy

Podstata spočíva vo využití rôznych chemických látok s cieľom odpudiť vtáctvo pomocou chute, čuchu alebo nevoľnosti spôsobenej pozitím. Všetky používané látky musia byť registrované v rôznych environmentálnych a potravinových agentúrach a v danom štáte. Môže sa jednať o pridávanie chemických substancií do kaluží po daždi

alebo iných vodných plôch. Niektoré hnojivá aplikované na trávnaté plochy obsahujú prísady s cieľom odpudiť husi. Po požití trávy nastanú mierne nevoľnosť v dôsledku čoho sa husi následne týmto miestam vyhýbajú. Ďalšou aplikáciou sú lepkavé mazadlá používané napríklad na anténach a lampách s cieľom zamedzenia hovenia vtáctva na týchto miestach. Veľkou výhodou je, že si vtáctvo na túto metódu nenavykne. Množstvo z týchto chemikálií spôsobujú fyziologickú reakciu v tele vtáka, na ktorú sa vo všeobecnosti nedokážu prispôbiť [37, 40].



Obrázok 8: Použitie metylantranilátu na kaluž vody [40]

4.3.4 Drony

Metóda spočíva vo využívaní lietajúcich modelov pomocou diaľkového ovládania. Využívajú sa rôzne modely, no najčastejšie sa jedná o modely, ktoré svojím vzhľadom pripomínajú predátora a vytvárajú tak dojem ako keby sa v blízkosti nachádzal skutočný predátor. Niektoré modely vydávajú aj zvuky a poskytujú tak aj zvukové plašenie. V porovnaní s použitím skutočných dravcov, RC (radio-controlled) modely eliminujú riziko nepredvídateľného správania, ktoré aj napriek výcviku môže za určitých okolností nastať. Možnosť presného ovládania modelu poskytuje pomerne presné korigovanie pohybu vtáctva pri ich plašení. Dynamická prítomnosť modelu, cháni pred vrátením sa vtákov na dané miesto. Na druhej strane vyžaduje skúsený personál, častú údržbu a jeho zaobstaranie je finančne nákladnejšie. Taktiež nie je prevádzky schopný pri zlých poveternostných podmienkach [37].



Obrázok 9: Dron a jeho operátor na letisku v anglickom meste Southampton [41]

4.3.5 Biologické metódy

Dravé vtáky

Trénované sokoly a iné druhy dravých vtákov boli používané na rôznych letiskách v Európe a Severnej Amerike od 40-tych rokov minulého storočia [40]. Táto metóda teda využíva trénovaných dravých vtákov, najčastejšie sa jedná o jastraba. Efektívnosť spočíva v prirodzenom strachu vtákov pred dravcami. Dravé vtáky sú využívané na rozháňanie a odstrašovanie vtákov, v niektorých prípadoch aj k ich usmrteniu. Ak trénovaný dravec z času na čas nejakého vtáka neuloví, vtáky si na jeho prítomnosť veľmi rýchlo zvyknú a efektívnosť tejto metódy tak značne klesá. Niekedy je pre vyššiu efektívnosť sprevádzaná aj pyrotechnickými metódami. Pretože o dravce je treba sa neustále starať špecializovaným personálom, jedná sa o finančne nákladnú metódu. Ďalšou nevýhodou je nemožnosť využívať dravce pri nepriaznivých podmienkach ako hustá hmla, vysoké teploty, silný dážď a vietor [37, 40].

Lovecké psy

Využitie trénovaných psov, najmä Borderských kólií, na rozháňanie plašenie vtákov a iných druhov zverov z prostredia letiska sa začalo používať v nedávnej dobe. Rovnako ako pri využití dravých vtákov, výhodou tejto metódy je vystavenie vtáctva prirodzenému predátorovi. Nevýhodou je opäť, že personál sa o psa musí neustále starať a trénovať ho, čo znamená veľké finančné náklady. Na rozdiel od dravých vtákov môžu psy pracovať v takmer všetkých podmienkach a myjú vplyv aj na väčšie druhy vtáctva ako napríklad husi. Na druhej strane nemajú takmer žiaden vplyv na vtáky lietajúce ponad letiskom [37, 40].

Na využívanie biologických metód je potrebný špecializovaný a vysoko kvalifikovaný personál. Okrem loveckých psov a dravých vtákov, ktorí sú najviac rozšírení sa využívajú aj iné druhy zvierat ako napríklad mačkovité šelmy.

