
EDITORIAL BOARD

REDAKČNÁ RADA

Head of the editorial board

prof. Ing. Antonín Kazda, PhD.
University of Žilina,
The Slovak Republic

Editor in chief

doc. Ing. Martin Bugaj, PhD.
University of Žilina,
The Slovak Republic

Members of editorial board

prof. Ing. Dušan Kevický, PhD.
University of Žilina,
The Slovak Republic

prof. Ing. Andrej Novák, PhD.
University of Žilina,
The Slovak Republic

prof. Dr. Obrad Babic
University of Belgrade,
Serbia

prof. dr. sc. Sanja Steiner
University of Zagreb,
Croatia

prof. Dr. habil. Jonas Stankunas
Gediminas Technical University Vilnius,
Lithuania

doc. Ing. Jakub Kraus, PhD.
Czech Technical University in Prague,
The Czech Republic

prof. Ing. Ján Pila, PhD.
Silesian University of Technology,
Poland

doc. Ing. Jaroslav Juračka, PhD.
Institute of Aerospace Engineering,
Brno, The Czech Republic

prof. Dr. Johan Wideberg
University of Sevilla,
Spain

Richard Moxon
Cranfield University,
United Kingdom

Dr. Francisco García Benítez
University of Seville,
Spain

Dr.h.c. doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD.
MBA, LL.M
Technical University of Košice,
The Slovak Republic

prof. dr. sc. Ivica Smojver
University of Zagreb,
Croatia

associate prof., Jacek Buko, PhD.
University of Szczecin,
Poland

associate prof. Ing. Anna Stelmach
Warsaw University of Technology,
Poland

prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
Czech Technical University in Prague,
The Czech Republic

prof. Dr. Romana Sliwa
Rzeszow University of Technology,
Poland

REGISTER

OBSAH

NEW TECHNOLOGY AND ENTERTAINMENT SYSTEM FOR PASSENGERS
NOVÉ TECHNOLOGIE A ZÁBAVNÝ SYSTÉM PRE CESTUJÚCICH

3

Novák, A., Lusiak, T., Kováčik, L.

PROPOSAL OF THE TECHNICAL SOLUTION FOR LOCATION OF BRS SYSTEM
NÁVRH TECHNICKÉHO RIEŠENIA UMIESTNENIA SYSTÉMU BRS

8

Škultéty F., Čerňan J., Rostáš, J.

ANALYSIS OF AIRCRAFT MAINTENANCE PROCESSES
ANALÝZA PROCESOV ÚDRŽBY LIETADIEL

12

Bugaj, M., Pecho, P., Lusiak, T., Janovec, M., Urminský, T.

IMPACT OF AUTOMATION ON MANUAL FLYING SKILLS
VPLYV AUTOMATIZÁCIE NA LETOVÉ ZRUČNOSTI PILOTA

17

Škvareková, I., Pecho, P., Kandra, B.

THE IMPACT OF UAVS OPERATIONAL HEIGHT TO NOISE POLLUTION DURING AIR WORKS
DOPAD PREVÁDZKOVEJ VÝŠKY UAV NA ŠÍRENIE HLUKU POČAS LETECKÝCH PRÁC

23

Ažaltovič, V., Pecho, P., Kandra, B.

ESCAPE LIGHT SIMULATOR
SIMULÁTOR ESCAPE LIGHT

28

Materna, M.

NOVÉ TECHNOLOGIE A ZÁBAVNÝ SYSTÉM PRE CESTUJÚCICH

NEW TECHNOLOGY AND ENTERTAINMENT SYSTEM FOR PASSENGERS

Andrej Novák
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
andrej.novak@fpedas.uniza.sk

Tomasz Lusiak
Mechanical Engineering Faculty
Lublin University of Technology
Nadbystrzycka 38 D
20 – 618 Lublin, Poland
t.lusiak@pollub.pl

Lubomír Kováčik
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
kovacikl@gmail.com

Abstract

The paper describes new technology and entertainment system for passengers. Aviation, as one of the fastest developing segment of transportation demands new requirements on daily basis. The passengers of air transportation are more demanding because of modern lifestyle influence, therefore they want to have their life standards also during the flights. In fact, entertainment systems for passengers are great tools for achieving desired comfort and that is the sign that creation of our scientific paper is based on recency and we can say that problem of entertainment systems in aircraft will be solved by air companies more often. Nevertheless, many airlines do not respect the passengers market needs in the field the of on-board entertainment market. It is to be expected that on board entertainment of individual airline companies will be one of the primary features that potential customers will notice when buying a ticket.

Keywords

aircraft, entertainment system, air transport, personal electronic devices, wifi

1. Úvod

Prvý známy let obsahujúci akúkoľvek zábavnú činnosť určenú pre pasažierov na palube lietadla bol let leteckej spoločnosti Aeromarine Airways v roku 1921. Jednalo sa o poznávací let okolo amerického mesta Chicago a premietaný bol tematický film s názvom Howdy Chicago. O štyri roky neskôr britská spoločnosť Imperial Airways odprezentovala pre svojich pasažierov film s názvom The Lost World počas letu medzi Londýnom a Parížom. V roku 1932 bola spoločnosťou Western Air Express do lietadla Fokker F-10 nainštalovaná prvá televízia s názvom Media Event. Po druhej svetovej vojne bolo niekoľko pokusov o vytvorenie zábavného systému na palube lietadla, pričom prvé lietadlo koncipované pre palubnú zábavu bolo Bristol Brabazon, ktoré lietal na spojoch medzi USA a Veľkou Britániou. Avšak toto lietadlo s kinom nemalo úspech, pretože ľudia trávili čas skôr čítaním kníh, časopisov. Postupne sa začali na palube lietadla objavovať slúchadlá, v počiatkoch pneumatické, ktoré neskôr vytlačili elektronické. Premietачky filmov boli vytlačované tranzistorovými videoprehrávačmi značiek Sony a Ampex, ktoré vysielali video signál do CRT (Cathode Ray Tube) monitorov inštalovaných do hornej časti kabíny pre cestujúcich. Zvuk bol vysielaný do slúchadiel nachádzajúcich sa pri sedadlách. Začali pribúdať aj nové audio systémy. Boeing 757 bol prvý letún, ktorý obsahoval zábavné systémy v oboch formách, video aj audio projekciu. V roku 1988 bol spoločnosťou Airvision Company predstavený prvý „in seat“ (sedadlový) systém, systém 2,7 palcových LCD (Liquid Crystal Display) monitorov vstavaných do jednotlivých sedadiel. Táto zmena priniesla obrovský úspech a revolučnú zmenu v smerovaní palubných systémov pre cestujúcich (Telegraph, 2016).

1.1. Palubné systémy pre cestujúcich

Komponenty palubných systémov pre cestujúcich môžeme rozdeliť na komponenty pre cestujúcich a palubné systémové komponenty. Komponenty pre cestujúcich sú časti systému, ktorými pasažieri priamo využívajú služby zábavných systémov (IFE – In Flight Entertainment). Palubné systémové komponenty sú časti systému, vďaka ktorým spoľahlivo fungujú komponenty pre cestujúcich. Komponenty pre cestujúcich sú tvorené predovšetkým:

- aktívnym alebo pasívnym sedadlom,
- zobrazovacím zariadením,
- diaľkovým ovládaním IFE,
- ozvučením, resp. slúchadlami,
- osobným elektronickým zariadením (smartfón, tablet, notebook).

Palubné systémové komponenty sú nevyhnutnou súčasťou palubných systémov pre cestujúcich. Bez ich prítomnosti by nebolo možné pozerať na palube lietadla filmy, počúvať hudbu, či surfovať na internete. Požiadavky na funkčnosť, bezpečnosť a jednoduchosť systémových komponentov sa každoročne zvyšujú. Výrobcovia sú nútení nájsť vhodnú alternatívu medzi zvyšujúcimi sa nárokmi pasažierov na kvalitu a funkčnosť palubných systémov a bezpečnosťou a jednoduchosťou systémových komponentov. Keďže diverzita cestujúcich na palube lietadla je bohatá, systém musí byť nastavený tak, aby ho bol schopný ovládať cestujúci, ako aj palubný personál. Systém je postavený na dátových sieťach. Medzi hlavné letecké ethernetové siete patria SpaceWire, MIL-STD-1553, AFDX a TTE. Táto technológia má početné výhody, ako napríklad skvelé komunikačné vlastnosti, vysokú spoľahlivosť a odolnosť voči okolitým rušivým elementom. Nevýhodou tohoto riešenia

je pomerne vyššia hmotnosť inštalácie, kabeláž, zásuvky a aktívne prvky infraštruktúry. Druhým typom siete je SpaceWire, vykonávajúca svoju činnosť na základe IEEE 1355 štandardu. IEEE 1355 je dátový komunikačný štandard pre heterogénne prepojenie (HIC). Tretím typom siete je Avionics Full Duplex Switched Ethernet (AFDX), ktorú používa spoločnosť Airbus, má patentovanú vlastnú ethernetovú sieť s názvom Avionics Full Duplex Switched Ethernet (AFDX). Sieť funguje na princípe kaskádovo hviezdicovej topológie, čo má za následok zmenšenie celkovej dĺžky a hmotnosti kabeláže. Samotná sieť AFDX obsahuje ďalšie subsystémy. Spolu vytvárajú takzvanú AFDX Interconnect sieť. Súčasťou tejto siete však nie sú prepínače a iné koncové zariadenia. Prepínače sú špeciálne vyvíjané pre AFDX sieť. AFDX sa momentálne používa v mnohých lietadlách vrátane typov Airbus A380 a Boeing B787 Dreamliner. Štvrtým typom siete je Time-Triggered Ethernet (TTE), ktorá bola pôvodne vyvinutá vývojármi z Real-Time System Group na pôde Viedenskej univerzity v roku 2000. Následne bola sieť modifikovaná viacerými spoločnosťami do podoby privátnej siete. TTE sieť je používaná vo viacerých typoch lietadiel od rôznych výrobcov. V lietadlách typu Airbus A380 sa používa v systém regulácie tlaku v lietadle. V letúnoch typu Boeing B787 Dreamliner je používaná ako regulátor výkonu a tlaku v kabíne. Siete AFDX a TTE sú bezpochyby výbornou voľbou pre implementáciu do lietadiel, pretože disponujú mnohými výhodami akými sú rýchlosť, zredukovaná latencia, finančná nenáročnosť a spoľahlivosť. Prostredníctvom týchto sietí možno ovládať širokú škálu systémov v lietadle, od elementárnych až po tie najzložitejšie a najcitlivejšie na chybovosť. Piatym typom siete je bezdrôtová sieť WiFi a Bluetooth, ide o technológiu, ktorá umožňuje bezdrôtové pripojenie k sieti. Je využívaná po celom svete v domácnostiach, komerčných, či priemyselných sférach preto má aj svoje obmedzenia a limity, hlavne z pohľadu bezpečnosti a možnosti nasadenia na citlivých systémoch na chybovosť (Jahn a Holzbock, 2003). Šiestym typom siete je PowerLine komunikácia, alebo PLC sieť, je to komunikačná sieť navrhnutá na prenos dát prostredníctvom elektrických káblov, ktoré sú schopné prenášať elektrickú energiu a dáta. PLC modemy (prevodníky signálu) sú v sieti použité na zmenu signálu a jeho moduláciu na napájacie napätie. Použitie existujúcej káblovej infraštruktúry môže radikálne znížiť inštalačné náklady. V lietadlách sa však využíva striedavé napätie 115V/400 Hz, čo neumožňuje použitie technológie určené pre komerčných zákazníkov na zemi (Hrasnica et al., 2004).

1.2. Funkcie palubných systémov pre cestujúcich

IFE systémy sú komplexné palubné systémy slúžiace prevažne na poskytnutie príjemného a zábavne stráveného času pasažierom na palube lietadla počas jednotlivých letov. Služby poskytované palubnými systémami pre cestujúcich sú sprostredkované prostredníctvom softvérových a hardvérových komponentov. Niektoré časti sú priamo ovládateľné cestujúcimi, iné dokážu pracovať samostatne. Mnohí nezainteresovaní čitatelia si môžu pod pojmom zábavných systémov predstaviť pozeranie filmov, či hranie hier na palube lietadla. Jedná sa však o omnoho obsiahlejší, komplexnejší systém, pričom jeho hlavné funkcie sú:

1. Komunikácia s posádkou lietadla. Palubné systémy pre cestujúcich sú síce v najväčšom rozsahu určené pre pasažierov samotných a pre uspokojenie ich potrieb, no môžu byť vo veľkej miere použiteľné ako komunikačný

nástroj medzi cestujúcimi a posádkou lietadla. Ak sa zameriame na palubných sprievodcov, komunikácia s pasažiermi prostredníctvom palubných zábavných systémov je predurčená k uľahčeniu ich práce a zvýšeniu bezpečnosti. Príkladom toho je, že mnohé letecké spoločnosti v dnešnej dobe uľahčujú prácu palubným sprievodcom tak, že do palubných systémov pre cestujúcich inštalujú video demonštráciu bezpečnostných prvkov a núdzového stavu lietadla, ako napríklad rozmiestnenie núdzových východov, umiestnenie záchranných viest a dýchacích masiek a ich správna aplikácia, správne použitie bezpečnostného pásu a iné.

2. Zábavné služby. Zábavné služby tvoria základ palubných zábavných systémov pre cestujúcich. Ich hlavným cieľom je poskytovanie multimedialného obsahu pasažierom za účelom spríjemnenia času na palube lietadla. Sú to služby s poskytovaním audia, ako je počúvanie hudby, rozhlasového vysielania. Poskytovanie filmovej zábavy, teda prenos videa cestujúcemu na základe existujúcej ponuky na palube lietadla, resp. prenášaného on-line cez satelit. Ďalšiu skupinu tvoria videohry, ktoré sú veľmi populárne medzi cestujúcimi, pričom umožňujú hrať aj skupinové hry medzi cestujúcimi. Táto aktivita však zahŕňa pomerne jednoduchú grafiku resp. obmedzený výkon zobrazenia. Posledným typom je poskytovanie e-dokumentov na čítanie, to je zastúpená hlavne časopismi, e-magazínmi a elektronickými knihami.
3. Business služby. Business služby sú poskytované vo vyšších cestovných triedach. Keďže vysoké percento cestujúcich v business, alebo prvých triedach sú na služobných cestách, respektíve potrebujú riešiť svoje pracovné povinnosti, potrebujú byť pripojení na internet, mobilnú telekomunikačnú, verejnú telefónnu sieť, ale aj na zdroj elektrickej energie pre prácu s notebookom resp. elektronickými zariadeniami.
4. Predajné služby. Letecké spoločnosti využívajú cestujúcich na palube lietadla na predaj komerčných produktov. Či už sa jedná o priame produkty spoločnosti, alebo produkty iných zmluvných partnerov, reklama je neprehliadnuteľná. Niektorí pasažieri majú potrebu využiť ponuku na kúpu suvenírov, iní zase takýmto štýlom nakupovania trávia dlhé hodiny jednotlivých letov. Reklama distribuovaná palubným systémom môže byť nastavená na reklamovanie produktov dostupných priamo v lietadle, produktov a služieb na letisku, alebo iných miestach, s ktorými má daná letecká spoločnosť zmluvný vzťah (Liu et al., 2007).
5. Zdravotné a asistenčné služby. Zdravotná služba na palube lietadla funguje na princípe senzorov, ktoré vedia zaznamenať a informovať posádku lietadla o zdravotných problémoch jednotlivých cestujúcich. Počas letu sú pasažieri vystavovaní mnohým rušivým elementom, (nadmerná dĺžka letu, dehydratácia, zmena tlaku, hluk motorov, ostatní cestujúci), kvôli ktorým môže nastať zhoršenie fyzického, alebo psychického stavu cestujúcich. Sensory môžu zaznamenať zmeny v zdravotnom stave a včas upozorniť palubných sprievodcov, aby mohli zakročiť a zmierniť tak efekty rušivých elementov. Sensory moderných sedadiel by mali byť schopné merať elektrokardiogram (EKG), elektrodermálnu aktivitu (EDA), dýchaciu aktivitu a telesnú teplotu, obmedziť hluk na

palube lietadla, napr. systémami na aktívne potlačanie hluku od firmy Bose. Všetky tieto údaje poskytujú všeobecný prehľad o zdravotnom stave cestujúcich (Tan et al., 2009), (Badánik, 2018).

2. Palubné systémy pre cestujúcich a ich smerovanie

Budúci vývoj samotných letov, a tým pádom aj palubných systémov pre cestujúcich, bol predznamenán niekoľkými míľnikmi v letectve v roku 2018. Prvou udalosťou bolo zavedenie 17 hodinového letu austrálskej spoločnosti Qantas z austrálskeho mesta Perth do anglického Londýna a druhou ešte významnejšou udalosťou bolo otvorenie najdlhšieho priameho spojenia na svete spoločnosťou Singapore Airlines zo Singapuru do americkej metropoly New York letu trvajúceho 17 hodín a 52 minút.

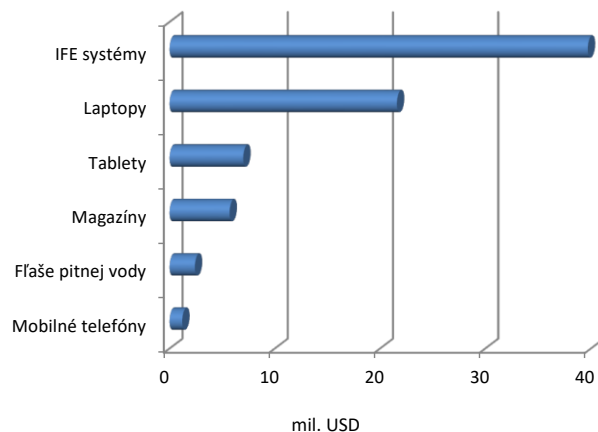
Predĺženie letu na 18 hodín by mal byť pre spoločnosť a vývojárov lietadiel podnetom pre maximálny komfort cestujúcich vo všetkých cestovných triedach. Pre zvýšenie komfortu na palube lietadiel je potrebné inovovať kombináciu všetkých faktorov, ktoré zvyšujú pohodlie. Vývoj palubných systémov je jedným zo spôsobov ako to dosiahnuť, pretože je len veľmi málo možností odlišenia sa od konkurencie.

