Číslo: 1/2020

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE

FAKULTA PREVÁDZKY A EKONOMIKY DOPRAVY A SPOJOV
KATEDRA LETECKEJ DOPRAVY

ZVYŠOVANIE BEZPEČNOSTI A KVALITY V CIVILNOM LETECTVE

Medzinárodná vedecká konferencia organizovaná v rámci riešenia projektu

VEGA 1/0624/18 - Modely podnikania regionálnych letísk v kontexte dopravnej politiky štátu a Európskej únie.

ŽILINA

22. – 24. január 2020

ODBORNÝ GARANT KONFERENCIE

prof. Ing. **Andrej Novák**, PhD.

VEDECKÝ VÝBOR

prof. Imre Bánó (HUN)

doc. Ing. Benedikt Badánik, PhD. (SVK)

prof. Jacek Binda (POL)

doc. Ing. Martin Bugaj, PhD. (SVK)

Ing. Jozef Čerňan, PhD. (SVK)

Asoc. prof. Paweł Droździel (POL)

prof. Andrzej Chudzikiewicz (POL)

doc. Ing. Jaroslav Juračka, PhD. (CZE)

prof. Ing. Antonín Kazda, CSc. (SVK)

doc. Ing. Branislav Kandera, PhD. (SVK)

doc. Ing. Jakub Kraus, PhD. (CZE)

Assoc. prof. Dr. Jroslaw Kozuba (POL)

doc. RNDr. Vladimír Krajčík, Ph.D. (CZE)

doc. Ing. Pavol Kurdel, PhD. (SVK)

Dr. Tomasz Łusiak (POL)

doc. Ing. Vladimír Němec, PhD. (CZE)

prof. Ing. Andrej Novák, PhD. (SVK)

doc. JUDr. Ing. Alena Novák Sedláčková, PhD. (SVK)

Assoc. prof. Dr. Anna Stelmach (POL)

doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD. (CZE)

Ing. Filip Škultéty, PhD. (SVK)

prof. Vojin Tosic (SRB)

prof. Ing. Anna Tomová, CSc. (SVK)

ORGANIZAČNÝ VÝBOR

Mgr. **Juliana Blašková**

Ing. **Matúš Materna**, PhD.

Všetky články v zborníku medzinárodnej vedeckej konferencie boli recenzované členmi vedeckého výboru konferencie.

DOI: https://doi.org/10.26552/zbk.Z.2020.1

ISSN: 2644-495X

OBSAH

ALTERNATIVE ENGINE SYSTEMS AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT 6