Všetky uvedené metódy majú svoje výhody a nevýhody, nedá sa tvrdiť, že niektorá z nich je účinnejšia menej a iná viac. Pre spoľahlivú a efektívnu ochranu letiska je nutné tieto metódy vhodne kombinovať a obmieňať, aby nedošlo k adaptácií vtákov na aktuálne používané metódy.

5. MOŽNÉ ĎALŠIE POSTUPY

Vzhľadom k neustále rastúcemu počtu stretov lietadiel s vtákmi je dôležité sa aj naďalej snažiť znižovať riziko stretu.

Jedným z možných prístupov zníženia rizika je zamerať sa na oblasť letiska, keďže práve v nej dochádza k veľkému množstvu stretov. V posledných rokoch boli mnohé letiská zaobstarané radarmi, slúžiacimi k detekcii a sledovaniu pohybu vtáctva. Spočiatku boli radary schopné zaznamenať iba polohu vtáka bez údajov o jeho výške, ale postupom času sa stali dostupnými aj radary zaznamenávajúce polohu vtáka v priestore. Vo všeobecnosti sa dosah radarov ako aj kvalita dát, ktoré poskytujú stále zlepšuje. Kvalita dát o mieste výskytu vtáctva je veľmi dôležitá z hľadiska použitia aktívnych metód BiOL, preto s presnejším vybavením môžeme dosiahnuť vyššiu efektivitu prevencie stretov. Tak isto by tieto radary v budúcnosti nemuseli slúžiť iba na detekciu, ale s ďalším vývojom by mohli tieto dáta posielat' priamo pilotom, tak ako majú k dispozícii aj informácie o počasí. Tí by tak mali lepší prehľad o aktuálnej situácii v okolí letiska. Ďalej by mohli poskytovať údaje o veľkosti a rýchlosti daného vtáka, čím by bolo možné určiť veľkosť nebezpečenstva, ktoré pre lietadlo predstavuje a vyhodnotiť tak ďalšie kroky.

Prínosným môže byť taktiež kombinácia automatizovaných systémov plašenia vtákov, ktoré sa v určitej miere v súčasnej dobe používajú a dát radaru. Automatizované systémy môžu byť ovládané personálom na diaľku alebo nejakým softvérom. Prístupom k dátam z radaru by mali prehľad o polohe vtákov a reálnom čase, čím by mohli efektívne plašiť vtáctvo, nie len v určitých časových intervaloch na čo sa vtáky rýchlo adaptujú. S implementáciou termálnej kamery by nedošlo k poklesu účinnosti ani v priebehu noci. Okrem toho môžu automatizované systémy pracovať za akýchkoľvek meteorologických podmienok.

Ďalším prístupom je zameranie sa na samotné lietadlá. Zníženie rizika stretu by mohlo byť dosiahnuté zvýšením miery stúpania, čím by sme zmenšili čas strávený v menších nadmorských výškach, ktoré sú veľmi rizikové. Tak isto lietadlom nižšími rýchlosťami v menších nadmorských výškach, čím by došlo k zmenšeniu energie prípadného nárazu.

Na lietadlo by ďalej mohol byť implementovaný spomínaný radar. Mohlo by sa tak predísť prípadným stretom aj vo väčších nadmorských výškach, kde sú strety závažnejšie. Radar by informácie o polohe vtákov posielal do palubného počítača a piloti by tak mali prehľad o potenciálnom nebezpečenstve. Ak by mal radar dostatočne veľký rozsah, bolo by možné zachytiť približujúceho sa vtáka dostatočne včas a podniknúť tak kroky, aby sme stretu predišli, napríklad zmenou výšky. Obdobne by sme lietadlo mohli vybaviť zvukovým plašičom, bolo by však nutné mať informácie o druhu vtáka, aby sme vedeli zvoliť správne tiesňové signály. Bolo by určite nutné upraviť vysielanú frekvenciu

vzhľadom na to, že lietadlo sa pohybuje nezanedbateľnou rýchlosťou. Otázne je, či pre veľký hluk vychádzajúci z motorov by bol vták schopný tento signál zachytiť. Taktiež je nutné zmieniť, že implementovanie systému do lietadla, v ktorom sa už aj tak nachádza veľké množstvo systémov, by bolo náročné a zvlášť u systému, ktorého účinnosť je otázna aj nepraktické.

Pozornosť môžeme taktiež zamerať aj na jednotlivé časti lietadla. Pomocou použitia rôznych simulačných softvérov je možné simulovať stret lietadla s vtákom a dosiahnuť výsledky blížiac sa skutočnosti. Je tak možné vykonávať experimenty bez zničenia reálnych komponentov. Vďaka tomu budeme môcť navrhovať jednotlivé časti lietadla s takou štruktúrou, aby prípadný stret s ňou spôsobil čo najmenšie škody.