2.1. Osobné elektronické zariadenia

Prevádzkovatelia moderných lietadiel lietajúcich dlhé zaoceánske lety sa snažia eliminovať potrebu medzipristátí a investujú ušetrené finančné zdroje (napríklad z ušetreného paliva) do implementácie sofistikovanejších palubných systémov pre cestujúcich. IFE systémy sa preto stali kľúčovým faktorom pri výbere leteckej spoločnosti. Zo skúsenosti vieme, že zadávanie príkazov do vstavaných obrazoviek môže byť problematické. Zlé používateľské rozhranie daného IFE systému môže viesť k značnému diskomfortu a môže zanechať u používateľa nepriaznivý dojem zo samotného letu. Letecké spoločnosti preto eliminujú tieto nežiaduce vlastnosti IFE systémov postupným zavádzaním postupu, v ktorom cestujúci môžu svoje vlastné osobné elektronické zariadenie (mobilné telefóny, tablety, laptopy) využívať rovnakým spôsobom ako vstavané zobrazovacie jednotky na palube lietadla. Cestujúci majú možnosť spárovania svojho zariadenia s palubným IFE, a tak majú možnosť využívať rôzne služby. Obdobou tohto je vo vlakoch a alebo autobusoch systém zabávaných portálov, napr. ako u operátora RegioJet, kde sú poskytované služby všetkým zákazníkom vo všetkých triedach rovnako.

Filozofia vstavaných zábavných systémov disponuje viacerými nevýhodami. Okrem spomínaného pôvodného problému s nie až tak výhodným používateľským rozhraním vstavaných palubných zábavných systémov existuje aj nemalý problém s hmotnosťou takýchto systémov. Samotné obrazovky, či už sú inštalované v sedadlách, alebo koridoroch, predstavujú zvýšenie celkovej hmotnosti lietadla. V otázke hmotnosti však nesmieme opomenúť aj hmotnosť kabeláže, napájacích zdrojov a iných komponentov potrebných pre správne fungovanie palubných zábavných systémov. Používanie osobných elektronických zariadení (OEZ) tak značne znižuje hmotnosť lietadla, ktorá má priamy vplyv na spotrebu paliva, a tým pádom na celkové náklady spoločnosti na danej linke. Ak vezmeme do úvahy fakt, že takmer každý cestujúci si v dnešnej dobe aj za prítomnosti vstavaných systémov prinesie vlastné OEZ, môžeme hovoriť o sofistikovanom využívaní dostupných zdrojov. V tomto prípade môžeme tvrdiť, že filozofia OEZ je vo

veľkej miere výhodná pre obe zainteresované strany, teda nie len pre leteckú spoločnosť, ale aj pre cestujúcich. Americká letecká spoločnosť vyčíslila náklady na prepravu IFE, laptopov, tabletov, magazínov (papierové noviny a časopisy), fliaš pitnej vody a mobilných telefónov. Z grafu 1 je zrejmé, že ak obmedzíme IFE na palube lietadla dôjde k významným úsporám na nákladoch.



Graf 1: Ročné náklady v mil. USD na palubu v závislosti od prepravovaného sortimentu pre palubnú zábavu (Zdroj: webové stránky Southwest Airlines, 2019).

Ak uvažujeme, že si každý cestujúci prinesie na palubu lietadla vlastný mobilný telefón, resp. tablet a má na ňom prístup k zábavnému systému, spoločnosť tak dokáže ušetriť takmer štyridsať miliónov ročne. V prípade ak si cestujúci nie je schopný priniesť na daný let OEZ, spoločnosť by mala ponúkať vlastné tablety, alebo smartfóny na zapožičanie za poplatok.

2.2. Regulácia EASA a FAA v oblasti osobných elektronických zariadení

Rapidný nárast používania osobných elektronických zariadení v 90-tych rokoch (mobilné telefóny, CD prehrávače, laptopy, volkmény a iné) v každodennom živote viedol k prehodnoteniu postoja leteckých autorít k ich používaniu na palubách lietadiel. Pokiaľ v minulosti boli zakázané počas letu, resp. museli byť schválené posádkou, dnes je ich použitie na palube lietadla bežné a nepodlieha výrazným reštrikciám. Aj keď nikdy nedošlo k žiadnemu bezpečnostnému ohrozujúcemu problému spojeného s osobnými elektronickými zariadeniami na palube lietadla, používanie OEZ bolo preventívne zakázané počas kritických fáz letu (vzlet, priblíženie, pristátie). Momentálne môžu cestujúci používať elektronické zariadenia počas všetkých fáz letu, avšak v takzvanom „flight“ móde, čiže móde počas ktorého osobné elektronické zariadenie nevyžaruje rádio frekvenčný signál a nespôsobuje interferenciu.

Podobne ako v USA, aj pasažieri cestujúci v rámci Európskej únie musia byť oboznámení so správnou kategorizáciou OEZ vzhľadom na veľkosť a hmotnosť, či včasným a správnym uložením OEZ tak, aby nebola ohrozená bezpečnosť a plynulosť letu a samotných pasažierov. Informovanosť cestujúcich je kľúčovým faktorom pri správnom používaní OEZ. EASA odporúča podať informácie tesne pred odletom, aby boli informácie čerstvo uložené v pamäti. Informácie by mali obsahovať správu o tom, aký typ OEZ môže alebo nesmie byť použitý počas letu, či kritických fáz letu. Takisto dôležité sú už spomínané informácie o úschve OEZ počas kritických fáz letu.

Najväčším problémom pri riešení problému elektromagnetického rušenia z OEZ na palube lietadla je nadmerná sila signálu potrebná na komunikáciu OEZ s pozemnými stanicami. Ak si predstavíme množstvo pasažierov, ktorí by sa chceli pripojiť s tak istým intenzívnym signálom, znamená to značné narušenie lietadlových systémov. Takisto pozemné telekomunikačné siete nie sú navrhované na spojenie s OEZ pohybujúcim sa vo veľkých výškach a rýchlostiach. Maximálny dosah pozemných zariadení je do výšky 3 km a rýchlosti 400 km/h. Jedným z možných riešení je vybaviť palubu lietadla mobilnou bazovou stanicou.

3. Metodológia

Objektom nášho skúmania bolo identifikovať základné parametre existujúcich palubných systémov určených na zábavu. Na základe známych techník skúmania, ktorými sú štúdiom dokumentov, pozorovanie, dotazník, rozhovor, experiment, sme sa rozhodli ako optimálnu metódu zvoliť štúdiom dokumentov z dostupnej literatúry a relevantných zdrojov leteckých prevádzkovateľov a výrobcov technológií. Okrem relevantnej legislatívy, dokumentov EÚ a medzinárodných organizácií, boli informácie čerpané z vedeckých i odborných článkov, ako aj z oficiálnych web stránok a brožúr od prevádzkovateľov a poskytovateľov jednotlivých systémov. V kombinácii s vlastnými skúsenosťami pri letoch na palubách lietadiel išlo o primárny zdroj informácií. Historická metóda skúmania vychádza zo skúmania vývoja (histórie) sledovaného javu, ktorým je vývoj palubnej zábavy v lietadlách. Spočíva v štúdiu prameňov, ktoré bolo vykonané v rámci úvodu tohoto článku.

4. Návrh vhodného palubného systému pre cestujúcich

K návrhu vlastného palubného systému nás viedol nedostatočne naplnené predstavy ideálnej zábavy na palubách lietadiel. V mnohých prípadoch sme konfrontovaní s nulovou možnosťou zábavy u niektorých nízkonákladových spoločností (WizzAir, Ryanair, Travelservice). V dnešnej moderne ladenej dobe by mali aj spoločnosti, ktoré si zakladajú svoju filozofiu na lacných letenkách a množstve prepravených pasažierov uvažovať nad implementáciou čo i len najjednoduchšej formy palubných zábavných systémov.

Stiahnutie zábavných médií do OEZ pred odletom je alternatívou. Niektoré nízko nákladové spoločnosti ponúkajú možnosť stiahnutia vybraného obsahu do osobných elektronických zariadení v rôznych časových intervaloch pred odletom. Pri vstupe do lietadla sa daný obsah aktivuje a pre dodržanie licenčných podmienok sa po pristátí do cieľovej destinácii deaktivuje a vymaže. Opísanú metódu môžeme hodnotiť ako nenáročnú alternatívu pre letecké spoločnosti a prehľadnú, atraktívnu alternatívu pre cestujúcich.

Jednou z najpoužívanejších možností streamovania médií do osobných elektronických zariadení je prostredníctvom Wi-Fi siete na palube lietadla. Od roku 2012 sa využívajú takzvané AirFi zariadenia. Jedná sa o kompaktnú, prenosnú, batériou poháňanú, bezdrôtovú sieť so serverom, ktorá je pripojená nezávisle od lietadlových komponentov. Svojimi rozmermi a nízkou hmotnosťou (1,2 kg) je ideálnou voľbou pre všetky letecké spoločnosti, ktoré neplánujú inštaláciu vstavaných zábavných systémov.



Obrázok 1: Bloková schéma poskytovaných služieb zariadenia AirFi (Zdroj: <https://airfi.aero/>, 2019).

Výhody inštalácie AirFi boxov:

- rozmery a hmotnosť,
- jednoduché jednotlivé ovládanie,
- certifikácia nie je potrebná,
- poháňané batériou, ktorá dokáže nepretržite pracovať 15 hodín,
- na pokrytie lietadla typu Boeing 737 (180 miest) postačia dva AirFi boxy,
- na pokrytie lietadiel s viac ako 280 miestami pre pasažierov postačia tri až štyri AirFi boxy.

Aj napriek jednoduchosti a mnohým ďalším pozitívnym stránkam AirFi zariadenia vôbec nie sú samozrejmosťou na palubách lietadiel.

Ako optimálny palubný systém sa javí v súčasnej dobe použitie systému, ktorý je nezávislý od inštalácie na palube lietadla, je flexibilný a spĺňa požiadavky na bezpečnosť. Tieto všeobecné parametre spĺňa viacero systémov, ktoré však nie je možné komplexne rozobrať v tomto článku.

5. Záver

Zmysel palubných systémov pre cestujúcich je v dnešnom modernom svete zjavný. Ľudia si už len s veľkými problémami vedia predstaviť svoje pôsobenie bez elektronických zariadení, ktoré im uľahčujú ich každodenný život. Výnimkou nie je ani letecká doprava, s ktorou sa bežní ľudia stretávajú čoraz častejšie, tým pádom u nich nastáva samovoľná komparácia služieb ponúkaných na palube lietadla s tými službami, s ktorými sú konfrontovaní vo svojich zvyčajných pomeroch (napr. zábavné portály v železničnej a autobusovej doprave, poskytovanie internetu na verejných priestranstvách). Tie letecké spoločnosti, ktoré sú ochotné investovať finančné prostriedky do vývoja palubných systémov pre cestujúcich, môžu rapidným spôsobom zvýšiť svoju reputáciu u cestujúcich.

Zavádzanie nových postupov by nemalo byť charakteristikou len tých najlepších leteckých spoločností, ale naopak, mobilizovať svoje sily do vývoja by mali všetky spoločnosti, pretože cestujúci to v dnešnej dobe budú očakávať v čoraz väčšej miere v súvislosti s hybridizáciou modelov podnikania (Tomová a Materna, 2017). Letecké spoločnosti by implementáciu a vývoj palubných systémov pre cestujúcich nemali brať ako zásah do ich finančnej politiky, ale ako investíciu do budúcnosti. Dá sa očakávať, že práve zábava na palubách lietadiel jednotlivých spoločností bude jednou z primárnych vlastností, ktoré si budú potenciálni zákazníci všimnúť pri kúpe letenky.

Pod'akovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **KEGA 011ŽU-4/2018** s názvom „Nové technológie vo vzdelávaní v študijnom programe *Letecká doprava a Profesionálny pilot*“.

Referencie

AIRFI.AERO, 2019. The Cabin Innovator elevating the crew and passenger experience airfi.aero. Dostupné na: <https://airfi.aero/>

Badánik, B. 2018. Prospects for improved passenger comfort in economy class. Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve, s. 39-42. ISBN 978-80-554-1418-8.

Badánik, B., Červinka, M. 2015. Marketing leteckých spoločností a letísk Bratislava, DOLIS. ISBN 978-80-8181-024-4.

Bugaj, M., Kříž, J. 2004. Všeobecné znalosti o lietadle: pohonná jednotka, núdzové vybavenie. ISBN 80-8070-211-X.

Ficová, D., et al. 2016. Effects of automation and electronic devices on board aircraft on pilot skills, training requirements and flight safety. Zeszyty naukowe Wyższej szkoły finansów i prawa w Bielsku-Białej = Scientific Journal of Bielsko-Biala School of Finance and Law, s. 242-269. ISSN 2084-1809.

Christie, D. 2018. Internet of things meets the connected aircraft. Paper presented at the ICNS 2018 - Integrated Communications, Navigation, Surveillance Conference. doi:10.1109/ICNSURV.2018.8384910.

Hrasnica, H., Haidine, A., Lehnert, R. 2004. Broadband Powerline Communications Networks. S.l.: John Wiley & Sons, Ltd.

Jahn, A., Holzbock, M., 2003. Evolution of aeronautical communications for personal and multimedia services. IEEE Communications Magazine, s. 36-43.

Liu, H. 2007. In-Flight Entertainment System: State of the Art and Research Directions. Second International Workshop on Semantic Media Adaptation and Personalization, s. 241–244.

Nan, L., Waheed, M., Yin, J. 2018. Data flow guard for aircraft intra-domain secure communication. Paper presented at the AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference. doi:10.1109/DASC.2018.8569887.

Novák Sedláčková, A., Švecová, D. 2018. Case study of selected airline: Air France and its operational environment analysis. Aero-Journal: International Scientific Journal of Air Transport Industry, 2/2018, s. 3-9. ISSN 1338-8215.

Tan, C., Chen, W., Verbunt, M., Bartneck, C., Rau. 2009. Adaptive Posture Advisory System for Spinal Cord Injury Patient. Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference IDETC/CIE. 2009, s. 1-7.

Telegraph, 2016. The history of in flight entertainment. Telegraph.co.uk. Dostupné na:

<https://www.telegraph.co.uk/travel/galleries/The-history-of-in-flight-entertainment/>.

Tomová, A., Materna, M. 2017. The directions of on-going air carriers' hybridization: Towards peerless business models? Procedia Engineering 192, s. 569-573. ISSN 1877-7058.

Zhang, J., et al. 2019. Aeronautical ad hoc networking for the internet-above-the-clouds. Proceedings of the IEEE, 107(5), s. 868-911. doi:10.1109/JPROC.2019.2909694.

Webové stránky SouthWest Airlines, 2019. Dostupné na: <https://www.southwest.com/>



NÁVRH TECHNICKÉHO RIEŠENIA UMIESTNENIA SYSTÉMU BRS

PROPOSAL OF THE TECHNICAL SOLUTION FOR LOCATION OF BRS SYSTEM

Filip Škultéty

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
skultety@fpedas.uniza.sk

Jozef Čerňan

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
jozef.cernan@fpedas.uniza.sk

Ján Rostáš

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
jan.rostas@fpedas.uniza.sk

Abstract

The paper deals with the technical explanation of the Ballistic Recovery System (BRS) installation in ultralight (UL) aircraft. The theoretical framework consists of the analysis of the current state, clarifying the theoretical knowledge concerning the active and passive safety of UL and LSA with respect to the valid regulations. Regarding to cooperation with the Aeropro aircraft company, this research paper represents a real technical solution of parachute rescue system for the EuroFox airplane. In addition to identifying the technical solution and the legislative requirements for airworthiness and certification, the paper includes concrete strength analysis of the aircraft fuselage.

Keywords

BRS, parachute recovery system, ultralight airplane, technical solution

1. Úvod

Riešenie pasívnej bezpečnosti pomocou balistických padákových záchranných systémov (BRS) sa v súčasnosti postupne stáva štandardom a neodmysliteľnou súčasťou konštrukcie ultraľahkých (UL) lietadiel a ľahkých športových lietadiel všeobecného letectva. Problematika BRS je preto vysoko aktuálna, a to najmä pre vývojárov a výrobcov lietadiel. Ako príklad úspešnej aplikácie BRS môžeme uviesť nehodu experimentálneho prototypu Aeromobil z roku 2015, kde sa záchranný padákový systém zaslúžil o záchranu života jeho vývojára – testovacieho pilota. Pri riešení tejto štúdie sme spolupracovali so spoločnosťou Aeropro. Vďaka poskytnutiu technologických postupov a výkresov UL lietadla EuroFox bol vypracovaný statický výpočet upevnenia na drak letúna. Štúdia obsahuje matematické výpočty síl v zmysle nemeckej technickej normy LTF-UL.

2. Analýza súčasného stavu

Prvky a systémy pasívnej bezpečnosti v UL lietadlách dokážu zmierniť následky leteckých nehôd. Vo všeobecnosti sa dá usúdiť, že tieto prvky sa na rozdiel od aktívnych prvkov bezpečnosti aktivujú až pri nehode, pričom sa snažia minimalizovať následky nárazu.

Prvky pasívnej bezpečnosti lietadiel môžeme rozdeliť do dvoch základných skupín:

- podporné prvky a záchranné systémy,
- konštrukcia lietadlovej techniky a jej systémy.

Najväčšou skupinou pasívnych bezpečnostných systémov sú tzv. konštrukčné lietadlové prvky a systémy. Tieto bezpečnostné systémy sa priamo zúčastňujú pri znižovaní

negatívnych dôsledkov spôsobených leteckou nehodou letúnov všeobecného letectva (Pecho a kol. 2016).

Vývoj samotných lietadiel, rovnako ako aj ich konštrukcie a jej systémy, sú predmetom neustáleho vývojového progresu. Zdokonaľujú sa nové technológie, ale aj materiály, ktoré ďalej ovplyvňujú vlastnosti samotnej konštrukcie, ale taktiež aj jej pasívnu bezpečnosť. Do tejto skupiny patria napríklad:

- pevnosť a tuhosť lietadlovej konštrukcie v oblasti kabíny,
- dizajn zón prvého kontaktu osoby s konštrukciou lietadla pri náraze,
- používanie ohňovzdorných materiálov,
- umiestnenia palivových nádrží a ich systémov,
- využívanie deformačných zón na konštrukciách lietadiel,
- airbagy a zádržné systémy (bezpečnostné pásy, ergonomicky tvarované sedačky),
- padákové záchranné systémy,
- protipožiarne steny (Schwarzmann, 2013).