ALTERNATÍVNE POHONNÉ SYSTÉMY A ICH VPLYV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE 6

SELECTED ASPECTS OF EUROPEAN AVIATION REGULATION AMENDED THE INITIAL AIRWORTHINESS 10

VYBRANÉ ASPEKTY NOVELIZÁCIE EURÓPSKEJ LETECKEJ LEGISLATÍVY V OBLASTI POČIATOČNEJ LETOVEJ SPÔSOBILOSTI 10

ASSESSMENT OF THE MENTAL STATE OF PILOTS 16

POSUDZOVANIE PSYCHICKEJ SPÔSOBILOSTI PILOTOV 16

AIRLINE HUBBING CONCEPTS 23

FAILURE RATE ANALYSIS IN AIRCRAFT MAINTENANCE PROCEDURES 29

ANALÝZA INTENZITY PORÚCH V POSTUPOCH ÚDRŽBY LIETADIEL 29

FMEA ANALYSIS OF AUTOMATIC RESCUE PARASCHUTE SYSTEM FOR CIVIL AVIATION 32

FMEA ANALÝZA SAMOČINNÝCH ZÁCHRANNÝCH PADÁKOVÝCH SYSTÉMOV V CIVILNOM LETECTVE 32

OCCURRENCE OF SELECTED DANGEROUS WEATHER PHENOMENA AT ZILINA AIRPORT DURING THE YEAR 37

VÝSKYT VYBRANÝCH NEBEZPEČNÝCH POVETERNOSTNÝCH JAVOV PRE LETECTVO NA LETISKU ŽILINA POČAS ROKA 37

METHODOLOGY FOR INSPECTION OF RIVETED SAMPLES BY THE ECA METHOD 41

METODIKA KONTROLY NITOVANÝCH VZORIEK METÓDOU ECA 41

THE MEASUREMENT OF PILOT WORKLOAD 46

MERANIE PRACOVNEJ ZÁŤAŽE PILOTOV 46

THE IMPACT OF TEMPERATURE AND WEAR ON LI-PO ACCUMULATORS DISCHARGE CHARACTERISTICS 51

ADS-B MESSAGES AS A SOURCE OF OPERATIONAL DATA IN AVIATION 59

ANALYSIS OF JET ENGINE COMPONENTS HEAT RESISTANCE IMPROVEMENT BY TBC COATING 62

ANALÝZA ZLEPŠENIA ŽIARUVZDORNOSTI KOMPONENTOV TURBÍNOVÉHO MOTORA POMOCOU TBC POVLAKU 62

CHANGES IN THE FIELD OF BACKROUND CHECK 66

ZMENY V OBLASTI PREVIERKY OSOBY 66

WHICH FACTORS ARE BEHIND THE EXISTENCE OF REGIONAL AIR CARRIERS IN THE EUROPEAN UNION MEMBER COUNTRIES? 69

KTORÉ FAKTORY SÚ ZA EXISTENCIOU REGIONÁLNYCH LETECKÝCH DOPRAVCOV V ČLENSKÝCH KRAJINÁCH EÚ? 69

NEW TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL AERIAL WORKS 73

NOVÉ TECHNOLÓGIE V LETECKÝCH POĽNOHOSPODÁRSKYCH PRÁCACH 73

UNLAWFUL ACTS IN MARITIME AND AIR TRANSPORT 76

PROTIPRÁVNE ČINY V NÁMORNEJ DOPRAVE A LETECTVE 76

APPLICATION CONCEPT FOR THE NEW COMPOSITE MATERIAL FOR THE ROTORCRAFT 86

KONCEPCJA ZASTOSOWANIA NOWEGO MATERIAŁU KOMPOZYTOWEGO DO WIROPŁATU 86

KONSPEKT AKVIZÍCIE GEOPRIESTOROVÝCH DÁT PRE VYTVORENIE 3D MODELU REFERENČNÉHO LETISKA 90

CONSPECT OF GEOSPATIAL DATA ACQUISITION FOR CREATING 3D MODEL OF REFERENCE AIRPORT 90

PRAVDEPODOBNOSŤ NEHODY BEZPILOTNÉHO LETECKÉHO PROSTRIEDKU NA ZEMI V OBÝVANEJ OBLASTI 95

THE PROBABILITY OF AN ACCIDENT OF UAV ON THE GROUND IN AN URBAN ENVIRONMENT 95

COMPARISON OF SLOVAK AND POLISH UAV LEGAL FRAMEWORK 98

ALTERNATIVE ENGINE SYSTEMS AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT

ALTERNATÍVNE POHONNÉ SYSTÉMY A ICH VPLYV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

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

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

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

Abstract

The article deals with the operational characteristics of alternative aircraft propulsion systems and their impact on the environment. Recently, the issue of alternative aircraft propulsion systems has been brought to the forefront. Particularly with reference to the environment, which in the case of aviation is represented by reducing noise emissions while reducing CO2 emissions. These issues are properly addressed by ICAO in its agenda, defining standards for reducing aviation emissions in Annex 16. The University of Žilina has special laboratories dealing with the environmental impact of aviation and subsequent research aimed at reducing it.

Keywords

Aircraft, Airports, Environmental impact, Electric aircraft, Noise reduction

1. Úvod

V súčasnej dobe sa zvyšujúci záujem verejnosti o ekologické problémy dopravy a s tým súvisiacu ochranu životného prostredia. Otázky životného prostredia sa v plnej miere dotýkajú leteckej dopravy, ktorá už niekoľko desaťročí aktívne reaguje na tento problém.