ZÁVER

Úvod tejto bakalárskej práce je venovaný stručnému prehľadu a charakteristike významných faktorov ovplyvňujúcich pravdepodobnosť stretu lietadla s vtákom a taktiež aj jeho dôsledky a závažnosť. Mnohé z týchto faktorov ako napríklad ročné obdobie alebo nadmorskú výšku nedokáže s cieľom zníženia rizika stretu ovplyvniť. Ak sa však bližšie zameriame na samotných vtákov, zistíme, že ich videnie je rôzne od toho nášho. Túto skutočnosť dokážeme využiť v náš prospech pri vzhľade lietadiel. Použitím svetlejšej farby na lietadle alebo navigačného svetla o kratšej vlnovej dĺžke dokážeme znížiť počet stretov lietadiel s vtákmi.

Vzhľadom k faktu, že letecké motory bývajú najčastejšie poškodzované, čo predstavuje nie len finančný, ale hlavne bezpečnostný problém. Aj veľké množstvo leteckých nešťastí zapríčinených vtákmi je práve v dôsledku nasatia vtáka do motora, preto je veľká časť venovaná aj testovaniu leteckých motorov. Regulácie týkajúce sa testovania leteckých motorov ale aj predpisov upravujúcich požiadavky leteckých konštrukcií na odolnosť pri strete s vtákom sa neustále upravujú a pridávajú nové požiadavky, tak aby boli proti týmto udalostiam čo najodolnejšie.

Oblasť letiska je pre vtákov veľmi atraktívna, zabrániť im však k prístupu do jeho areálu je zložitá. Týmto problémom sa zaoberá biologická ochrana letiska. Pomocou pasívnych aj aktívnych metód sa snaží minimalizovať riziko stretu. Pasívne metódy, ako úprava trávnatých plôch a vodných plôch je podľa mňa veľmi dôležitá, pretože ňou odstránime rôzne atraktanty a vtáky to nebude na letisko tak priťahovať a jedná sa tak o dlhodobé riešenie problému. Na rôzne metódy aktívneho plašenia sa vtáka schopné sa rýchlo adaptovať, to však nič nemení na ich dôležitosti, je ale nutné preto ich často obmieňať.

S rýchlym rozvojom technológií je do budúcnosti môžeme predpokadať využitie rôznych systémov, aj plne automatizovaných, a zariadení slúžiacich na lepšiu detekciu pohybu vtáctva, ktoré by mali ešte výraznejšie napomôcť minimalizovaniu rizika stretu

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] *Boeing: Strategies for Prevention of Bird-Strike Event* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2011_q3/4/
- [2] ALLAN, John R. *DigitalCommons: THE COSTS OF BIRD STRIKES AND BIRD STRIKE PREVENTION* [online]. 2000 [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1017&context=nwrchumanconflicts>
- [3] *SKYbravy: Bird Strike* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://skybrary.aero/articles/bird-strike>
- [4] MARAGAKIS, Ilias. *EASA: Bird population trends and their impact on Aviation safety 1999-2008* [online]. 2009 [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/615.pdf>
- [5] *Australian Transport Safety Bureau: Australian aviation wildlife strike statistics 2008 – 2017* [online]. 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.atSB.gov.au/publications/2018/ar-2018-035/>
- [6] JURAČKA, Jaroslav, Jiří CHLEBEK a Viktor HODAŇ. *Bird strike as a threat to aviation safety* [online]. 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146521008826>
- [7] *Calaméo: Analyse de risque animalier en France 2010-2013* [online]. 2015 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://de.calameo.com/read/000687261c8f500e036b0>
- [8] *ICAO: Bird Strike Control and Reduction in JAPAN* [online]. 2014 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.icao.int/APAC/Meetings/2014%20AOPWP2/WP%2018,%20-%20PRESENTATION%20-%20Bird%20Strike%20Control%20and%20Reduction%20in%20Japan.pdf>
- [9] *ICAO: The First Meeting of an Aerodrome Operations and Planning Sub-Group* [online]. 2017 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://docero.com.br/doc/e5e50c8>
- [10] *CAA: Reported birdstrikes 2012-2016* [online]. [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.caa.co.uk/media/ynyhgvh0/20170316-reported-birdstrikes-2012-2016.pdf>
- [11] *FAA: Wildlife Strike to Civil Aircraft in the United States, 1990-2020* [online]. 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.faa.gov/airports/airport_safety/wildlife/media/Wildlife-Strike-Report-1990-2020.pdf
- [12] *ICAO: 2008 - 2015 WILDLIFE STRIKE ANALYSES (IBIS)* [online]. 2017 [cit. 2022-02-12]. Dostupné z: [https://www.icao.int/safety/IBIS/2008%20-%202015%20Wildlife%20Strike%20Analyses%20\(IBIS\)%20-%20EN.pdf](https://www.icao.int/safety/IBIS/2008%20-%202015%20Wildlife%20Strike%20Analyses%20(IBIS)%20-%20EN.pdf)