2.1. Balistické padákové záchranné systémy

Takýto typ záchranného systému sa radí medzi systémy pasívnej bezpečnosti lietadiel. Je to záchranný systém, pomocou ktorého sa po aktivácii vystrelí padák z lietadla a samotné lietadlo následne zostúpi až k zemi. Balistický systém pracuje na základe inicializácie raketového systému, ktorý vystreľuje padák z lietadla. Prvý koncept takéhoto systému pasívnej bezpečnosti bol navrhnutý Borisom Popovom. Boris Popov je zakladateľom a viceprezidentom spoločnosti BRS Aerospace Inc. a tiež vynálezcom padákového záchranného

systemu. Spoločnosť BRS Aerospace Inc. má v súčasnosti dve divízie a to BRS Aviation a BRS Defence. Nápad vyhotovenia takéhoto záchranného systému vznikol po jeho skúsenosti, keď v roku 1975 prežil pád na svojom klzáku. Následne vyhotovil záchranný systém, ktorý umožňuje záchranu posádky v prípade straty kontroly, technickej poruchy, alebo v inej núdzovej situácii počas letu. 26. augusta v roku 1986 bol Borisovi Popovi udelený patent pre takzvaný balistický záchranný systém (BRS) v USA. Patent má označenie US 4607814 A. Po založení spoločnosti BRS Aerospace Inc. o dva roky neskôr vznikol v roku 1982 prvý prototyp Padákového záchranného systému, ktorý bol určený pre lietadlá typu UL. V roku 1983 spoločnosť zaznamenala prvú záchranu života pomocou ich padákového záchranného systému, pilota Jay Tiptona z Colorada. V súčasnosti spoločnosť BRS vyrobila vyše 25 000 padákových záchranných systémov, ktoré zachránili viac ako 373 životov (Anon, 2017).

2.2. Predpis upravujúci inštaláciu BRS systému

Všeobecné požiadavky v zmysle nemeckej technickej normy (LTF-UL, 2003) sú:

1. Pri každom záchrannom systéme, ktorý je schválený na používanie, sa musí uviesť zhoda s najnovšou verziou záchranného systému LTF (2. DV LuftGerPV).
2. Inštaláciu záchranného systému musí odsúhlasiť výrobca / zástupca lietadla UL a záchranného systému.
3. Montáž a kotviace body musia byť uvedené v návode na obsluhu.

Zaťaženie vyvolané záchranným systémom:

1. Konštrukcia medzi závesnými bodmi upevňovacích lán, sedačkami a popruhmi musí byť konštruovaná tak, aby odolala maximálnemu možnému zaťaženiu, ktorý vzniká aktiváciou záchranného systému.
2. V prípade, ak sú nosné laná upevnené vo viacerých závesných bodoch, potom každý jeden musí byť navrhnutý tak, aby bolo možné bezpečne odolať zaťaženiu, ktoré zodpovedá celkovému ťažnému zaťaženiu vynásobeným koeficientom 1,3.

Poznámka: spomenutá nosná konštrukcia je medzi závesnými bodmi, sedačkami a upevňovacími bodmi bezpečnostného pásu.

3. Je potrebné brať do úvahy, že ťah pôsobí na nosnú lietadlovú konštrukciu v najmenej priaznivom smere (LTF-UL, 2003).

3. Technické riešenie záchranného systému

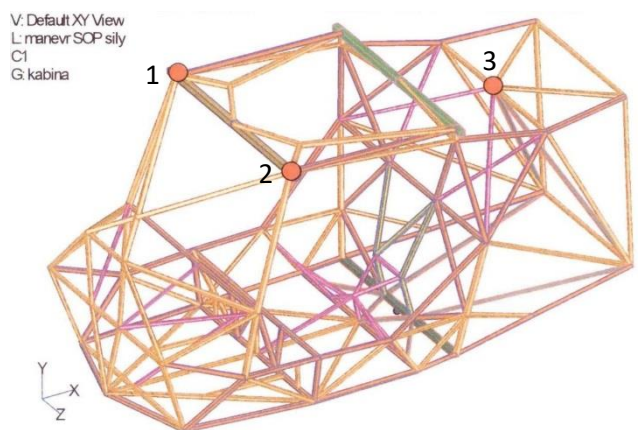
3.1. Podmienky zaťaženia na závesných bodoch

Sila pôsobiaca cez upevňovacie laná sa prenáša cez trubky do príslušnej časti draku. Pre zistenie, ako sa cez trubky sily prenášajú, sme sa rozhodli zistiť výpočtom konečných prvkov na konštrukcii trupu lietadla EuroFox. Všetkých šesť záťažových situácií v tomto bode upevnenia boli analyzované a výsledky sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Zataženie pri maximálnej sile 22545 N (Zdroj: Autori).

Zaťaženie	FY [N]	FX [N]	FZ [N]
1	22545	0	0
2	19542	11273	0
3	11273	11542	0
4	19542	0	11273
5	16908	11273	9762
6	9762	19524	0

K dispozícii sú axiálne sily v jednotlivých trubkách a ich vlastnosti. Maximálne sily z tabuľky boli použité pre kontrolu jednotlivých trubiek, ktoré budú obsahovať ohybu a napätia. Na obrázku 1 sú zobrazené červenými značkami body zavesenia BRS.



Obrázok 1 : Závěsné body BRS znázornené na konštrukcii draku (Zdroj: Aeropro s.r.o).

3.1.1. Bodové zaťaženie na jednotku sily $F=1000\text{ N}$

Výpočet bodových zaťažení bol stanovený v zmysle normy LTF-UL na jednotku sily 1000N.

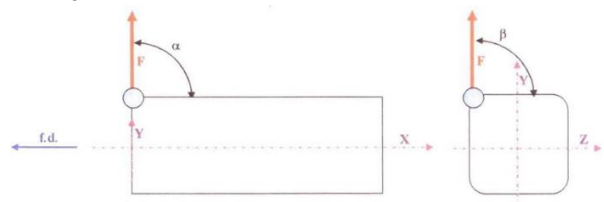
Výpočet oboch predných bodov zavesenia (1 a 2) je totožný, z toho dôvodu bude vykonaná kontrola síl iba jedného bodu.

Silové zložky:

$$FY = 1000\text{ N}$$

$$FX = 0\text{ N}$$

$$FZ = 0\text{ N}$$



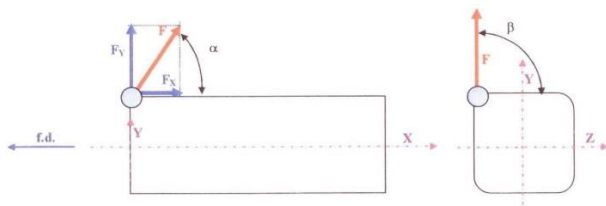
Obrázok 2: Zataženie 1: $\alpha=90^\circ, \beta=90^\circ$ (Zdroj: Autori).

Silové zložky:

$$FY = F * \sin 60^\circ = 1000 * 60^\circ = 866\text{ N}$$

$$FX = F * \cos 60^\circ = 1000 * 60^\circ = 500\text{ N}$$

$$FZ = 0\text{ N}$$



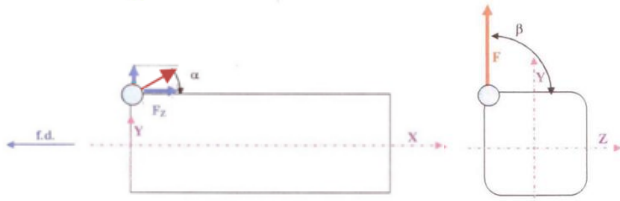
Obrázok 3: Zaťaženie 2: $\alpha=60^\circ, \beta=90^\circ$ (Zdroj: Autori).

Silové zložky:

$$FY = F * \sin 30^\circ = 1000 * 30^\circ = 500 \text{ N}$$

$$FX = F * \cos 30^\circ = 1000 * 30^\circ = 866 \text{ N}$$

$$FZ = 0 \text{ N}$$



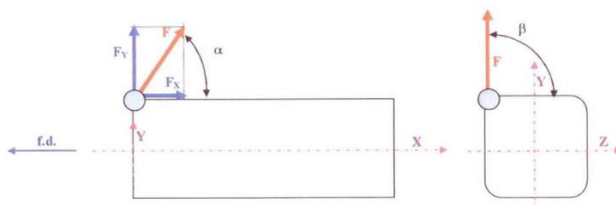
Obrázok 4: Zaťaženie 3: $\alpha=30^\circ, \beta=90^\circ$ (Zdroj: Autori).

Silové zložky:

$$FY = F * \sin \beta = 1000 * \sin 60^\circ = 866 \text{ N}$$

$$FX = 0 \text{ N}$$

$$FZ = F * \cos \beta = 1000 * \cos 60^\circ = 500 \text{ N}$$



Obrázok 5: Zaťaženie 4: $\alpha=60^\circ, \beta=90^\circ$ (Zdroj: Autori).

Silové zložky:

$$FY = F * \sin \alpha = 1000 * \sin 60^\circ = 866 \text{ N}$$

$$FX = F * \cos \alpha = 1000 * \cos 60^\circ = 500 \text{ N}$$

$$FY' = FY * \sin \beta = 866 * \sin 60^\circ = 750 \text{ N}$$

$$FZ = FY' * \cos \beta = 866 * \cos 60^\circ = 433 \text{ N}$$



Obrázok 6: Zaťaženie 5: $\alpha=60^\circ, \beta=60^\circ$ (Zdroj: Autori).

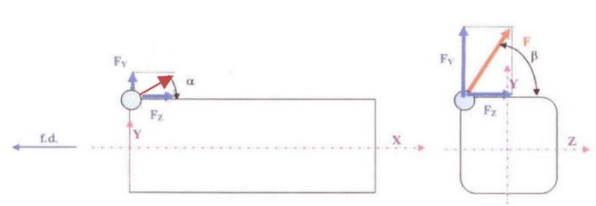
Silové zložky:

$$FY = F * \sin \alpha = 1000 * \sin 30^\circ = 500 \text{ N}$$

$$FX = F * \cos \alpha = 1000 * \cos 30^\circ = 866 \text{ N}$$

$$FY' = FY * \sin \beta = 500 * \sin 60^\circ = 433 \text{ N}$$

$$FZ = FY' * \cos \beta = 500 * \cos 60^\circ = 250 \text{ N}$$



Obrázok 7: Zaťaženie 6: $\alpha=30^\circ, \beta=60^\circ$ (Zdroj: Autori).

Výpočet maximálneho zaťaženia je pre všetkých 6 prípadov vykonávaný metódou konečných prvkov.

Zaťaženie 1: $F_Y = 22545 \text{ N}$ $F_X = 0 \text{ N}$ $F_Z = 0 \text{ N}$

Zaťaženie 2: $F_Y = \frac{866}{1000} * 22545 = 19524 \text{ N}$

$$F_X = \frac{500}{1000} * 22545 = 11273 \text{ N}$$

$$F_Z = 0 \text{ N}$$

Zaťaženie 3: $F_Y = \frac{500}{1000} * 22545 = 11273 \text{ N}$

$$F_X = \frac{866}{1000} * 22545 = 19524 \text{ N}$$

$$F_Z = 0 \text{ N}$$

Zaťaženie 4: $F_Y = \frac{866}{1000} * 22545 = 19624 \text{ N}$

$$F_X = 0 \text{ N}$$

$$F_Z = \frac{500}{1000} * 22545 = 11273 \text{ N}$$

Zaťaženie 5: $F_Y = \frac{750}{1000} * 22545 = 16908 \text{ N}$

$$F_X = \frac{500}{1000} * 22545 = 11273 \text{ N}$$

$$F_Z = \frac{433}{1000} * 22545 = 9762 \text{ N}$$

Zaťaženie 6: $F_Y = \frac{433}{1000} * 22545 = 9762 \text{ N}$

$$F_X = \frac{866}{1000} * 22545 = 19524 \text{ N}$$

$$F_Z = \frac{250}{1000} * 22545 = 5636 \text{ N}$$

Zadné upevnenie balistického záchranného systému je upevnené v uzle (bod č. 3 na obrázku) 8 trubiek prútovej konštrukcie lietadla. Z tohto dôvodu je prenos síl značne neurčitý, pretože záťaž je zdieľaná niekoľkými prvkami súčasne

Bočné sily pôsobiace prostredníctvom závesu sú prenášané cez všetky prúty, ktoré tento uzol tvoria. Záťažové prenosy do jednotlivých prútov kostry kabíny sú staticky neurčité. S ohľadom na veľkosť prenášaných síl a množstva prútov sa predpokladá, že sila bude rozložená do príslušnej časti štruktúry kostry. Tento predpoklad bol overený prostredníctvom riešenia pevnostnej analýzy.

4. Záver

Tieto výpočty obsahujú analýzu zaťaženia a záťažovú kontrolu draku UL lietadla EuroFox v dôsledku osadenia záchranného systému BRS. Analýza ukázala dostatočnú pevnosť závesného bodu voči záťažovým silám podľa stavebného predpisu LTF-UL,

a taktiež aj odporúčania výrobcu. Výsledky bodového zaťaženia budú ďalej použité pre komplexnú analýzu pevnosti a pružnosti jednotlivých trubiek draku lietadla. Inštalácia zariadenia BRS bude predmetom certifikačného testu, ktorý je podmienkou uvoľnenia daného systému do prevádzky.

Pod'akovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **KEGA 046ŽU-4/2019** s názvom „Inovácia vzdelávania v oblasti prevádzky lietadiel spôsobilých lietať bez pilota“.

Referencie

Aeropro s.r.o., 2017. Ballistic Recovery System (USH-520L) Emergency Parachute – interná dokumentácia.

Anon, 2017. [online] Dostupné na: http://www.brsaerospace.com/BRS_History.html.

LTF-UL, 2003. German Civil Airworthiness Requirements (up to 472,5kg MTOW) – stavebný predpis.

Pecho, P. et al. 2016. Využitie analýzy príčin a následkov porúch v leteckej technike. Aero-Journal: international scientific journal of air transport industry 1/2016, s. 37-44. ISSN 1338-8215.

Schwarzmann, V. 2013. Vplyv nových technológií na bezpečnostnú ochranu v civilnom letectve. Písomná práca k dizertačnej práci. Žilinská univerzita v Žiline.



ANALÝZA PROCESOV ÚDRŽBY LIETADIEL

ANALYSIS OF AIRCRAFT MAINTENANCE PROCESSES

Martin Bugaj

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
martin.bugaj@fpedas.uniza.sk

Pavol Pecho

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Tomasz Lusiak

Mechanical Engineering Faculty
Lublin University of Technology
Nadbystrzycka 38 D
20 – 618 Lublin, Poland
t.lusiak@pollub.pl

Michal Janovec

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
michal.janovec@fpedas.uniza.sk

Tomáš Urminský

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
tomas.urminsky@fpedas.uniza.sk

Abstract

The object of this paper is to analyze the possibility to design a comprehensive model focusing on the appropriate area of the extended maintenance at the airport Žilina. We analyze conditions continuing airworthiness within the context of the current center which carries out maintenance of aircraft at the airport Žilina. In the next section we establish distribution area of work focused on barometric air maintenance device. We have established a design of technological progress of the repairs, the necessary equipment and repair work times. We deal with the capacity calculations and resulted in a comprehensive proposal for the site and alternative options for the extended maintenance at the airport Žilina.

Keywords

aircraft maintenance, technical equipment, time of repair

1. Úvod

Údržba leteckej techniky patrí medzi základné a najdôležitejšie systémové činnosti pri prevádzke lietadiel. Čoraz dokonalejšie zariadenia a nové technológie si vyžadujú stále väčší dôraz na bezporuchovú prevádzku a spoľahlivosť, ktorú zabezpečuje najmä údržba. Vďaka precíznej a pravidelne vykonávanej údržbe sa počet nehôd v dôsledku technickej poruchy neustále znižuje. Jedným z negatívnych faktorov generálnych opráv je najmä technický prestoj v dôsledku plánovanej údržby a finančné zaťaženie prevádzkovateľa leteckej techniky.

Článok predkladá návrhy na vhodné rozšírenie pracoviska, ktoré by svojou činnosťou prispelo k zvýšeniu kvality poskytovaných údržbových služieb, zníženiu časov v dôsledku technických prestojov a prípadne zlepšeniu finančnej situácie Leteckého vzdelávacieho a výcvikového centra na letisku Žilina.

Súčasná legislatíva zaväzuje všetkých prevádzkovateľov leteckej techniky na Slovensku k dodržiavaniu stanovených cyklov generálnych opráv a leteckej techniky a jej komponentov, ktorých údržba sa na letisku Žilina nevykonáva. Z tohto dôvodu sme navrhli rozšírenie pracoviska pre opravy prístrojového vybavenia lietadiel.

S prudkým vývojom techniky a technológií narastajú požiadavky na kvalitu údržby z časového hľadiska, finančnú náročnosť, modernizáciu prístupu k technológiám opráv. Práve preto článok rieši v príslušných častiach analýzu situácií a predkladá návrhy na riešenie s cieľom efektívnosti,

požadovanej odbornej náročnosti a perspektívu dosiahnutia riešených cieľov.

2. Analýza údržby lietadiel Žilinskej univerzity

Žilinská univerzita v Žiline, Letecké výcvikové a vzdelávacie centrum s prevádzkovými priestormi na letisku LZZI v Dolnom Hričove, poskytuje okrem leteckého výcviku pre získanie licencie pilota aj údržbu leteckej techniky. Podľa legislatívy Slovenskej republiky a nariadenia Európskej komisie 1321/2014 musí mať každé pracovisko poskytujúce služby v danej oblasti údržby platné povolenie a osvedčenie o vykonávaní činnosti. Žilinská univerzita disponuje tromi rôznymi osvedčeniami v letovej prevádzke. Letecké výcvikové a vzdelávacie centrum (LVCC), je držiteľom osvedčenia o riadení zachovania letovej spôsobilosti, konkrétne SK.MF.006 ku dňu 4.3.2016, ktorého držiteľom je od roku 2010. Organizácia s daným osvedčením nie je kompetentná pre vydávanie povolení na let, to však neplatí pre overovanie letovej spôsobilosti, pre ktorú platí osvedčenie SK.MG.025. Certifikovaný pracovník pre spomínanú činnosť, je taktiež manažér riadenia zachovania letovej spôsobilosti - CAMO (Novák a Novák Sedláčková, 2015). Letecká technika, na ktorú sa vzťahujú dané osvedčenia, je nasledovná:

- Zlín Z-42M,
- Zlín Z-42MU,
- Zlín Z-142,

- Zlín Z-43,
- Let L-200 Morava,
- Piper PA-28 Arrow,
- Piper PA-34 Seneca.