Starostlivosť o životné prostredie je v súčasnej dobe jednou z najzávažnejších úloh, nakoľko úroveň starostlivosti o životné prostredie a jej výsledky podmieňuje životnú úroveň a spokojnosť obyvateľstva, zároveň sa to stalo hlavným trendom v EÚ. Príkladom pôsobenia EÚ je zavádzanie ekologickej dane aj na oblasť letectva, či už priamej alebo nepriamej miere prostredníctvom spotrebných daní.

Význam ochrany životného prostredia je podporovaný nielen vládami jednotlivých štátov a Európskym parlamentom, ale aj na celosvetovej úrovni Organizáciou spojených národov a rôznymi konferenciami organizovanými pod ich záštitou. (Sedláček, 2000) (Prúša, 2007)

Názor, že civilné letectvo negatívne ovplyvňuje životné prostredie sa objavuje už niekoľko desaťročí. Letectvo celosvetovo využíva len zlomok zo svetovej spotreby energie(vrátane energie na infraštruktúru). Príspevok letectva k celosvetovému znečisteniu a ku globálnemu otepleniu atmosféry je minimálny. Nové technológie používané pri výrobe lietadiel a osobitne pohonných jednotiek vedú ku znižovaniu celkového hluku v civilnej leteckej prevádzke. Rovnako požiadavky na znižovanie hluku v civilnom letectve sú zanedbateľné v porovnaní s cestnou a železničnou dopravou. Železničná a cestná doprava plošne generuje rádovo väčšie hlukové zaťaženie obyvateľstva ako letecká doprava.

Letecké spoločnosti vo svete sa podieľajú na rade akcií, ktoré vedú k ozdravovaniu životného prostredia na našej planéte a ku skvalitňovaniu využívania prírodných energetických zdrojov. Tento proces je koordinovaný Medzinárodným združením leteckých dopravcov (International Air Transport Association - IATA) ale aj ICAO, ktoré sa postaralo a vydanie dodatkov k Chicagskému dohovoru a medzinárodnom civilnom letectve. Tento dodatok (Annex) sa do nášho právneho systému premieta v predpise Annex 16, (Annex 16, 2018) ktorý je zameraný na ochranu životného prostredia.

Pričom má dve prioritné oblasti :

- hluk lietadiel,
- exhalácie leteckých motorov.

V roku 1990 IATA ustanovila organizáciu ETAF (Environmental Task Forcew) - Združenie na ochranu životného prostredia - združujúcu letecké spoločnosti a pracovné skupiny expertov z rôznych oblastí, aby pripravili podklady pre stratégiu v oblasti ochrany životného prostredia.

Európska únia v snahe o znižovanie emisii a hluku v leteckej doprave založila iniciatívu ClenSky, ktorej úlohou je prispievať k zníženiu hluku a emisii CO2 a iných plynov z lietadiel. Ide o širšie partnerstvo Európskej komisie, leteckého priemyslu (vrátane MSP), výskumných centier, akademickej obce. ClenSky je úspešné verejno-súkromné partnerstvo medzi Európskou komisiou a európskym leteckým priemyslom, ktoré je na ceste k dosiahnutiu svojich cieľov v oblasti environmentálnej výkonnosti. Pričom pod znižovaním environmentálnej záťaže sa rozumie, nižšia spotrebu paliva a súvisiacich emisií CO2 o 20 – 30 %, nižšia hladinu hluku (v porovnaní s rokom 2014) o podobné hodnoty. (Downing, 2019)

2. Procesy a postupy pre obmedzovanie hluku

Na väčšine veľkých letísk sa vykonáva nepretržité merania, analyzovanie a vyhodnocovanie leteckého hluku prostredníctvom monitorovacích staníc a centrálnej vyhodnocovacej stanice. Na každej z týchto staníc sú monitorované maximálne a referenčné hladina hluku. Umiestnenie monitorovacích staníc, spôsob ich činnosti a limitné hodnoty hladiny hluku na jednotlivých staniciach sú publikované v časti AD, AIP. (AIP SR, 2019)

Zdrojom leteckého hluku na letisku a v jeho blízkosti sú lietadlá prevádzkované jednotlivými leteckými spoločnosťami. Okolo letisko sú preto vytvorené ochranné hlukové pásma, kde je realizovaný protihlukový program. Z jeho uplatňovanie plynú určité obmedzenia letovej prevádzky v hlukovo citlivých oblastiach v nočných hodinách. Lietadlá nespĺňajúce hlukovú certifikáciu podľa ICAO Annex 16 majú v uvedenú dobu zákaz vzletov a pristátí a pri svojej prevádzke sú obmedzené ďalšími kritériami (Bugaj, 2018a and Pecho, 2019).