- [13] ELLERBROEK, Joost, Isabel C. METZ a Thorsten MÜHLHAUSEN. *ResearchGate: The Bird Strike Challenge* [online]. 2020 [cit. 2022-02-12]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/339922272_The_Bird_Strike_Challenge
- [14] EASA: *Bird Strike Damage & Windshield Bird Strike* [online]. 2009 [cit. 2022-02-21]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Final%20report%20Bird%20Strike%20Study.pdf>
- [15] *Scarecrow: Bird Strike Statistics* [online]. [cit. 2022-02-14]. Dostupné z: <https://www.scarecrow.eu/bird-strike-statistics/>
- [16] FERNÁNDEZ-JURICIC, Esteban, Jimmy GAFFNEY, Bradley F. BLACKWELL a Patrice BAUMHARDT. *ResearchGate: Bird Strikes and Aircraft Fuselage Color: A Correlational Study* [online]. 2011 [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/267780338_Bird_Strikes_and_Aircraft_Fuselage_Color_A_Correlational_Study
- [17] DOLBEER, Richard A. a William J. BARNES. *Digital Cosmos: Positive bias in bird strikes to engines on left side of aircraft* [online]. 2017 [cit. 2022-02-26]. Dostupné z: <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1396&context=hwi>
- [18] *The New York Times: SCIENCE WATCH; Bird-Plane Collisions* [online]. [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://www.nytimes.com/1986/11/11/science/science-watch-bird-plane-collisions.html>
- [19] *Engineerine: What are Aircraft Engine Spiral and Why are they used?* [online]. 2021 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://www.engineerine.com/2021/11/what-are-aircraft-engine-spiral-and-why.html>
- [20] *National Park Service: 1903-The First Flight* [online]. [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://www.nps.gov/wrbr/learn/historyculture/thefirstflight.htm>
- [21] *Wrightstories: BIRD STRIKES* [online]. [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://wrightstories.com/bird-strikes/>
- [22] *Wikipedia: Calbraith Perry Rodgers* [online]. [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Calbraith_Perry_Rodgers
- [23] *Worldhistoryproject: Eastern Air Lines Flight 375 Crashes* [online]. [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: <https://worldhistoryproject.org/1960/10/4/eastern-air-lines-flight-375-crashes>
- [24] *Wikipedia: US Airways Flight 1549* [online]. [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/US_Airways_Flight_1549
- [25] *Wikipedia: Ural Airlines Flight 178* [online]. [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Ural_Airlines_Flight_178
- [26] *ÚZPLN: FINAL REPORT* [online]. 2009 [cit. 2022-03-20]. Dostupné z: https://uzpln.cz/pdf/incident_PDFLRvFK.pdf