Osvedčenie SK.MF.006 bolo pre LVVC pôvodne vydané 10.3.2009 a naposledy bolo aktualizované dňa 28.10.2014. Držiteľ osvedčenia má oprávnenie vykonávať údržbu v súlade s oddielom A, časťou F, prílohy 1 (časť M), k nariadeniu Európskej komisie číslo 2042/2003, pre vykonávanie údržby výrobkov, častí a zariadení uvedených v danom rozsahu typov lietadiel a na vydávanie súvisiacich osvedčení o uvoľnení do prevádzky za stanovených podmienok (Kandera a Badánik, 2011).

LVVC je platným držiteľom osvedčenia iba za predpokladu plnenia podmienok, ktoré ho zaväzujú dodržiavať platnú legislatívu a postupy uvedené v príručke organizácie pre vykonávanie údržby, ako aj vykonávanie údržby iba v stanovenom rozsahu podľa osvedčenia.

3. Oblasti a možnosti rozšírenia výkonov údržby lietadiel

LVVC ako organizácia vykonávajúca údržbu podľa platného osvedčenia SK.MF.006 má možnosti rozšíriť svoju klasifikáciu len v rámci platnej legislatívy a nariadenia Európskej komisie 2042/2003. Možnosti rozšírenia v jednotlivých triedach sú rôzne. Vzhľadom na fakt, že LVVC nie je vlastníkom ani prevádzkovateľom akéhokoľvek vrtuľníka alebo lietadla triedy A4 podľa rozdelenia údržby, je rozšírenie v tejto oblasti nerentabilné aj s ohľadom na skutočnosť, že väčšina prevádzkovateľov vrtuľníkov je zároveň aj prevádzkovateľom údržbového strediska, prípadne sú generálne opravy vykonávané priamo výrobcom leteckej techniky.

Údržba a opravy lietadiel klasifikácie A1, teda lietadiel s hmotnosťou nad 5700kg, kam patrí napríklad Bombardier DHC-8 400Q alebo L-410 UVP-E20, by vzhľadom na obmedzenú kapacitu priestorov nebola možná a LVVC nie je prevádzkovateľom žiadneho lietadla patriaceho do danej kategórie. Legislatíva kladie prísny dôraz na pracovisko, jeho vybavenie a personál. Z tohto dôvodu by bola nutná výstavba objektu, ktorý by spĺňal najmä rozmerové požiadavky na prevádzku údržby a opráv. V triede motorov je LVVC ako organizácia oprávnená na údržbu klasifikácie B2 – piestové motory, ktorá sa obmedzuje na typy motorov lietadiel prevádzkovaných na letisku Žilina. Rozšírenie osvedčenia o klasifikáciu B1 a B3, teda turbínové motory a APU by bolo v prípade LVVC nerentabilné vzhľadom na nízky počet typov lietadiel používajúcich dané agregáty a organizáciami, ktoré ich prevádzkujú bez klasifikácie údržby B1 a B3 konkrétnych obmedzení.

V prípade triedy komponentov sa možnosti pre rozšírenie osvedčenia značne zväčšujú. Ak sa odhliadne od špecializovaných klasifikácií ako C7, C10, C11 alebo C12, ktoré prislúchajú klasifikáciám tried lietadiel A1 alebo A3, či klasifikáciám tried motorov B1 a B3. V ostatných prípadoch sa môžu klasifikácie triedy komponentov aplikovať na rozšírenie údržbového osvedčenia LVVC.

Poslednou triedou povolení a klasifikácií organizácie údržby sú špecializované služby. Klasifikácia ako aj obmedzenia sú špecializované priamo na danú metódu. Pretože LVVC má oprávnenie pre vykonávanie nedeštruktívnych testov kapilárnou metódou (Janovec a Materna, 2018), vzniká predpoklad, že daná trieda je postačujúca pre potreby letiska Žilina ako aj ostatnej leteckej techniky na území Slovenskej republiky.

Z hľadiska najväčšej využiteľnosti pracoviska je najvhodnejším rozšírením osvedčenia práve klasifikácia C13 – prístrojové vybavenie. V súčasnej dobe existujú na Slovensku iba dve organizácie poskytujúce údržbu, opravy a preskúšania prístrojového vybavenia a dá sa očakávať, že pracovisko pod záštitou LVVC bude využité nielen pre potreby letiska Žilina.

Organizácie oprávnené pre vykonávanie údržby klasifikácií v jednotlivých triedach, na ktoré LVVC nemá oprávnenie, sú uvedené na stránke divízie civilného letectva Dopravného úradu v Slovenskej republike.

3.1. Prístrojové vybavenie lietadiel

Prístroje a vysielacie sú informačnými prostriedkami, ktorých funkciou je spracovanie fyzikálnych parametrov na signály, ktoré sú ďalej využívané v systémoch riadenia alebo priamo človekom pri riadení lietadla (Novák, 2018). Vysielacie teda patria medzi zariadenia poskytujúce informácie využívané strojom alebo systémom bez toho, aby ich človek poznal a prístroje poskytujú signál, ktorý priamo spracováva človek svojimi zmyslami. Z hľadiska údržby a funkčnosti môžeme prístroje rozdeliť do skupín podľa funkčnosti a princípu fungovania (Kandera, 2016). Patria sem:

- barometrické prístroje (výškomer, variometer, rýchlomer),
- gyroskopické prístroje (umelý horizont, smerový zotrvačník, priečny sklonomer),
- elektronické prístroje (rádiokompas, teplomery, rádiostanica),
- navigačné prístroje (rádiopovedač, GPS, ADF prijímač).

Z hľadiska schopnosti výrobku alebo zariadenia plniť svoju funkciu sa výrobky môžu v dobe používania nachádzať buď v bezporuchovom stave, alebo v stave poruchovom. Stav výrobku sa mení z bezporuchového na poruchový v okamihu, keď nastala porucha. Táto skutočnosť je charakterizovaná ako náhodne premenná. Vo všeobecnosti sa určuje jej časový výskyt, a to buď v podobe bezrozmerných charakteristík, kam patrí napríklad pravdepodobnosť bezporuchovej prevádzky, alebo v podobe číselných charakteristík, ako stredný čas do poruchy.

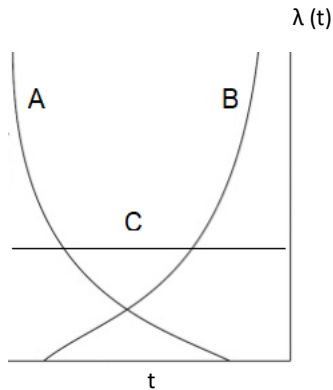
3.2. Intenzita porúch leteckých prístrojov

Relatívnu početnosť porúch vyskytujúcich v čase vyjadruje intenzita porúch $\lambda(t)$. Pre intenzitu porúch pri spojitých funkciách $f(t)$ a $R(t)$ platí teoretický vzťah (1):

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - Q(t)}, \quad (1)$$

$\lambda(t)$ je teda podiel počtu porúch prístrojov za dobu t a počtu prístrojov, ktoré boli funkčné na začiatku sledovaného časového intervalu t , v okamžiku t . Intenzita porúch je najpoužívanejší ukazovateľ bezporuchovosti. Hodnotíme ním hlavne bezporuchovosť prístroja (Novák, 2017).

Ako funkcia času má intenzita porúch určité vlastnosti, z ktorých je možné rozlíšiť tri typické priebehy zobrazené na obrázku 1.



Obrázok 1: Krivky intenzity porúch (Zdroj: Autori).

Krivka priebehu „A“ naznačuje prípad, v ktorom intenzita porúch s časom rastie. Je to prípad typický pre množenie porúch počas prevádzkovej doby zariadenia v dôsledku zvyšujúceho sa opotrebenia a starnutia prvku alebo výrobku. Údržba či výmena sa v takom prípade vykonáva až po poruche a tolerancia takéhoto spôsobu prevádzky prístrojov je v leteckej technike neželaná.

Krivka priebehu „B“ je naopak prípad, v rámci ktorého intenzita porúch s časom klesá. Je to v dôsledku použitia prediktívnej údržby, kedy počas prevádzky postupne doznievajú skryté poruchy a ich odhaľovaním a odstraňovaním je postupne znižovaná aj intenzita porúch. Prediktívna údržba by ale aplikovaním značne skomplikovala konštrukciu prístrojov a v reálnej praxi je ťažko aplikovateľná.

Posledný prípad „C“ prezentuje konštantný priebeh intenzity porúch, ktorý nie je závislý od času. Je to charakteristika náhodného výskytu porúch v zložitých systémoch v prevádzkovom čase, kedy poruchy vznikajú iba ako dôsledok prevádzkového zaťaženia výrobku alebo systému (Novák et al., 2013).

4. Návrh technologických postupov pre stanovenú oblasť údržby

Jednou z najvýznamnejších a najdôležitejších skupín leteckých prístrojov sú barometrické indikátory. Pre svoju činnosť využívajú statické a dynamické parametre ovzdušia, súvisiace so vzájomným vzťahom medzi lietadlom a atmosférou, teda prostredím, v ktorom sa lietadlo pohybuje. Prístroje a vysieláče z danej skupiny sú využívané pre meranie výšky letu – výškomery, rýchlosti letu a machového čísla – rýchlomery, a vertikálnej rýchlosti – variometre. V praxi môžu byť aerodynamické parametre ovzdušia použité aj s inými a zložitejšími zariadeniami, ako sú napríklad aerodynamické centrály. Pre návrh technologických postupov a technológie opráv je nutná znalosť konštrukcie a určenia prístrojov, ktorých opravu chceme vykonávať.

Pracovisko opráv a údržby leteckých prístrojov musí spĺňať parametre z dvoch hlavných hľadísk, legislatívneho a technologického. V prvom prípade je potrebné zabezpečiť potrebné osvedčenia pre organizáciu vykonávajúcu údržbu leteckej techniky alebo iba rozšírenie už existujúceho osvedčenia o klasifikáciu prístrojov a, samozrejme, kvalifikovaný personál. Z technologického hľadiska musí spĺňať požiadavky na potrebné vybavenie a zabezpečenie priestorov pre výkon údržby a opráv.

4.1. Požiadavky na pracovisko

Generálne opravy a skúšky spôsobilosti prístrojov leteckej techniky musia byť vykonávané iba vo vhodnom prostredí bez prítomnosti prachu a vlhkosti a za teplôt od 18°C do 25°C bez priameho pôsobenia slnečného svetla.

Na pracoviskách strojárskoho priemyslu pôsobí množstvo negatívnych faktorov, ktoré rôznou intenzitou zaťažujú ľudský organizmus počas aktívnej práce. Pri posudzovaní pracovného prostredia je potrebné zohľadniť vzájomné vzťahy pôsobiacich negatívnych faktorov pracovného procesu na človeka a jeho činnosť. Z tohto dôvodu sa odporúča pracovisko vybaviť dvojitém a nezávislým osvetlením a ventilačnou technikou a v neposlednom rade uzatvárateľnými dverami.

Mikroklimatické podmienky na pracovisku zahŕňajú teplo, chlad, vlhko, prúdenie vzduchu, zariadení, materiálu, stien, osvetlenia a prítomnosť hluku, vibrácií a zápachových látok a prašnosť prostredia. Pracovisko má byť vytvorené tak, aby negatívne neovplyvňovalo na technologické požiadavky, akými sú bezprašnosť, minimálna vlhkosť, optimálna teplota a odvetrávanie výparov čistiacich prostriedkov. Z tohto dôvodu priestory opráv disponujú vetracím zariadením pre splnenie optimálneho mikroklimatického prostredia.

V poslednom kroku základného vybavenia pracoviska je voľba kombinovaného osvetlenia z dôvodu zamedzenia zrakovej únavy. Vhodným opatrením je kombinácia prirodzeného denného svetla a umelého osvetlenia, alebo kombinácia žiaroviek a žiariviek umelého osvetlenia podľa platných noriem pre elimináciu stroboskopického efektu.

Generálne opravy a skúšky prístrojov môže podľa platných predpisov vykonávať len držiteľ oprávnenia leteckého mechanika danej triedy so zameraním na letecké prístroje. Pracovník musí mať typovú skúšku na lietadlá, na ktorých prístroje sú na pracovisku podrobené opravám a údržbe.

4.2. Potrebné technologické vybavenie pracoviska

Všetky skúšobné zariadenia musia byť schváleného typu a musia podliehať pravidelnej kontrole stavu verifikácií a ciachovaniu (Janovec, 2018). Vykonávanie ciachovania skúšobných prístrojov nespadá pod osvedčenie údržbového strediska, a preto musia byť skúšobné zariadenia ciachované externými spoločnosťami alebo priamo výrobcom. Pomocné zariadenia ako sú hadice, koncovky, kabeláž ale i ostatné diely musia podliehať pravidelnej kontrole stavu.

Potrebné vybavenie pracoviska je dané podľa technologických postupov generálnych opráv. Medzi potrebné skúšobné zariadenia patrí:

- podtlaková komora,

- meracie stĺpce tlaku s ortuťovou a vodnou náplňou,
- skúšobné zariadenia celkového, dynamického a statického tlaku,
- šikmý stĺpec merania tlaku,
- mraziaca komora,
- tepelná komora,
- ciachované letecké prístroje.

Okrem skúšobných zariadení pracovisko obsahuje aj nasledovné prípravky, meradlá a pomôcky potrebné pre opravy prístrojov:

- hodinársky sústruh,
- ultrazvuková čistička,
- súprava náradia prístrojového pracoviska,
- mikrometer a meradlá:
- listové mierky,
- indikátory,
- pomocné číselníky,
- súbor náhradných dielov,
- šablóny,
- čistiace prostriedky,
- PC s tlačiarňou.

Významným prvkom pracoviska sú barometrické stĺpce s ortuťovou a vodnou náplňou pre presné indikovanie skúšobného tlaku alebo podtlaku počas opráv a preskúšania prístrojov napojených na externé zdroje. Barometrické stĺpce sú najspoľahlivejší prostriedok na presné meranie hodnôt tlaku (Kandera, 2015).

Ďalším špeciálnym komponentom na pracovisku je skúšobné zariadenie statického, dynamického a celkového tlaku. Komplexným riešením preskúšania celej skupiny barometrických prístrojov je zariadenie talianskeho výrobcu D. Marchiori s označením MPS34C. Tento prístroj v sebe zahŕňa ciachované prístroje, zdroj tlaku (aj prívod externého zdroja), možnosť bezdrôtového pripojenia k PC pre zápis a vyhodnocovanie údajov, čo v značnej miere pomáha pri presnejšom vyhodnocovaní výsledkov testov.

4.3. Kapacitné výpočty pracoviska

Z hľadiska organizácie procesu údržby a opráv je navrhované pracovisko stacionárneho typu. Takýto formát pracoviska sa uskutočňuje podľa technologického postupu špecializovanou skupinou pracovníkov. Výpočtom požadovaného počtu personálu a doby ich efektívnej práce vznikne údaj, potrebný pre vytvorenie záveru o potrebách zriadenia daného pracoviska v priestoroch LVVC pre účely opráv leteckých prístrojov.

Prvým chýbajúcim údajom pre kapacitné výpočty je počet odhadovaných opráv za rok. S využitím informácií Štatistického úradu Slovenskej republiky a ich publikácie „Ročenka dopravy, pôšt a telekomunikácií 2015“ je známy údaj o počte nalietaných hodín všetkých registrovaných lietadiel a leteckej techniky na Slovensku. S predpokladom, že pracovisko v budúcnosti bude pokrývať nielen potreby LVVC, ale aj leteckú techniku zo Slovenska, a susedných krajín, budeme pre potreby kapacitných výpočtov pracovať s celkovým náletom všetkých lietadiel a leteckej techniky na našom území (Tab. 1).

Tento predpoklad vychádza z legislatívnej povinnosti všetkých prevádzkovateľov leteckej techniky vykonávať údržbu prístrojového vybavenia v stanovených periódach.

Tabuľka 1: Počet nalietaných hodín leteckou technikou v Slovenskej republike (Zdroj: Štatistický úrad SR).

Katégorieia	Počet nalietaných hodín (2014)	Počet nalietaných hodín (2013)	Počet nalietaných hodín (2012)
Motorové lietadlá	20251	15726	17966
Virtuálniky	5598	5002	4486
Motorové klzaky	753	1073	1235
Bezmotorové lietadlá	9998	11938	11306
Ultraľahké lietadlá ULL-A	594	988	1282
Celkový nálet	37194	34727	36275

Celková ročná prácnosť všetkých operácií podľa vzťahu (2) sa skladá zo súčiny časov podľa technologického postupu a počtom odhadovaných opráv za rok (N), ktorý je výsledkom podielu celkového ročného náletu stanoveného počtu lietadiel a ich cyklom do generálnej opravy (3).

$$\text{Celková prácnosť} = \frac{\text{Počet odhadovaných opráv}}{\text{preskúšani + opráv}} \cdot (\text{čas}) \quad (2)$$

$$\text{Počet odhadovaných opráv} = \frac{\text{Celkový ročný nálet}}{\text{Cyklus do opravy}} \quad (3)$$

V našom prípade je celková ročná prácnosť 369 hodín za rok (Tab.2).

Tabuľka 2: Celková odhadovaná ročná prácnosť pracoviska barometrických prístrojov (Zdroj: Autori).