Hluková obmedzenia ovplyvňujúce spôsob súčasného využívania dráhového systému letiska sa týkajú najmä:

- prevádzky v nočných hodinách,
- preferencie dráhového systému a obmedzenia jednotlivých RWY,
- procedúr pri prílete a odlete,
- použitie reverzného ťahu prúdových a turbovrtuľových lietadiel, a
- vykonávanie motorových skúšok.

Obmedzenie prevádzky v nočných hodinách sa uplatňuje obvykle v čase od 19.00 do 06.00 UTC pre lietadlá, ktoré nespĺňajú požiadavky podľa ICAO Annexu 16 a pre ostatné lietadlá v rozmedzí od 21.00 do 05.00 UTC.[12] Určitú výnimku tvorí lietadlá zaradené do tzv. „Bonus listu“ (viď. AIP SR). Uvedené obmedzenie sa vzťahuje aj na oneskorené vzlety a pristátia.

Prevádzka lietadiel na konečnom priblížení a po vzlete je ovplyvnený hlukovými obmedzeniami. Preto je minimalizovaný prevádzka nad obývanými oblasťami a sú vyhlásená obmedzenia vo využívaní RWY. Pri príletoch nesmie byť zostupovej roviny pri prístrojovom a presnom priblíženie menšie, než 3°. Cieľom je vykonať priblíženie čo možno najdlhšie na trati v konfigurácii lietadla, čo vedie k menšej spotrebe paliva, menšiemu hlučnosti je zapojených zaťaženie a k plynulejšiemu prevádzky. (Bugaj 2018b) U odletov sa od lietadiel vyžaduje stúpania s maximálnym gradientom pri zachovaní letovej bezpečnosti.

Obmedzenie nočného prevádzky sa nevzťahuje na nasledujúce prípady:

- lety pre záchranu ľudského života,
- záchranné a pátracie rokmi,
- pristátie z dôvodu nepriaznivých meteorologických podmienok a z technických alebo bezpečnostných dôvodov,
- letmi DÚ alebo poverenej organizácie pri vykonávaní záletov leteckých pozemných zariadení a štátneho dozoru,
- lety lietadiel v službách policajných pri plnení stanovených úloh,
- lety vojenských lietadiel AČR pri zabezpečení úloh prepravy ústavných činiteľov,
- humanitárne lety v prípade nebezpečenstva z omeškania.

Ďalej, od 18.00 do 06.00 UTC, je letisko bez predchádzajúceho súhlasu nepoužiteľné pre lietadlá do hmotnosti 13.000 kg. [9] Reverzný ťah môže byť použitý pri inom ako voľnobežnom režime v nočných hodinách len z bezpečnostných dôvodov. Takisto vykonávanie motorových skúšok v inom, než voľnobežnom režime v nočných hodinách nie je povolené. Tieto opatrenia slúžia na letiskách za účelom eliminácie hluku, ktorý pôsobí na obývané oblasti v okolí letísk.

3. Infraštruktúra leteckej dopravy

Veľkosť zemského povrchu, zabratá výstavbou leteckej infraštruktúry (letiská, terminály, zabezpečovacie zariadenia), je v porovnaní s plochou potrebnou pre pozemnú dopravu (železničná, vodná, cestná) zanedbateľná. Len časť z celkovej plochy letiska je pokrytá betónom, asfaltom alebo ich kombináciami, preto zabratá pôda pre letectvo ovplyvňuje ekosystémy oveľa menej ako železničná alebo cestná doprava, nakoľko dopravná cesta medzi jednotlivými letiskami nevyžaduje už žiaden ďalší záber pôdy.