- [27] *Los Angeles Times: B-1 Bomber 'Ingests' Birds, Crashes* [online]. [cit. 2022-03-25]. Dostupné z: <https://www.latimes.com/archives/la-xpm-1987-09-29-mn-11023-story.html>
- [28] *Wikipedia: 1995 Alaska Boeing E-3 Sentry accident* [online]. [cit. 2022-03-25]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/1995_Alaska_Boeing_E-3_Sentry_accident
- [29] *Armádní noviny: Srážka L-159 s ptákem: Ukázka nejčastější příčiny nehody* [online]. 2016 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.armadninoviny.cz/srazka-l-159-se-supem-nejcastejsi-pricina-nehody.html>
- [30] *EASA: Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Engines (CS-E)* [online]. 2020 [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/downloads/116287/en>
- [31] *EASA: Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Large Aeroplanes CS-25* [online]. 2011 [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/agency-measures-docs-certification-specifications-CS-25-CS-25-Amendment-11.pdf>
- [32] *EASA: Means of Compliance with the Special Condition VTOL* [online]. 2021 [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/downloads/127717/en>
- [33] *OLBS: Co je biologická ochrana a k čemu slouží* [online]. [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://www.olbs.cz/>
- [34] *Jiří Gallat: Naše činnost* [online]. [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.jirigallat.cz/nase-cinnost-s2>
- [35] *PŘEDPISY: ICAO Annex (L)* [online]. [cit. 2022-04-16]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- [36] *Středoluky: OOP Ochranná ornitologická pásma letiště Praha – Ruzyně* [online]. 10. 6. 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <http://stredokluky.cz/oop-ochranna-ornitologicka-pasma-letiste-praha-ruzyne/>
- [37] MACKINNON, Bruce. *Wildlife Control* [online]. Ottawa, Canada, 2002 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/6047.pdf>
- [38] *Wildlife hazard management at aerodromes* [online]. 2017 [cit. 2022-04-18]. Dostupné z: https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP772_Issue2.pdf
- [39] *EURO-MATIC: Water-filled Bird Ball™ at Brussels Airport* [online]. 2016 [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://euro-matic.eu/hu/en/references/offloading-bird-balls-at-brussels-airport/>
- [40] DOLBEER, Richard A. a Edward C. CLEARY. *Wildlife Hazard Management at Airports* [online]. 2005 [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: https://www.faa.gov/airports/airport_safety/wildlife/resources/media/2005_FAA_Manual_complete.pdf

- [41] *BBC: Drone bird of prey trialled at Southampton Airport* [online]. 2018 [cit. 2022-05-16]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/av/uk-england-hampshire-43705789>
- [42] *ÚZPLN: Porady k bezpečnosti* [online]. [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: <https://uzpln.cz/porady-k-bezpecnosti>

ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1:	Priemerný počet stretov s vtákmi na 10000 letov pre rôzne krajiny.....	11
Tabuľka 2:	Strety lietadiel s vtákmi a poškodzujúce strety v závislosti na fáze letu.....	16
Tabuľka 3:	Hmotnosť vtáka použitého pri teste v závislosti na ploche vstupného hrdla motora.....	28
Tabuľka 4:	Počet a hmotnosť vtákov použitých pri teste v závislosti na ploche vstupného hrdla motora.....	29

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1:	A-Zasahované časti lietadla, B-Poškodzované časti lietadla.....	18
Obrázok 2:	Rôzne typy špirál na aerodynamickom kryte náboja dmyhadla.....	21
Obrázok 3:	Vrak lietadla Lockheed L-188 Electra.....	22
Obrázok 4:	Evakuácií ľudí z lietadla po pristátí na rieke Hudson.....	23
Obrázok 5:	Poškodenie motora po strete s vtákom.....	24
Obrázok 6:	Poškodenie krídla lietadla L-159 po strete so supom.....	25
Obrázok 7:	Použitie bird ballov na Bruselskom letisku.....	37
Obrázok 8:	Použitie metylantranilátu na kaluž vody.....	39
Obrázok 9:	Dron a jeho operátor na letisku v anglickom meste Southampton.....	40

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK

ANA	All Nippon Airways Japonská letecká spoločnosť
BiOL	Biologická ochrana letiska
CS	Certification Specification Certifikačné špecifikácie
ČR	Česká republika
EASA	European Aviation Safety Agency Európska agentúra pre bezpečnosť aletectva
FAA	Federal Aviation Administration Federálna správa letectva
IBIS	Bird Strike Information System Informačný systém o strete s vtákmi
ICAO	International Civil Aviation Organization Medzinárodná organizácia pre civilné letectvo
RC	Radio-controlled Kontrolovaný pomocou rádiových vln
RWY	Runaway Runvej
USA	United States of America Spojené štáty americké
USD	The United States dollar Americký dolár
UVS	Ultraviolet-sensitive Citlivý na ultrafialové žiarenie
VS	Violet-sensitive Citlivý na fialovú farbu viditeľného svetla
VTOL	Vertical Take-Off and Landing Lietadlá, ktoré môžu vzlietavať a pristávať vertikálne

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV

A	plocha vstupného hrdla motora	(m ²)
E _K	kinetická energia nárazu	(J)
m	hmotnosť vtáka	(kg)
v	rýchlosť lietadla	(m·s ⁻¹)
v _c	cestovná rýchlosť	(m·s ⁻¹)
v ₁	minimálna možná rýchlosť	(m·s ⁻¹)
ft	stopa	(1 ft = 30,48 cm)

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha A: Počet stretov lietadiel s vtákmiv ČR

Príloha B: Ornitologické pásma na Ruzyňskom letisku v Prahe