Počet letových hodín za rok (hod.)	37194
Počet odhadovaných pracovných hodín opráv za rok (hod.)	316
Počet odhadovaných pracovných hodín preskúšani za rok (hod.)	52
Celková odhadovaná prácnosť za rok (hod.)	369

Podľa konkrétnych kapacitných výpočtov môžeme konštatovať, že zriadenie pracoviska opráv barometrickej skupiny leteckých prístrojov by vzhľadom na malú využiteľnosť nebolo ekonomicky výhodné riešenie rozšírenia údržby na letisku Žilina. Trieda údržby komponentov lietadiel s klasifikáciou C-13, teda prístrojového vybavenia napriek tomu ponúka niekoľko vhodných alternatív vytvorenia pracoviska s daným zameraním:

- rozšírenie pracoviska pre všetky prístrojové skupiny,
- rozšírenie prác o prístrojové zástavby a modernizácia prístrojového vybavenia,
- zameranie údržby a opráv aj na prístroje mimo leteckého odvetvia,
- vytvorenie pracoviska pre vývoj a modernizáciu nových prístrojov,
- rozšírenie pracoviska pre údržbu telekomunikačných zariadení v leteckej a vojenskej technike.

5. Záver

Cieľom článku bolo analyzovať a navrhnúť možnosti rozšírenia údržby Leteckého vzdelávacieho a výcvikového centra Žilinskej univerzity na letisku Žilina. Pre dosiahnutie cieľa sme sa oboznámili so súčasným systémom riadenia pre zachovanie letovej spôsobilosti, podľa ktorého sa riadi údržbové stredisko na letisku Žilina.

Analýzou aktuálnych údržbových osvedčení sme stanovili oblasti, ktoré sú vhodné pre rozšírenie údržby a zamerali sme sa na klasifikáciu prístrojov v triede komponentov. Vzhľadom na rozdielne technológie opráv a preskúšania, a rozsiahle technologické postupy jednotlivých prístrojových skupín sme sa ďalej zamerali na barometrické prístroje, kam patria letecké výškomery, rýchlomery a variometre.

Podrobným rozborom technológií opráv sme získali potrebné informácie pre vytvorenie modelu s potrebným vybavením pracoviska barometrických prístrojov. Vykonaním kapacitných výpočtov s použitím dostupných informácií sme prišli k záveru, že pracovisko opráv barometrických prístrojov nespĺňa očakávania využiteľnosti pracoviska a vzhľadom k výsledkom sme navrhli alternatívne riešenia. Aplikáciou jedného z hlavných alternatívnych riešení – vytvorenie komplexného pracoviska so zameraním na všetky prístrojové skupiny sme použitím kapacitných výpočtov dospeli k pozitívnym výsledkom.

Pod'akovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **KEGA 011ŽU-4/2018** s názvom „*Nové technológie vo vzdelávaní v študijnom programe Letecká doprava a Profesionálny pilot*“.

Referencie

- Janovec, M. 2018. Diagnostic systems used in inspection of the aircraft construction. *New trends in civil aviation 2018*, s. 57-63. ISBN 978-80-554-1530-7.
- Janovec, M., Materna, M. 2018. Možnosti využitia ultrazvukovej techniky pri diagnostike leteckých komponentov. *Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve*. s. 61-67. ISBN 978-80-554-1418-8.
- Kandera, B., 2015. *Letecké prístroje. Letecké prístroje*. ISBN 978-80-8181-017-6
- Kandera, B., 2016. *Avionické systémy určené pre všeobecné letectvo*. Žilina, Žilinská univerzita, ISBN 978-80-554-1220-7.

Kandera, B., Badánik, B. 2011. *Zvyšovanie bezpečnosti všeobecného letectva s využitím mobilných protizrážkových systémov*. *Horizonty dopravy*. ISSN 1210-0978.

Novák, A. 2017. *A number of conflicts at route intersections - rectangular model*. *Communications: scientific letters of the University of Žilina*. ISSN 1335-4205.

Novák, A., 2018. *Tvorba študijných materiálov - základy elektroniky*. ISBN 978-80-554-1447-8.

Novák, A., Novák Sedláčková, A., Němec, V. 2013. *Testing and measuring GNSS parameters*. *Technika transportu szynowego : koleje - tramwaje – metro*. ISSN 1232-3829.

Novák, A., Novák Sedláčková, A. 2015. *International civil aviation regulations*. *International civil aviation regulations*. ISBN 978-80-8181-011-4.

Štatistický úrad SR.



VPLYV AUTOMATIZÁCIE NA LETOVÉ ZRUČNOSTI PILOTA

IMPACT OF AUTOMATION ON MANUAL FLYING SKILLS

Iveta Škvareková

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
iveta.skvarekova@fpedas.uniza.sk

Pavol Pecho

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Branislav Kandra

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
branislav.kandra@fpedas.uniza.sk

Abstract

Constant development of automation radically changes flying and pilot position in the cockpit. Despite the many advantages and the constant increase in safety, there are several disadvantages that are associated with automation. This article addresses the hidden dangers associated with the operation of automated systems, the importance of external cognitive workload usage, and the achievement of optimal pilot activation. The main objective of this article is to highlight the long-term impact of using cockpit automation. The direct link between flight skill decline and cockpit automation is underpinned by air accident analysis and multiple previous studies results.

Keywords

automation, manual flight skills, air accidents, simulator

1. Úvod

Ľudský faktor je široký pojem, ktorý skúma interakciu medzi ľuďmi, strojmi a prostredím s cieľom zlepšiť ľudskú výkonnosť a minimalizovať chyby. Keďže lietadlá sa vďaka neustálemu vývoju stávajú spoľahlivejšie a menej náchylné na mechanické zlyhanie, percentuálny podiel leteckých nehôd súvisiacich so zlyhaním ľudského faktora narastá.

Automatizácia radikálne zmenila lietanie zjednodušením niektorých úloh a odstránením takých funkcií, ktoré predtým zastávali ďalší členovia posádky. Automatizácia rieši mnohé problémy a prináša so sebou značné výhody, avšak na druhej strane s automatizáciou je spojených aj množstvo nevýhod, najmä čo sa týka samotného pilota. Automatické systémy plnia úlohu riešenia problémov a pilotovi prenechávajú monitorovaciu funkciu. Toto môže mať negatívny vplyv na pilota, najmä čo sa týka zručností a návykov v pilotáži letúna.

Hlavným zámerom automatizácie je minimalizovať pracovné zaťaženie pilota a zvýšiť bezpečnosť, avšak niektoré nehody a incidenty naznačujú, že v prípade zlyhania automatických systémov dochádza k preťaženiu a zahlteniu pilota údajmi, čo môže viesť k rozptýleniu pozornosti, strate situačného povedomia, ostražitosti, prehliadaniu chýb a podobne (Beňo a Dzvonič, 2004). Zavedenie automatizácie v leteckej doprave prispelo k zredukovaniu objemu manuálnych a rutinných aktivít človeka. Pilot pri manuálnom vedení lietadla musel spracovávať obrovské množstvo informácií a vykonávať príslušné rozhodnutia. Veľký objem dát a údajov, ktoré musel pilot počas letu prijímať, malo za následok zahltenie pilota, čo mohlo viesť k rozptýleniu pozornosti, prehliadaniu chýb a k celkovému zvýšeniu mentálnej záťaže pilota. Obyčajne sme schopní prepínať pozornosť medzi podnetmi dosť rýchlo, ale stres

a nadmerná koncentrácia môžu túto schopnosť značne obmedziť.

Napriek množstvu výhod, ktoré so sebou prináša automatizácia, treba sa zaoberať sprievodnými problémami, najmä nepríjemnými falošnými varovnými signálmi automatických bezpečnostných prostriedkov.

Ďalšie potenciálne nebezpečenstvo z pohľadu ľudského faktora skúmajúc vplyv rastúcej automatizácie je riziko homeostázy. Jedná sa o proces vyváženého redukovania rizík napr. cestou kvantifikácie bezpečnostného využitia krajných medzí postupov alebo zariadenia s určitým zvýšením podstupeného rizika (Daniel, 1984).

Najlepší výkon sa dosahuje s vysokou úrovňou poznatkov, schopnosti, zručnosti, skúsenosti a s optimálnou úrovňou aktivácie. Ak sa stáva mentálna záťaž príliš vysoká, potom rozhodovanie môže byť poznamenané znížením kvality alebo sa nemusí dostaviť načas. Takéto konanie môže mať za následok fixáciu na určitú úlohu (tzv. tunelové videnie). Príliš nízka úroveň záťaže pilota môže viesť k nedostatočnej aktivácii a výkonnosti. Zatiaľ čo krátkodobá aktivácia stresovej reakcie je pre organizmus nevyhnutná na zvládnutie záťažových situácií, nadmerná a opakovaná aktivácia stresovej reakcie má na činnosť organizmu nepriaznivý dopad. V súčasnom období pôsobia stresory na jedincov relatívne často, pričom dlhodobé a nadmerné pôsobenie stresorov má na činnosť organizmu preukázateľne nepriaznivý vplyv. Stres ako neoddeliteľná súčasť života ľudí predstavuje esenciálnu zložku života, ktorá udržiava zdravú úroveň aktivácie a bdlosti.

Účinkom stresora, či už fyzikálneho alebo symbolického je všeobecný vzrast neurofyziologickej úrovne aktivácie. Keď stúpa úroveň aktivácie, úroveň regulačnej aktivity sa zvyšuje v smere napätia a stupeň selektívnej pozornosti bude tiež

narastať. Selektívna pozornosť je jednou z najdôležitejších vlastností pilota, keďže počas jednotlivých fáz letu je dôležité vyselektovať údaje nevyhnutné na vykonanie potrebných úkonov. Existuje optimálna kombinácia aktívnej úrovne a rozsahu pozornosti pri akomkoľvek výkone. Či už aktivácia vzrastie a rozsah pozornosti sa zužuje, v oboch prípadoch sa blížime k optimu a výkon sa stupňuje.

2. Analýza súčasného stavu

Problémom automatizácie a degradácie manuálnych letových zručností pilota sa v posledných rokoch zaoberalo množstvo štúdií. Staršie štúdie sa prevažne zamerali na stratu manuálnych letových zručností, ktoré boli zapríčinené dlhodobým neaktívnym lietáním. Mengelkoch a kol. sa zameriaval na zabúdanie letových zručností pri lietaní podľa prístrojov, kde dospel k výsledkom, že pilot, ktorý si tieto zručnosti dobre osvojil počas výcviku, si aj po 4 mesiacoch nelietania zachoval správnu skenovacíu techniku prístrojov, rozloženie pozornosti a pilotáž. Záver tejto štúdie poukázal na fakt, že pilot, ktorý sa po dlhšej neprítomnosti vrátil k lietaniu, si zachoval motorické zručnosti, avšak mal problém s kognitívnymi zručnosťami (Mengelkoch et al., 1971).

Štúdia Browna (2016) riešila automatizáciu ako jednu z hlavných príčin leteckých nehôd. Zamerala sa na zhodnotenie relevantnosti literatúry za posledné desaťročia, skryté nebezpečenstvá spojené s prevádzkou vysoko automatizovaných systémov, významom vonkajšieho kognitívneho zaťaženia pri určovaní spracovania množstva údajov a návrhu možných opatrení. Taktiež sa venovala rozboru leteckej nehody Air France 447 z roku 2009, kde skúmala prvky komplexnosti ľudských interakcií. Dospela k záverom, že problémy, ktoré priniesla automatizácia už začiatkom 70. rokov, sú naďalej aktuálne.

NASA v roku 2014 viedla výskum, ktorého sa aktívne zúčastnilo 16 dopravných pilotov B747-400. Zameriavali sa najmä na vplyv automatizácie na manuálne a kognitívne letové zručnosti. Štúdia zahŕňala testovanie pilotov v troch úrovniach použitia automatizácie. Dospeli k jasnému záveru, že ak pilot absolvoval kvalitný výcvik, počas ktorého si dostatočne osvojil manuálne letové zručnosti, aj po 4 mesiacoch nečinnosti nedochádza k degradácii týchto zručností. Avšak v prípade kognitívnych zručností potrebných na vyvolanie procedurálnych postupov, piloti mali značné problémy. Na rozdiel od predošlého výskumu zistili, že sa kognitívne zručnosti pilotov po 4 mesiacoch výrazne zhoršili (Mercer et al., 2014).

Cieľom štúdie Haslbecka a Hoermana (2018) bolo zhodnotiť vplyv praxe a výcviku na letové zručnosti počas manuálneho priblíženia ILS. Výskumu sa zúčastnilo 126 dopravných pilotov, ktorí museli manuálne zaletieť ILS priblíženie. Piloti boli rozdelení do 4 skupín podľa úrovne praxe a výcviku, podľa dĺžky letu (short-haul, long-haul) a postavenia (first officer, captain). Porovnaným parametrom bola odchýlka od zostupovej roviny ILS, kde najväčšie rozdiely mali piloti, ktorí lietali linky na dlhé vzdialenosti. Záverom ich štúdie boli odporúčania, aby piloti, ktorí prevažne lietajú dlhšie linky, častejšie absolvovali preskúšanie zamerané na manuálne lietanie, prípadne aby zaradovali do plánovania letov aj lety na kratšie vzdialenosti.

3. Manuálne letové zručnosti pilota

Pri súčasnom stupni automatizácie je prevažná časť letu riadená automatickými systémami lietadla bez priameho zásahu pilota. Táto skutočnosť má nepriaznivý vplyv na manuálne zručnosti pilota, kedy dochádza k priamej degradácii manuálnych letových zručností - psychomotorických zručností a kognitívnych zručností (Sherman et al., 1997).

Psychomotorické zručnosti pilota sú ľahko pozorovateľné, napr. fyzický zásah pilota do riadenia pri zmene kurzu. Kognitívne aspekty sú skryté, jedná sa napríklad o nevyhnutné opatrenia, ktoré pilot vykonáva pri monitorovaní a plánovaní navigačných letov (Novák a Mrázová, 2015).

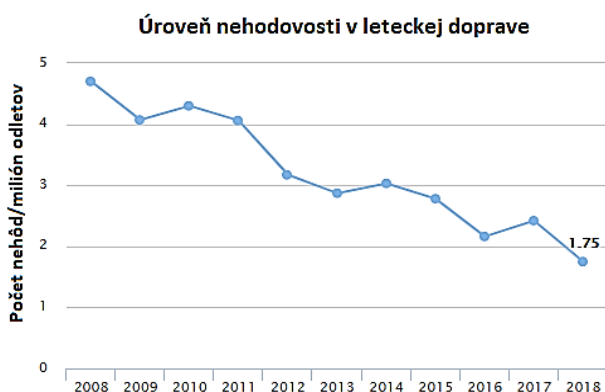
Požiadavky na manuálne letové zručnosti pilota počas letu sa odlišujú a sú závislé najmä na jednotlivých fázach letu. Všeobecne môžeme povedať, že počas fáz, kedy je lietadlo v ustálenom stave, sa znižujú požiadavky na manuálne letové zručnosti pilota. Počínajúc rolovaním a samotným vzletom lietadlo prechádza niekoľkými dynamickými zmenami. Za najnebezpečnejšiu fázu letu je označované samotné pristátie. Počas pristátia najmä pri dlhých letoch je stupeň aktivácie na nízkej úrovni, z dôvodu pasivity, pilota čo môže viesť k prehliadaniu určitých vnemov, fixácii na konkrétnu úlohu, zlému vyhodnoteniu situácie alebo k rozptýleniu pozornosti, ktoré býva spôsobené množstvom prijímaných údajov (Archer et al., 2012).

Počas zostupu, priblíženia, pristátia a prípadne nevydareného priblíženia sa požiadavky na manuálne letové zručnosti pilota značne líšia. Tieto fázy letu zahŕňajú množstvo ďalších manévrov, ktoré musí pilot súčasne vykonávať, ako napr. zmena nastavenia ťahu, konfigurácie lietadla a pod. Náročná povaha týchto fáz koreluje so štatistickými hodnotami oblastí s najväčším percentom leteckých nehôd.

Viaceré štúdie dokazujú, že úpadok letových zručností je priamoúmerný času bez praktického lietania (Puentes, 2011). Najväčšou hrozbou v súčasnosti, ktorá je spojená s automatizáciou je, že pilot už nemá rozhodovaciu funkciu a postupnou degradáciou zručností môže dôjsť k situácii, kedy v prípade zlyhania automatických systémov nebude dostatočne kvalifikovaný na zvládnutie danej situácie.

4. Letecké nehody

Podľa štatistickej správy, ktorú o bezpečnosti dopravy vydala Európska rada pre bezpečnosť dopravy, je letecká doprava najbezpečnejší spôsob dopravy ľudí nasledovaná dopravou vlakovou. Táto skutočnosť je spôsobená prísnyimi bezpečnostnými predpismi pri prevádzkovaní leteckej dopravy, vysokými bezpečnostnými štandardmi a kritériami nielen na technické vybavenie, ale aj personál, a tiež častými a dôkladnými kontrolami bezpečnosti všetkých častí prepravného procesu. Výskum v oblasti bezpečnosti leteckej dopravy je však neustále prebiehajúci proces, vďaka ktorému sa darí túto bezpečnosť dokonca neustále zvyšovať, ako potvrdzujú štatistiky ICAO (2018).



Graf 1: Úroveň nehodovosti v leteckej doprave (Zdroj: ICAO, Štatistické údaje).

4.1. Eastern Air Lines let 401 (NTSB, 1974)

Pravidelný let spoločnosti Eastern Air Lines z New Yorku do Miami, prevádzkovaný lietadlom Lockheed L-1011-1 Tristar dňa 29. decembra 1972 narazil do rozsiahlych močiarov na Floride a vyžiadal si 101 obetí. Táto letecká nehoda je ideálnou ukážkou toho, ako triviálna chyba v podobe vypálenej žiarovky rozptýli pozornosť celej posádky, čo následne vedie ku katastrofe. Ako jednou z hlavných príčin tejto nehody bolo zlyhanie automatizácie a fixácia posádky na jeden problém. Piloti sa príliš spoliehali na autopilota, neskoro si uvedomili zmenu režimu nastavenia a stratu výšky, pretože sa zamerali na riešenie problému vypálenej žiarovky. Po tejto nehode začali diskusie ohľadom zavádzania automatizácie a z toho vyplývajúci problém, že piloti sa až príliš spoliehajú na automatické systémy a v prípade zlyhania nedokážu včas a adekvátne reagovať.