Letectvo využíva menej ako 6 % pôdy použitej pre železničnú dopravu a menej ako 1% pôdy potrebnej pre cestnú dopravu. Pri porovnaní pohybu osôb letecká doprava využíva pôdu viac ako 5-násobne efektívnejšie ako doprava železničná a 6 násobne efektívnejšie ako doprava cestná (Sedláček, 2000).

Nárast leteckej dopravy a zaťaženie prevádzkových plôch na zemi a vysoká hustá letová prevádzka nad letiskom sú hlavnými príčinami spôsobujúcimi časté zdržanie, čo znamená zvýšenú spotrebu paliva a zvýšenie množstva emisií.

Straty spôsobené preťažením infraštruktúry letiska a jeho okolia odhadujú v USA na 5 biliónov USD ročne a v Európe rovnako asi 5 biliónov USD. V týchto čiastkach nie sú zahrnuté straty spôsobené obmedzením nočnej prevádzky a prevádzky počas nedieľ z dôvodov zníženia hlukovej záťaže. Infraštruktúre letiska by mala byť preto venovaná patričná pozornosť.

3.1. Letisko a životné prostredie

Zásah letísk do životného prostredia môžeme, znižovať rôznym spôsobom, napr. výsadbou živých hlukových zábran, vegetačných striech a budovaním čističiek odpadových vôd z letiskových plôch resp. vodozádržnými systémami. Letecké spoločnosti aj prevádzkovatelia letísk spolupracujú s ostatnými užívateľmi na znižovaní negatívnych vplyvov leteckej prevádzky na životné prostredie. Tieto snahy môžeme zhrnúť veľmi stručne do nasledovných bodov:

- monitorovanie hluku na letisku a v jeho okolí, vypracovávanie programov na všeobecné znižovanie hluku,
- meranie kvality ovzdušia a vypracovávanie programov proti znečisťovaniu ovzdušia rôznymi druhmi emisií,
- dopravu na letisko vykonávať hromadnými druhmi dopráv (vlak, metro, autobus, resp. iné nekonvenčné druhy a pod.),

- zavádzanie nových metód na čistenie a odnámrazovanie lietadiel, vrátanie nových materiálov pre povrch lietadla,
- znižovanie závislosti letísk od palivovo náročných prostriedkov a podľa možnosti zavádzanie elektrického pohonu pri prostriedkoch pozemnej obsluhy, využívanie obnoviteľných zdrojov (solárne články),
- zavádzanie nových technológií pri likvidácii tekutých a pevných odpadov a ich recyklácia,
- efektívnejšie využívanie poľnohospodárskej pôdy v okolí letísk a pod.

V porovnaní s ostatnými dopravnými odbormi letecká doprava venuje ochrane životného prostredia veľkú pozornosť.

4. Emisie leteckých motorov

Letectvo spotrebováva len asi 5 % zo 62 biliónov barelov ropy spotrebovanej každý rok a okolo 12 % ropných produktov spotrebovaných všetkými dopravami. Moderné lietadlá sú tichšie a menej palivovo náročné ako skoršie typy. Od polovice sedemdesiatych rokov spotreba energie v leteckej doprave (merané množstvom paliva použitého na prepravu určitého počtu cestujúcich) sa každoročne zmenšovala o 3-4 %. Energetická výkonnosť lietadiel sa za ostatných 20 rokov zdvojnásobila. Napríklad množstvo spotrebovaného paliva na prepravu jedného cestujúceho v roku 1976 teraz postačí na prepravu štyroch cestujúcich. (Novák Sedláčková, 2013)

Globálne otepľovanie atmosféry je asi súčasne najväčšia hrozba pre životné prostredie. Najnovšie prognózy predpovedajú, že priemerná teplota ovzdušia by mohla stúpať o 1°C ročne do roku 2005, pričom gradient je väčší ako kedykoľvek za 10 000 rokov.