4.2. Asiana Airlines let 214 (NTSB, 2014)

Let Asiana Airlines 214 bol pravidelný let cestujúcich z medzinárodného letiska Incheon v Južnej Kórei na medzinárodné letisko San Francisco v Spojených štátoch. Ráno 6. júla 2013 sa Boeing 777-200ER zrútil počas konečného priblíženia na letisku v San Franciscu. Táto nehoda si vyžiadala 3 mŕtvych, 187 zranených, z toho 49 utrpelo vážne zranenia. Vyšetrenie odhalilo, že piloti dostatočne nerozumeli automatickým systémom lietadla a nemali dostatočné skúsenosti s manuálnym riadením lietadla. V daný deň na letisku San Francisco nefungovala signalizácia zostupovej roviny a keďže sa jedná o rušný vzdušný priestor, zostupová rovina sa nalietava zhora. Vyšetrením sa zistilo, že kapitán letel vizuálne priblíženie bez signálu zostupovej roviny na danom type lietadla prvýkrát. Výcvikový záznam pilota ukázal, že mal manuálne nalietaných len niekoľko stoviek hodín. Lietadlo počas priblíženia na pristátie neklesalo dostatočne rýchlo a kapitán zmenil nastavenie autopilota, ale neoznámil to druhému pilotovi. Neobvyklá sekvencia úkonov vypla automat ťahu, na ktorý pilot spoliehal. Záverom vyšetrovania dospeli k názoru, že čím zložitejšia automatizácia, tým ťažšie je pre pilotov porozumieť jej. Preto boli prijaté viaceré odporúčania, najmä pre spoločnosť Asiana Airlines, ktorá mala prísne pravidlá ohľadom automatizácie a požadovali od pilotov čo najviac sa spoliehať na automatické systémy. Taktiež bol doporučený lepší výcvik pilotov bez využitia automatizácie.



Obrázok 1: Trosky lietadla B777-200ER Asiana Airlines let 214 (Zdroj: NTSB, 1974).

5. Meranie manuálnych letových zručností

Objektívne meranie dopadu automatizácie na degradáciu manuálnych letových zručností pilota je z dôvodu komplexnosti tohto problému náročné. Individuálne rozdiely medzi jedincami spôsobujú, že automatizácia má na každého iný dopad.

Vo výskumoch zameraných na letové zručnosti pilota sa často sleduje presnosť pilotáže pri ILS priblížení. Sledovaným parametrom je odchýlka od zostupovej roviny. Je však otáznе, či je táto metóda dostatočná na určenie úrovne letových zručností pilota.

V roku 2018 sa na letisku Žilina, Dolný Hričov vykonalo viacero meraní so zameraním na presnosť pilotáže a správne skenovací postupy počas priblíženia. Meraní sa zúčastnilo päť pilotov vo výcviku s rôznym počtom nalietaných IFR hodín. Z bezpečnostných dôvodov sa merania uskutočnili na letovom simulátore ELITE S923 FNPT II MCC. Piloti postupne zaleteli presné ILS priblíženie pre dráhu 06 na letisku Žilina. Vek účastníkov sa pohyboval od 22 do 25 rokov (priemerný vek 23). Počet nalietaných hodín sa pohyboval od 50 do 82 hodín (priemerný počet hodín 59). Počas testovacích letov boli údaje zaznamenávané programom Serial Port Monitor a následne analyzované v programe Microsoft Office Excel (Škvareková et al., 2019).



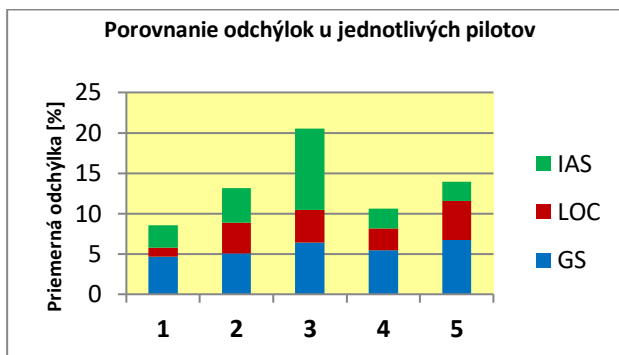
Obrázok 2: Meranie presnosti pilotáže počas ILS priblíženia na simulátore ELITE S923 (Zdroj: Autori).

Zo získaných údajov sa vypočítala vertikálna odchýlka od stanovenej zostupovej osi, priemerná odchýlka od stanovenej rýchlosti a horizontálna odchýlka od zostupovej osi na základe

súradníc pomocou letiskových máp. Hodnoty odchýlok od stanovených parametrov vyjadrené v uhlových stupňoch a uzloch boli následne prepočítané na percentuálne odchýlky.

Tabuľka 1: Priemerné odchýlky testovaných pilotov (Zdroj: Škvareková et al., 2019)

Pilot	Nalietané hodiny IFR	Vertikálna odchýlka od zostupovej osi (GS)	Horizontálna odchýlka od zostupovej osi (LOC)	Odchýlka od stanovenej rýchlosti (IAS)
1	55	14,01%	3,27%	8,33%
2	82	15,18%	11,38%	12,92%
3	50	19,24%	12,11%	30,14%
4	50	16,33%	8,08%	7,32%
5	58	20,28%	14,29%	7,32%



Graf 2: Porovnanie priemerných odchýlok pilotáže u jednotlivých pilotov (Zdroj: Škvareková et al., 2019).

Po vykonaní všetkých meraní, spracovaní dát a následnej štatistickej analýze bola z nameraných údajov vyčíslená hodnota rozptylu a smerodajnej odchýlky. Na základe týchto údajov sa určila percentuálna odchýlka pre jednotlivé parametre.

Na základe komplexného zhodnotenia výsledkov meraní na presnosť pilotáže z tabuľky vyplýva, že najväčší problém pre pilotov predstavovalo udržanie vertikálnej osi zostupu, nasledované udržaním stanovenej rýchlosti a najmenší problém mali s udržaním horizontálnej zostupovej osi.

Tabuľka 2: Priemerné percentuálne odchýlky meraných parametrov (Zdroj: Škvareková et al., 2019).

Vertikálna odchýlka od zostupovej osi (GS)	Horizontálna odchýlka od zostupovej osi (LOC)	Odchýlka od stanovenej rýchlosti (IAS)
17,01%	9,83%	13,21%

Ďalším ukazovateľom v prípade manuálnych letových zručností pilota je správna skenovacia technika počas letu. Správne rozloženie pozornosti počas letu je veľmi dôležité z hľadiska bezpečnosti. Zlé, respektíve nedostatočné návyky počas skenovania prístrojov môžu mať najmä v kritických fázach letu fatálne následky.

Predošlý výskum, ktorý sa zaoberal touto problematikou, dospel k jednoznačnému záveru, že osvojenie správnej techniky rozloženia pozornosti je zdĺhavý proces, ktorý sa nedá naučiť len teoretickou prípravou, ale je potrebné praktické lietanie a nadobúdanie nových skúseností s IFR lietaním. Boli

dokázané značné rozdiely v skenovacej technike medzi skúsenými a neskúsenými pilotmi. Hlavným rozdielom, na ktorý výskum poukázal, bolo to, že neskúsení piloti počas pristátia venovali pozornosť výlučne dráhe pred sebou a nepokračovali v skenovacej technike prístrojov, tým pádom prehliadali prístroje. V prípade skúsených pilotov, ktorí už jednotlivé úkony vykonávali automaticky, nevenovali im zvýšenú pozornosť a boli schopní získavať údaje z palubných prístrojov v kratšom čase. Neskúsení piloti nemali pred začatím merania praktické skúsenosti s lietaním podľa prístrojov. Aj z tohto dôvodu venovali oveľa viac pozornosti vonkajšiemu okoliu ako prístrojom, a to najmä počas pristátia. Táto skutočnosť mohla byť zapríčinená nedostatočnou dôverou v prístroje a neosvojenou správnou skenovacou technikou (Škultéty et al., 2018).

6. Záver

Palubné systémy, ktoré sú schopné s veľkým predstihom reagovať na potenciálne nebezpečenstvo a poskytnúť pilotovi alternatívne riešenia, radikálne zmenili funkciu pilota v kabíne moderného lietadla. Takto dochádza k výraznej redukcii mentálnej záťaže pilota. Avšak v tomto prípade netreba zabúdať, že ani príliš malá mentálna záťaž nenavodzuje stav, ktorý by vylučoval mentálne chyby človeka. Počas dlhodobej nečinnosti dochádza k pasivite, ktorá môže viesť k prehliadaniu aj významných detailov. Preto je dôležité udržiavať pozornosť pilota predpísaným systémom určitých pravidelných úkonov, vykonávaných v štandardných postupoch.

Stresové stavy vznikajú pri preťažení, ako aj pri zníženej pracovnej záťaži, resp. pri monotónnej činnosti. V podrobnom rozbere stresových stavov pri práci a ich vplyvu na cieвне a mentálne poruchy je poukázané, že ide o konfliktné situácie pri práci alebo o preťaženie, čo vedie k zvýšeniu neurotických stavov, anxiety, k zmenám kardiovaskulárneho systému a mentálnym poruchám. Významným činiteľom tu je časový stres, ktorý sa často vyskytuje pri monotónnej práci. Pozoruhodné je, že medzi záporné vplyvy na zdravotný stav viacerí autori zaraďujú aj nízku alebo nijakú participáciu na riadení, resp. na rozhodovaní. Vykonané psychologické merania (Daniel, 1984) jednoznačne potvrdzujú, že monotónna práca negatívne vplyva na utváranie niektorých parametrov, týkajúcich sa stavu centrálného nervového systému, a tak aj pracovnej výkonnosti. Medzi základné odporúčania patrí princíp obohatenia práce. Obohatením práce sa rozumie zvýšenie kognitívnej zložitosti.

Pri dlhotrvajúcom automatizovanom lete má nedostatok propriocentívnych spojení s lietadlom záporný vplyv nielen na kvalitu riadenia, ale i na kvalitu vizuálnej kontroly parametrov letu a vo svojich dôsledkoch sa negatívne prejavuje na kvalite pilotovania.

Zovšeobecnením faktov je možné predpokladať, že automatizácia procesu riadenia lietadla narušila v systéme pilot - lietadlo dôležitý kybernetický princíp, a to princíp trvalých senzorických korekcií spätnou väzbou. Vzhľadom k tomu, že počas automatizovaného letu je zákonitý aj zníženie efektívnosti činnosti v spojení so zmenami procesu vnímania, je nutné upozorňovať lietajúci personál na možnosť poklesu bdlosti za automatizovaného letu a následkom toho i na zníženie efektívnosti činnosti pilota.

Množstvo štúdií, ktoré sa zaoberali touto problematikou naďalej poukazujú na problémy spojené s automatizáciou a sú naďalej aktuálne. Trend automatizácie má vysoký vplyv na zvyšovanie bezpečnosti, preto je dôležité zamerať sa na druhý aspekt, a to samotného pilota.

Spolu s automatizáciou je potrebné prispôbiť výcvik nielen začínajúcich ale aj skúsených pilotov. Je dôležité, aby pilot rozumel týmto systémom a vedel sa im adekvátne prispôbiť. Pestovanie správnych návykov a zručností musí byť súčasťou výcvikových programov nielen pri získavaní príslušnej licencie, ale aj udržiavacích a pravidelne sa opakujúcich výcvikových programov. Najčastejšími prípadmi mentálnych pochybení sú neznalosť a zlé návyky, ktoré môžu mať katastrofálne následky, preto je dôležité tomuto predchádzať.

Jedným z možných riešení je zaradiť do samotného výcviku viac cvičení zameraných na zlepšenie manuálnych letových zručností. Ku skvalitneniu výcviku môže prispieť aj lietanie na bezmotorových klzákoch. Riešenie krízových situácií, osvojenie si kĺzavého letu či budovanie správneho rozpočtu na pristátie v rôznych poveternostných podmienkach prostredníctvom bezmotorového výcviku ako spôsob zníženia rizík počas krízových situácií alebo bežného letu je jednou z najväčších výhod bezmotorového lietania. Pravidelné lietanie na hranici letovej obálky môže znížiť faktor prekvapenia, na ktorý môže väčšina pilotov reagovať prirodzenou reakciou pri zvýšenej stresovej situácii, panikou a stratením zdravého úsudku. Piloti sa počas bezmotorového lietania naučia lepšie zvládať rôzne situácie po fyzickej ale aj psychickej stránke, kedy sa značne zredukuje mentálna záťaž zapríčinená neočakávanými pocitmi, keďže pilot bude na konkrétne situácie pripravený a s danými pocitmi sa už stretol.

Napriek stále zvyšujúcej sa spoľahlivosti a bezpečnosti leteckej dopravy, existujú prípady, kedy zlyhanie systému z rôznych dôvodov viedlo k pristátiu bez funkčných systémov. Azda najznámejší prípad takéhoto pristátia bol let 1549 s kapitánom Ch. B. Sullenbergerom, ktorý s dopravným lietadlom typu Airbus A320 dokázal a pristál v meste New York na riekku Hudson. Kapitán Sullenberger bol držiteľom licencie na lety na bezmotorových lietadlách, čo podľa mnohých odborníkov viedlo k relatívne bezpečnému pristávaciemu manévru s nefunkčnými pohonnými jednotkami.

Osvojenie manuálnych letových zručností je zdĺhavý proces, ktorý sa nedá naučiť len teoretickou prípravou, ale je potrebné praktické lietanie a nadobúdanie nových skúsenosti s lietaním. Bez ohľadu na to, aká sofistikovaná technológia je, ľudské vnímanie, kognícia a kreativita sú rozhodujúce pri riešení abnormálnych a neočakávaných situácií. Je dôležité aby si pilot starostlivo vybral primeranú úroveň automatizácie, dokázal si udržať situačné povedomie a mohol bezpečne prevádzkovať svoje lietadlo.

Podakovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **KEGA 011ŽU-4/2018** s názvom „*Nové technológie vo vzdelávaní v študijnom programe Letecká doprava a Profesionálny pilot*“.

Referencie

- Archer, J., Keno, H., Kwon, Y. 2012. Effects of Automation in the Aircraft Cockpit Environment: Skill Degradation, Situation Awareness, Workload. Final project. AAE/IE 590 Air Transportation Systems.
- Beňo, L., Dzvonič, O. 2004. Ľudské faktory v letectve, EDIS 2004. ISBN 8080702764.
- Brown, J., P. 2016. The Effect of Automation on Human Factors in Aviation, Royal Melbourne Institute of Technology, Australia. The Journal of Instrumentation, Automation and Systems, s. 31-36.
- Bugaj, M., Kříž, J. Novák, A. 2009. Bezpečnosť leteckej dopravy a kvalita výchovy, Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom a vojenskom letectve, s. 10-14. ISBN 978-80-554-0007-5.
- Daniel J. 1984. Psychická záťaž v laboratórnych a terénnych podmienkach. SÚKK 1197/I-1973.
- Ficová, D. et al. 2016. Effects of automation and electronic devices on board aircraft on pilot skills, training requirements and flight safety. Zeszyty naukowe Wyższej szkoły finansów i prawa w Bielsku-Białej 4/2016, s. 242-269. ISSN 2084-1809.
- Haslbeck, A., Hoermann, H. 2016. Flying the Needles: Flight Deck Automation Erodes Fine-Motor Flying Skills Among Airline Pilots. Human Factors The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society 58(4).
- ICAO. n.d. Štatistické údaje Safety. Dostupné na: <https://www.icao.int/safety/iStars/Pages/Accident-Statistics.aspx>
- Mengelkoch, R. F., Adams, J. A., Gainer, C. A. 1971. The forgetting of instrument flying skills. Human Factors, In database: PsyclNFO. 13(5), s. 397-405.
- Mercer, J., Gomez, A., Gabets, C., Bienert, N., Edwards T., Martin, L., Gujral V., Homola, J. 2014. Impact of Automation Support on the Conflict Resolution Task in a Human-in-the-Loop.
- National Transportation Safety Board. 1974. Aircraft Accident Report: Eastern Air Lines, L-1011. Dostupné na: <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AAR7314.pdf>
- National Transportation Safety Board. 2014. Descent Below Visual Glidepath and Impact With Seawall, Asiana Airlines Flight 214, Boeing 777-200ER, HL7742, San Francisco, California, July 6, 2013. Aircraft Accident Report NTSB/AAR-14/01. Dostupné na: <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AAR1401.pdf>
- Novák, A., Mrázová, M. 2015. Research of physiological factors affecting pilot performance in flight simulation training device. Communications: scientific letters of the University of Žilina, 3/2015, s. 103-107. ISSN 1335-4205.
- Novák, A., Novák Sedláčková, A. 2015 International civil aviation regulations. ISBN 978-80-8181-011-4.

- Puentes, A. 2011. The Manual Flight Skill of Airline Pilots. Master's Thesis. Dostupné na: http://scholarworks.sjsu.edu/etd_theses/4109
- Sherman, P. J., Helmreich, R. L., Merritt, A.C. 1997. National Culture and Flight Deck Automation: Results of a Multination Survey. *The International Journal of Aviation Psychology*, 7, s. 311-329.
- Škultéty, F., Škvareková, I., Pecho, P. 2018. Meranie rozloženia pozornosti pilota s využitím technológie eye track. Žilinská univerzita v Žiline. *Aero-journal: Scientific Journal of Air Transport Industry* 1/2018, s. 36-40. ISSN 1338-8215.
- Škvareková, I., Bielik, M., Kandra, B. 2019. Somatic stressors impact on the pilot's performance during ILS approach. *Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve, Žilinská univerzita v Žiline*, s. 57-62. ISBN 978-80-554-1549-9.

DOPAD PREVÁDZKOVEJ VÝŠKY UAV NA ŠÍRENIE HLUKU

THE IMPACT OF UAVS OPERATIONAL HEIGHT TO NOISE POLLUTION

Viliam Ažaltovič
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
viliam.azaltovic@fpedas.uniza.sk

Pavol Pecho
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Branislav Kandra
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
branislav.kandra@fpedas.uniza.sk

Abstract

Main goal of this paper is analysis of noise produced by propulsion system of unmanned aerial vehicles and methods how to eliminate those disturbing noises as much as possible. During the experiments, the DJI Mavic pro with two types of propellers was used and measurements were made using a sound meter, with the UAV at different heights and distances. The two tested types of propellers were both produced by DJI, the first one was classic propeller, and the second one was special „Low-Noise“ propeller. After analyzing the results of experiments, the ideal height for operations was found. At the end of the article was defined exact percentage reduction of the noise during use of „Low-Noise“ propellers.

Keywords

UAV, noise, analysis, operational height

1. Úvod

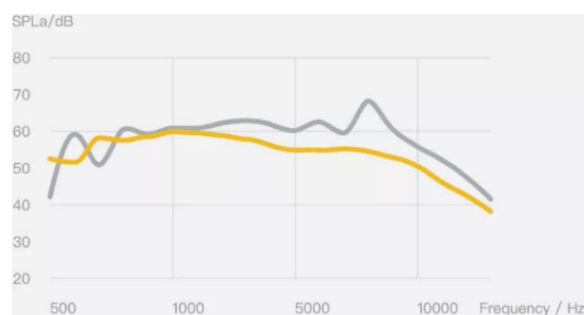
Za posledných niekoľko rokov zažili malé bezpilotné lietajúce prostriedky obrovský rozmach najmä kvôli svojej dostupnosti a využiteľnosti. Výrobcovia UAV sa v dnešnej dobe začínajú čoraz viac sústreďovať na optimalizáciu leteckých vrtúľ a to najmä z dôvodu vysokého nárastu počtu bezpilotných prostriedkov. Čoraz viac sa kladú vysoké nároky počas vývoja na hlučnosť.

Emisie hluku leteckej dopravy (Aircraft Noise Pollution) sú škodlivé hluky spôsobené akýmkoľvek lietadlom alebo jeho komponentmi počas rôznych fáz letu. Hluky produkované lietadlami sú rozdelené do troch kategórií:

- mechanický hlučnosť - rotácia častí motora, najvýraznejšie, keď lopatky dosahujú nadzvukovej rýchlosti,
- aerodynamický hlučnosť - prúdenie vzduchu okolo povrchov lietadla, najmä pri nízkych výškach letu za vysokých rýchlostí,
- hlučnosť zo systémov lietadiel - pretlakové systémy a klimatizácie kokpitu a kabíny a pomocné energetické jednotky (APU).

Emisie hluku leteckej doprave môžu mať aj zdravotné následky, zvlášť pri dlhodobom pôsobení. Zdravotné následky zahŕňajú poruchy spánku, poruchy sluchu a kardiovaskulárne choroby, ako aj pracovné úrazy spôsobené stresom. V mnohých prípadoch môže byť ovplyvnená aj pamäť. Vlády prijali rozsiahle kontroly, ktoré sa vzťahujú na projektantov lietadiel, výrobcov a prevádzkovateľov, čo vedie k zlepšeniu postupov a zníženiu znečistenia. (FAA, CFR Final Rule. 2005)

Samozrejme, bezpilotné prostriedky, ktoré sú predmetom tohto článku, nedisponujú výkonom, aby dosahovali hladiny hluku ako dopravné lietadlá, ale aspoň utvrdzujú fakt, že hlučnosť v leteckej je problém spätý dlhé desaťročia a treba proti nemu účinne bojovať. Hlučnosť, ktorý vzniká pri rotácii vrtule, je spôsobený aerodynamickými a geometrickými charakteristikami vrtule, takže pokiaľ chceme znížiť hlučnosť vrtule, treba sa zamerať práve na ne. Môže sa stať, že na úkor zníženia hluku počas rotácie vrtule, sa zároveň zníži aj efektívnosť vrtule. Kompletná eliminácia hluku pri použití vrtúľ je nemožná, keďže každá vrtuľa narúša prirodzené prúdenie vzduchu vírivým efektom a tým dochádza aj k vzniku nežiadúceho hluku. (Gur et al., 2009) Dokonca aj malé drony môžu produkovať značný hlučnosť v tesnej vzdialenosti. Mavic Pro Platinum produkuje 93 dB a Mavic Air dokonca 99 dB, a to najmä kvôli tomu, že vytvára vyššie otáčky. Merania boli uskutočnené vo vzdialenosti 15 cm od zdroja hluku. Väčšie bezpilotné lietajúce prostriedky produkujú ešte vyššie hladiny hluku. Vo väčšine prípadov platí, že čím je prostriedok ľahší, tým je aj tichší. Príklad spektra hluku pre dva populárne malé drony je uvedený na grafe 1. Počas meraní boli bezpilotné lietajúce prostriedky vo vzdialenosti 10 metrov od hlučkomera.

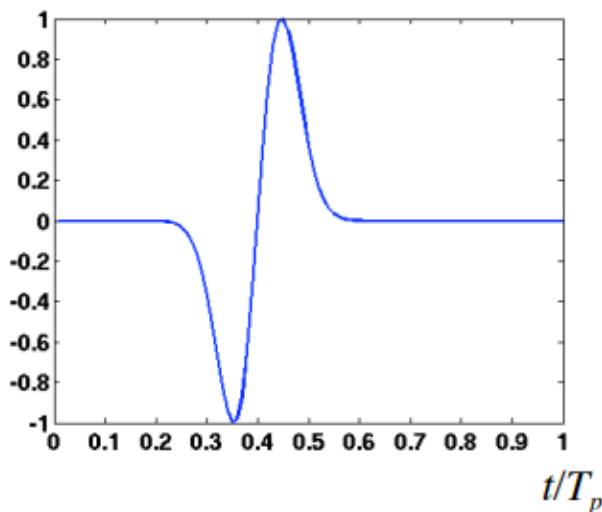


Graf 1: Porovnanie hluku dvoch populárnych dronov (Zdroj: Webové stránky aeroflydrones.com).

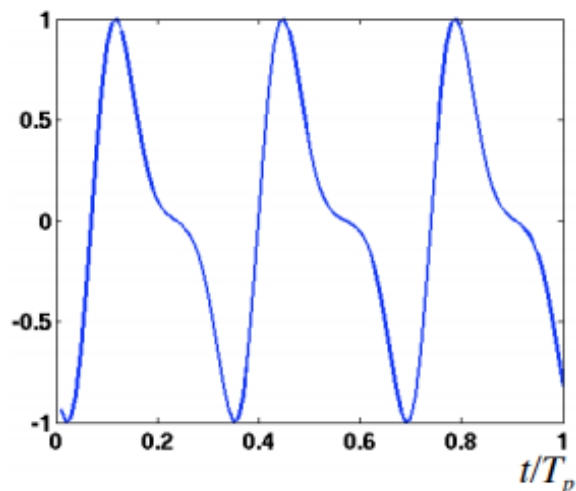
2. Zdroje hluku

Rotujúce vrtuľové listy emitujú dva výrazne odlišné typy akustických stôp. Prvý je označovaný ako tónový alebo harmonický šum a je spôsobený zdrojmi, ktoré sa opakujú presne počas každého otočenia vrtule. Druhým je širokopásmový šum, ktorý je náhodným, neperiodickým signálom spôsobeným turbulentným prúdením cez listy. Grafy 2a až 2d. znázorňujú tieto signály a ukazujú, ako sa kombinujú.

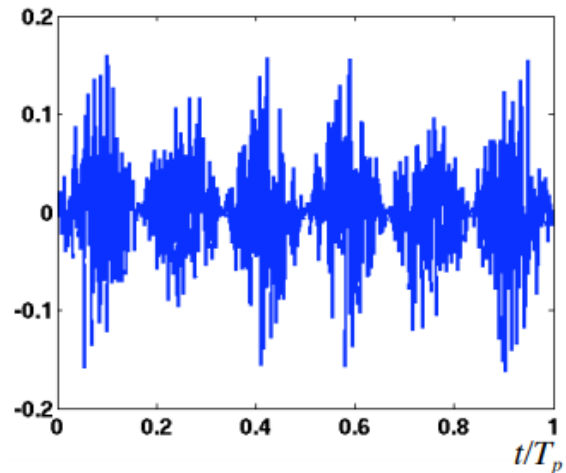
Na Grafe 2a je znázornená zvuková stopa z jedného vrtuľového listu počas jednej otáčky T_p . Ak má rotor tri vrtuľové listy, potom sa táto zvuková stopa opakuje pri frekvencii prechodu lopatky (BPF) a výsledkom (Graf 2b), je zvuková stopa, ktorá sa opakuje s periódou $T_p/3$. Typický širokopásmový signál je znázornený na Grafe 2c a je zrejmé, že má celkom odlišný charakter bez súvisiacej periodicity, ale obálka, ktorá sa periodicky mení. Súčet všetkých typov signálov je znázornený na Grafe 2d. Je potrebné si všimnúť, ako má výsledná zvuková stopa tendenciu skrývať detaily jednotlivých zložiek zobrazených na Grafoch 2a až 2d. (Jang et al., 2001)



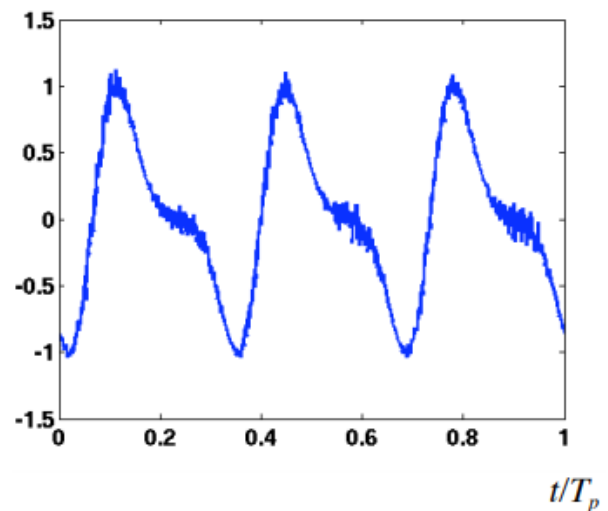
Graf 2a: Časový priebeh jedného listu vrtule (Zdroj: Propeller noise).



Graf 2b: Časový priebeh trojlístej vrtule (Zdroj: Propeller noise).



Graf 2c: Časový priebeh šumu širokopásmového rotora (Zdroj: Propeller noise).



Graf 2d: Časový priebeh hluku rotora za jednu periódu (Zdroj: Propeller noise).

Hluk a vibrácie elektromotora sú spôsobené konštrukčnou deformáciou spôsobenou elektromagnetickými silami, pohyblivými časťami (nevyváženosť, prevody a ložiská) a prúdením vzduchu motorom. V súčasnosti sa väčšinou používajú bezkartáčové jednosmerné motory (BLDC - Brush-Less Direct Current), známe pre svoje široké použitie a energetickej účinnosti.

Intenzitu hluku možno čiastočne stanoviť aj pomocou BPF – Blade Passing Frequency – teda frekvencia prechodu listu vrtule, keďže frekvencia je tiež zložka, ktorá má vplyv na intenzitu hluku. (Tinnie et al., 2018)

Blade Passing Frequency (BPF) je možné ju vypočítať podľa nasledujúceho vzťahu:

$$BPF = \frac{n \cdot t}{60} \text{ [Hz]} \quad (1)$$

BPF – Frekvencia prechodu listu vrtule

n – rýchlosť otáčania (rpm – revolutions per minute – otáčky za minútu)

t – počet listov vrtule

Nie všetky zdroje hluku sú rovnako dôležité. Niektoré zdroje ďaleko dominujú hladine hluku, zatiaľ čo iné len symbolicky prispievajú k celkovému hluku. Akýkoľvek hluk, ktorý je čo i len o niekoľko dB nižší ako ostatné zdroje, sa môže zanedbať, pretože prispieva k celkovej hladine hluku zanedbateľne.

3. Znižovanie hluku

Ako bolo spomenuté, úplná eliminácia nežiadúceho hluku nie je možná, a tak sa výrobcovia bezpilotných lietajúcich prostriedkov snažia aspoň obmedziť hluk v čo najväčšej možnej miere.

Vrtule, ktoré sa využívajú na pohon týchto malých zariadení, majú vo väčšine prípadov dve základné geometrické charakteristiky. Prvou z nich je priemer vrtule a druhou je takzvané stúpanie vrtule. Stúpanie vrtule je vzdialenosť, o ktorú postúpi vrtuľa v smere osi jej otáčania pri jednom otočení vrtule. Upravovaním týchto dvoch charakteristík, je možné vytvoriť vrtuľu, ktorá je čo najvhodnejšia pre istý typ pohonu. Vrtule, ktoré majú menšie stúpanie, majú aj menší odpor voči vzduchu, a teda generujú nižší hluk. (Gur et al., 2009) Vrtule s vyšším stúpaním zase úplne opačne. Samozrejme, že s týmito súvisia aj ďalšie podstatné veci, ako napríklad energetický výdaj. Čím väčšie je stúpanie vrtule, tým spôsobuje väčší odpor a viac namáha pohonnú jednotku, takže aj množstvo spotrebovanej energie je väčšie, čo má za následok nižšiu výdrž akumulátorov. (Fahlstrom et al., 2012)

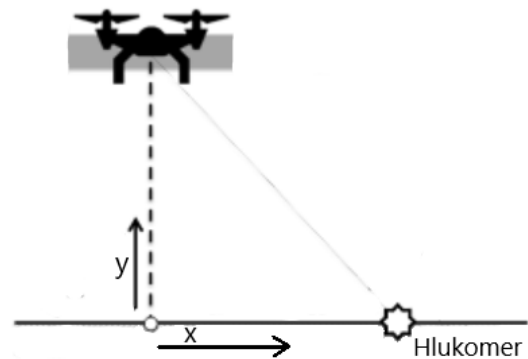
4. Meranie

Merania prebehli na otvorenom priestranstve, aby sa zabránilo nežiadúcim zvukovým odrazom a aby sa autori počas experimentov vyhli irelevantným výsledkom. Počas experimentov bol použitý Mavic Pro od výrobcu DJI s dvomi rôznymi sadami vrtulových listov.

Hluk bol meraný pomocou multimeru Mastech MS6300, ktorý disponuje aj funkciou merania hluku. Rozsah hlukomera je dostatočný, keďže dokáže zaznamenať hluk v rozsahu od 30 – 130 dB s presnosťou na 0,1 dB a presnosťou +/- 1,5 dB.

Ako bolo spomenuté, merania boli uskutočnené v reálnych podmienkach, takže chyby počas merania nemohli byť úplne eliminované. Merania prebehli v troch rôznych výškach, menovite 5 m, 10 m a 20 m (Obrázok 2., os y), pričom v každej z týchto výšok sa nachádzal bezpilotný lietajúci prostriedok ešte v štyroch rôznych vzdialenostiach a to: 5, 10, 15 a 20 metrov (Obrázok 1., os x).

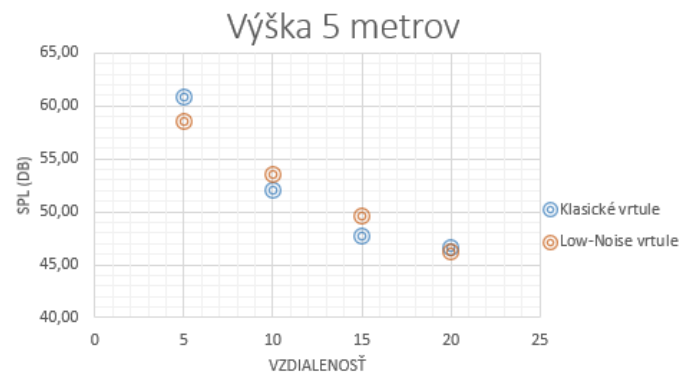
Približné hodnoty výšky a vzdialenosti boli počas meraní zistené na základe GPS lokácie drona, ktorá bola viditeľná na diaľkovom ovládaní (Obrázok 2).



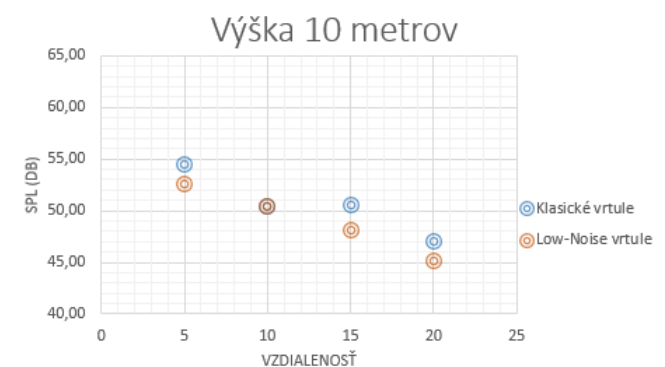
Obrázok 1: Schéma merania hluku drona (Zdroj: Autori).



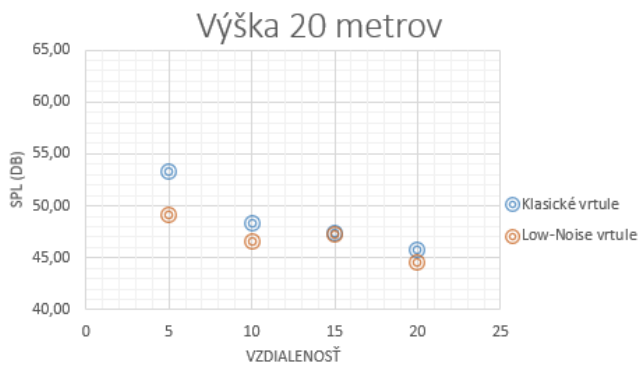
Obrázok 2: Dialkové ovládanie DJI Mavic Pro (Zdroj: Autori).



Graf 3a: Meranie uskutočnené vo výške 5 metrov nad povrchom a porovnanie klasických vrtúľ a "Low-Noise" vrtúľ (Zdroj: Autori).



Graf 3b: Meranie uskutočnené vo výške 10 metrov nad povrchom a porovnanie klasických vrtúľ a "Low-Noise" vrtúľ (Zdroj: Autori).



Graf 3c: Meranie uskutočnené vo výške 20 metrov nad povrchom a porovnanie klasických vrtúl a „Low-Noise“ vrtúl (Zdroj: Autori).

Ako je možné vidieť z hore uvedených grafov, vo väčšine prípadov boli „Low-Noise“ vrtule skutočne tichšie, výnimkou bolo len meranie uskutočnené vo výške 5 metrov nad povrchom. V tomto prípade bola priemerná hodnota hluku pri „Low-Noise“ vrtuliach vyššia o 0,338 % ako pri normálnych vrtuliach. Zmena nastala pri meraniach vo výškach 10 a 20 metrov nad povrchom. Pri meraní vo výške 10 metrov nad povrchom bol priemerný hluk generovaný „Low-Noise“ vrtulami o 3,06 % nižší ako pri normálnych vrtuliach. Počas merania v najväčšej výške boli namerané aj najväčšie rozdiely. Percentuálne boli „Low-Noise“ vrtule tichšie o 3,74 % oproti klasickým vrtuliam.

5. Záver

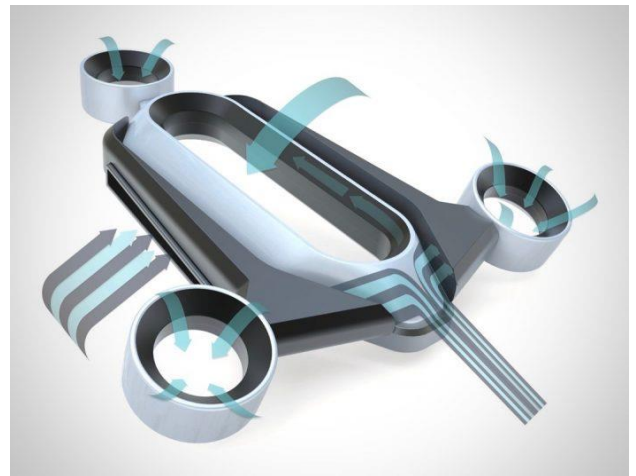
Dôležitým faktorom zisteným počas experimentov bolo, že klasické vrtule mali približne o 700 otáčok za minútu (cca 5700 RPM) viac ako „Low-Noise“ vrtule (cca 5000 RPM), čo znamená, že pri nižších otáčkach dosahovali „Low-Noise“ vrtule rovnaký vztlak ako tie klasické.

Vo výsledku môžeme potvrdiť, že „Low-Noise“ vrtule sú oproti klasickým skutočne tichšie, aj keď nie v bezprostrednej blízkosti, ako sme predviedli počas merania vo výške 5 metrov nad povrchom. V ostatných prípadoch, teda počas meraní vo výškach 10 a 20 metrov, boli dosiahnuté už len výsledky potvrdzujúce zníženie hluku pri použití „Low-Noise“ vrtúl, nanajvýš boli dosiahnuté rovnaké hodnoty ako pri klasických vrtuliach.

Aj napriek potvrdeniu zníženia hluku vzniknutého otáčaním vrtúl počas prevádzky bezpilotných lietajúcich prostriedkov je treba poznamenať, že hluk nebol znížený v takej miere aby bol rozdiel medzi hlukom normálnych vrtúl a hlukom „Low-Noise“ vrtúl dostatočne zreteľný pre voľné ucho pozorovateľa. Aj z tohto dôvodu je použité vrtúl na takýchto malých bezpilotných prostriedkoch stále otáznе, keďže miera efektivity zníženia hluku nie je stále na dostatočnej úrovni. Výsledok zníženia hluku uskutočnených počas meraní dosahujúcich hodnotu 3,74 % je možné považovať za takmer zanedbateľný, avšak je potrebné prihliadnúť k faktu, že merania boli uskutočnené v reálnych podmienkach.

Dokonalá vrtuľa na pohon bezpilotných lietajúcich prostriedkov by mala byť čo najtichšia, mala by mať čo najnižší odpor a dostatočný výkon na pohon. Ak by chceli výrobcovia v budúcnosti kompletne eliminovať nežiadúci hluk produkovaný vrtulami bezpilotných lietajúcich prostriedkov,

s najväčšou pravdepodobnosťou začnú používať pohon, ktorý neobsahuje žiadne lopatky ani vrtule, tak ako je možné vidieť na koncepte od Edgara Herreru na Obrázku 3.



Obrázok 3: Koncept bezpilotného lietajúceho prostriedku bez použitia vrtúl a lopatiek (Zdroj: <https://i.ytimg.com/vi/NhHWQgPNA4k/maxresdefault.jpg>).

Pod'akovanie

Článok vznikol s podporou kvality vzdelávania a rozvoja vedy a výskumu nadácie „Nadácia Tatra banky“.

Referencie

- Bugaj, M. 2012. The basic analysis of control systems on commercial aircraft. Perner's Contacts, 5/2011, s. 29-35. ISSN 1801-674X.
- Bugaj, M., Rostaš, J. 2016. Diagnostika lietadlovej techniky. Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve 2016, s. 64-66. ISBN 978-80-554-1143-9.
- Fahlstrom, P. G., Gleason, J. T., 2012. Introduction to UAV Systems. ISBN 978-1119978664.
- Goering, A. 2017. UAV Noise Reduction, Massachusetts Academy of Math and Science.
- Gur, O., Rosen, A., 2009. Design of Quiet Propeller for an Electric Mini Unmanned Aerial Vehicle. Journal of Propulsion and Power, 3/2009, s. 717-728.
- Jang, C. M., Furukawa, M., Inoue, M. 2001. Noise reduction by controlling tip vortex in a propeller fan. JSME International Journal Series C Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing, 4/2001, s. 748-755. doi:10.12/jsmeb.44.74.
- Lin, D., Zhang, Y., Lee, I., 2017. Measurement of Noise from a Moving Drone Using a Phased Array Microphone System. Conference: 2017 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace TechnologyAt: Seoul, South Korea.
- Miljkovič, D. 2018. Methods for Attenuation of Unmanned Aerial Vehicle Noise. doi: 10.23919/MIPRO.2018.8400169.

Rostáš, J., Škultéty, F. 2017. Are today's pilots ready for full use of GNSS technologies? International Conference on Air Transport, s. 217-225. ISBN 9781510857421.

Tinney, E. C., Sirohi, J. 2018. Multirotor Drone Noise at Static Thrust. AIAA JOURNAL 7/2018.

Zhou, T. 2017. Tonal Noise of Characteristics of Two Small-Scale Propellers. 23rd AIAA/CEAS Aeronautics Conference.

Webové stránky aeroflydrones.com. 2019 Dostupné na: <https://www.aeroflydrones.com>.

Webové stránky propellernoise.com. 2018. Dostupné na: <https://www.propellernoise.com>.

SIMULÁTOR ESCAPE LIGHT

ESCAPE LIGHT SIMULATOR

INFORMATIVE ARTICLE

INFORMATÍVNY ČLÁNOK

Matúš Materna

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina, Slovakia
matus.materna@fpedas.uniza.sk

Abstract

Escape Light is ATC simulator developed in Eurocontrol Experimental Centre as educational and research tool for universities and other educational organizations. Air transport department attended the first training course for installation and use of the simulator. This paper summarizes information from the course and explains some of the main areas of simulator and its usage.

Keywords

ATC, simulator, Escape Light

1. Úvod

V dňoch 20. až 25. mája 2019 sa Katedra leteckej dopravy spolu s ďalšími piatimi vysokými školami a niekoľkými výučbovými organizáciami zúčastnila na školení v experimentálnom centre Eurocontrol-u (Eurocontrol Experimental Centre - EEC) v Brétigny-sur-Orge, Francúzsko. Cieľom školenia bol úvod do inštalácie a používania simulátora riadenia letovej prevádzky *Escape Light*. Simulátor *Escape Light* je zjednodušenou verziou existujúceho simulátora *Escape*, ktorý bol vyvinutý v EEC na potreby výcviku a tréningu riadiacich letovej prevádzky.



Obrázok 1: Účastníci školenia (Zdroj: ECE, 2019).

EEC ho poskytuje na komerčnej báze niekoľkým európskym poskytovateľom leteckých navigačných služieb. Simulátor je ďalej využívaný priamo v EEC aj na veľké množstvo výskumných a vývojových aktivít ako platforma, na ktorej je možné simulovať reálnu prácu riadiacich letovej prevádzky, napríklad pre potreby implementácie nových postupov a technológií, alebo pre potreby výskumu ľudského faktora.

Escape Light teda predstavuje zjednodušenú simulačnú platformu, ktorá bola vyvinutá pre nekomerčný nástroj

prevažne pre vysoké školy. Vysoké školy môžu *Escape Light* využívať nielen pre potreby praktického vzdelávania študentov v oblasti riadenia letovej prevádzky, ale aj ako platformu, prostredníctvom ktorej je možné vykonávať výskum podložený simuláciou riadenia letovej prevádzky v reálnom čase, ktorá je založená na reálnych výkonnostných modeloch jednotlivých lietadiel a sektorov vzdušných priestorov.

2. Priebeh školenia

Úvodný týždeň školenia bol rozdelený do troch základných častí. Účelom prvého školenia bolo predstaviť simulátory *Escape* a *Escape Light* a ukázať možnosti ich potenciálneho využitia nielen pre vysoké školy, ale aj pre koncových užívateľov, ktorými sú poskytovatelia leteckých navigačných služieb.

Druhou a hlavnou časťou školenia bola spoločná inštalácia simulátora *Espace Light* na vlastný hardware tak, aby bolo možné využívať simulátor v „domácom prostredí“. Z dôvodu, že simulátor je založený na operačnom systéme Linux RedHat 6 OS je inštalácia pomerne špecifická a vyžaduje patričnú podporu zo strany vývojárov simulátora.

Tretia časť školenia bola zameraná prakticky, teda na obsluhu simulátora z pozície riadiaceho letovej prevádzky (CWP – controller working position) a taktiež zo strany pseudopilota (PWP – pilot working position). Školenie v obsluhu simulátora bolo zabezpečované skutočnými riadiacimi letovej prevádzky na výcvikových pracoviskách v EEC a neskôr aj na vlastnom HW, pre overenie správnej funkčnosti inštalácie *Escape Light*.



Obrázok 2: Výučba obsluhy simulátora Escape Light v Eurocontrol Experimental Centre (Zdroj: Autor).

3. Technické požiadavky a priebeh inštalácie

Základná inštalácia Escape Light obsahuje simuláciu jedného sektora vzdušného priestoru, ktorý je riadený jedným riadiacim letovej prevádzky (CWP). Letecká prevádzka simulácie v danom sektore je potom obsluhovaná jedným pseudopilotom (PWP). Na takúto simuláciu sú potrebné dva samostatné počítače, ktoré predstavujú pracovné pozície CWP a PWP.

3.1. Technické požiadavky

Hardwarová kompatibilita simulátora Escape Light je pomerne úzko špecifická a vývojári dokonca odporúčajú konkrétny model notebooku HP ZBook G15 G3, pri ktorom garantujú jeho správnu funkčnosť. Tento fakt je spôsobený nekomerčnou povahou tohto produktu a obmedzenými možnosťami vývojárov pri jeho testovaní na rôznorodejších HW konfiguráciách. Ďalším činiteľom je pomerne starší operačný systém (RedHat OS 6), na ktorom je inštalácia založená. Vývojári simulátora odporúčajú nasledovný hardware:

Tabuľka 1: Odporúčaná HW konfigurácia (Zdroj: Autor).

HP ZBook G15 G3	
CPU	Intel Core i7-6700HQ
RAM	16GB DDR4
GPU	NVidia M2000M

Pri inštalácii však bolo overené, že simulátor funguje správne aj na HW, ktorý je výrazne odlišný od odporúčaného. Pri inštalácii sa nevyskytli žiadne prekážky, ktoré by vyžadovali zásah nad rámec inštalácie na hardware, ktorý je odporúčaný. Konkrétne išlo o notebooky Lenovo ThinkPad E550 v nasledovnej konfigurácii:

Tabuľka 2: Použitá HW konfigurácia (Zdroj: Autor).

Lenovo ThinkPad E550	
CPU	Intel Core i7-5500U
RAM	8GB DDR3
GPU	Integrovaná Intel HD Graphics 5500

3.2. Priebeh inštalácie Escape Light

Inštalácia simulátora Escape Light pozostáva z niekoľkých základných častí – inštalácia operačného systému, konfigurácia operačného systému, inštalácia simulátora Escape Light a jeho prvé spustenie

3.2.1. Inštalácia operačného systému

Prvá časť procesu inštalácie predstavuje inštaláciu samotného operačného systému Linux RedHat OS 6 na oba počítače. Postup je pomerne priamočiary, jedinou neštandardnou konfiguráciou, ktorá je vyžadovaná, je špecifické zloženie diskových partícií. Po nainštalovaní bol operačný systém plne funkčný aj na HW, ktorý nebol priamo podporovaný vrátane klávesových skratiek, dynamickej regulácie frekvencie procesora, atď.

3.2.2. Konfigurácia operačného systému

Pre korektné fungovanie Espace Light je potrebné urobiť niekoľko úprav v konfigurácii operačného systému oboch počítačov. Medzi najdôležitejšie body konfigurácie patria:

- Vytvorenie a konfigurácia sieťového prepojenia medzi oboma počítačmi prostredníctvom lokálnej LAN siete.
- Nastavenie správnej identifikácie oboch počítačov v lokálnej sieti a priradenie pozícií master / slave, vrátane vytvorenia poverení pre „master“ na neobmedzený zápis/čítanie dát zo „slave“.
- Vytvorenie profilu synchronizácie lokálneho času medzi oboma počítačmi s prioritou pre „master“.
- Pozastavenie grafického rozhrania systému RedHat6 a jeho prepnutie do výhradne konzolovej podoby.

3.2.3. Inštalácia simulátora

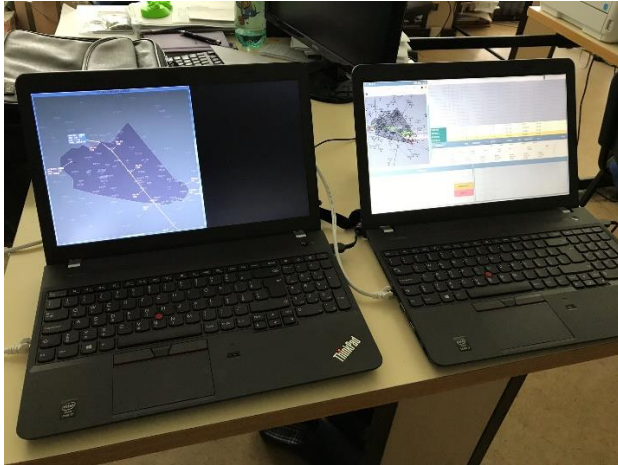
Pri správnom dodržaní prechádzajúcich krokov je inštalácia samotného simulátora Espace Light veľmi jednoduchá. Inštalácia sa vykonáva z USB, ktoré bolo dodané od EEC a obsahuje všetky potrebné inštalčné súbory. Samotný proces sa vykonáva na počítači „master“, ktorý automaticky nainštaluje potrebné súbory aj do počítača „slave“.

Z pohľadu užívateľa je najväčšou nevýhodou celého procesu inštalácie je jej vyššia náročnosť, ktorá vyplýva z nutnosti používať výhradne konzolové (nie grafické) prostredie operačného systému.

3.2.4. Prvé spustenie

Prvé spustenie simulátora, resp. daného simulačného scenára vyžaduje takzvaný „full deployment run“. Ide o typ spustenia scenára, kedy je otestovaná HW kompatibilita. Ďalším dôležitým bodom pre prvé spustenie simulácie je korektné priradenie PWP a CWP pozícií na dané PC tak, aby simulácia fungovala korektné. Po počiatočnom „full deployment“ spustení daného scenára a priradení všetkých pozícií je možné tento krok vynechať, simulátor už bude pracovať automaticky.

Aj napriek podstatne nižšiemu výkonu použitých počítačov v porovnaní s odporúčaným HW funguje simulátor plynule a pre používateľa nie je znateľný výkonový deficit.



Obrázok 3: Spustený simulátor *Escape Light*. Na ľavom počítači spustená pozícia CWP, na pravom počítači spustená pozícia PWP (Zdroj: Autor).

4. Využitie simulátora

Simulátor *Escape Light* využíva databázu BADA. V súčasnej dobe ide o najpodrobnejšiu nekomerčnú databázu¹ obsahujúcu letové charakteristiky lietadiel. Na základe tejto databázy je možné simulátor využívať nielen na výučbu študentov, ale aj na mnohé ďalšie výskumné projekty, týkajúce sa napríklad:

- návrhu a tvorbe sektorov vzdušných priestorov,
- testovaniu ľudského faktora na pozíciách PWP a CWP,
- prepojenia *Escape Light* a iných letových simulátorov,
- návrhu a testovaniu inovatívnych metód riadenia letovej prevádzky,
- tvorby vlastných vzdušných priestorov pre potreby vlastných simulácií, atď.

5. Záver

Simulátor *Espace light* je v súčasnej dobe na Katedre leteckej dopravy v základnej konfigurácii dvoch počítačov, čo predstavuje jednu pozíciu riadiaceho letovej prevádzky a jednu pozíciu pseudopilota. Takýto druh simulácie predstavuje riadenie jedného sektora vzdušného priestoru. V budúcnosti je možné simulátor rozšíriť na simuláciu až troch sektorov, ktorá bude vyžadovať inštaláciu a pripojenie ďalších štyroch počítačov (spolu 3x PWP a 3x CWP). V októbri 2019 sa v EEC plánuje ďalšie školenie primárne zamerané na rozširovanie existujúcej platformy o ďalšie sektory a pracovné pozície a tréning vytvárania návrhu a vytvárania vlastných simulačných scenárov a sektorov vzdušných priestorov.

Podakovanie

Aktivita popísaná v článku je súčasťou projektu **KEGA 011ŽU-4/2018** s názvom „*Nové technológie vo vzdelávaní v študijnom programe Letecká doprava a Profesionálny pilot*“.

¹ *Escape Light* a databázu BADA je možné využiť výhradne na nekomerčné účely. BADA obsahuje veľké množstvo podrobných letových charakteristík od väčšiny výrobcov lietadiel a je prísne zakázané využívať ju ako nástroj na vzájomné porovnávanie letových alebo iných charakteristík lietadiel.

AEROjournal

International Scientific Journal

Published by University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, The Slovak Republic
The Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications

Air Transport Department

Head of the editorial board: **prof. Ing. Antonín Kazda, PhD.**

Editor in chief: **doc. Ing. Martin Bugaj, PhD.**

Technical editor: **Ing. Matúš Materna**

Printed by: EDIS – Vydavateľstvo Žilinskej univerzity v Žiline, Univerzitná 8215/1, Žilina

Circulation: 100 prints

ISSN: 1338-8215