Hlavným vinníkom je oxid uhličitý, ktorý sa uvoľňuje pri spaľovaní fosílnych palív ako je drevo, ropa, plyn a uhlie. Zo štatistiky vyplýva, že letecká prevádzka produkuje len 3 % t. j. 500 – 600 mil. ton z 20 000 mil. ton oxidu uhličitého produkovaného pri spaľovaní fosílnych palív ročne.

Nakoľko v súčasnosti neexistuje iná alternatíva zníženia množstva znečisťujúcich látok produkovaných do ovzdušia z leteckej prevádzky, letecké spoločnosti povzbudzujú petrochemický priemysel k vývoju palív s lepšími vlastnosťami a výrobcov pohonných jednotiek v úsilí o zvýšenie palivovej výkonnosti. Dobrým príkladom sú nové úsporné motory inštalované v lietadlá 737 MAX resp. Airbus 320 neo.

ICAO predpokladá, že spotreba na tkm by mohla klesnúť priemerne o 2,5 – 3 % počas budúcich desiatich rokov a o 1 – 2 % v nasledujúcom desaťročí. Ďalším problémom je oxid dusíka, výsledok spaľovania benzínu pri vysokej teplote, ktorý je najväčší znečisťovateľ v leteckej prevádzke.

Letecké spoločnosti a výrobcovia lietadlovej techniky podporujú výskum s cieľom znižovania emisií v spalinách prúdových motorov vypúšťaných do ovzdušia. Špeciálne spolupracujú s EHS, s Európskou leteckou konferenciou (Europaen Civil Aviation Conference - ECAC) a s Národným úradom pre letectvo a kozmonautiku (National Aeronautics and Space - NASA).

Letecké spoločnosti používajú znižovanie emisií oxidu dusíka, ako kritérium pri výbere techniky pre obnovu lietadlového parku. Výrobcovia sa zhodli na stanovení hranice, na ktorú bude znižovaná redukcia oxidu dusíka a spotreby paliva. Stanovené hodnoty slúžia leteckým spoločnostiam pri rozhodovaní o ďalších investíciách a odmietajú ponuky výrobcov motorov, pokiaľ ich nemôžu zaručiť (Novák Sedláčková 2015a and Novák Sedláčková 2015b).

Medzinárodné normy na kontrolu plynných emisií boli prijaté v roku 1981. Tieto normy ICAO limitujú produkciu troch plynných znečisťovateľov: oxidu dusíka, oxidu uhlíka a nespáliteľný hydrokarbon. Taktiež obmedzujú produkovanie dymu a zakazujú úmyselné vypúšťanie paliva z lietadla okrem núdze. ICAO zvažuje, že bude sprísňovať normy pre emisie oxidu dusíka v budúcich prúdových motoroch, respektíve bude snaha o hybridizáciu leteckých pohonných jednotiek.

5. Alternatívne pohony

V leteckej doprave sa vývoj leteckých pohonných jednotiek uberá niekoľkými smermi výskumu a vývoja, pre mále lietadlá je tu už v súčasnosti možnosť používať elektrický pohon. Príkladom sú výrobcovia akým je napr. Izraelský startup Eviation, Americké firmy Ampaire, Zunum Aero a Bye Aerospace, Slovinská firma Pipestrel, so svojim lietadlami Alpha Electro, Taurus Electro. V tejto oblasti pôsobia ja firmy ktoré sa priamo nevenujú výrobe a vývoju lietadiel ako napr. Siemens, ktorý však vyvíja a vyrába komponenty pre elektrolietadlá. Ich motory sú použité napríklad v lietadle eFlyer2 a Extra, používanom na akrobatické lety. V prípade veľkých výrobcov lietadiel, akým je Americký Boeing a Európsky Airbus je vývoj pohonných jednotiek a konceptov pomerne zaujímavý. (Novák Sedláčková,2013) Aj keď väčšina projektov veľkých dopravných lietadiel zostáva iba vo fáze návrhu resp. simulácie. Máloktoré sa dostali až po fázu prototypu a to hlavne z dôvodu zostávania vývoja batérií za výrobnými možnosťami leteckých pohonných jednotiek. Očakáva sa že dostatočná kapacita batérii, použiteľných pre letectvo bude k až o dvadsať rokov. Zatiaľ sa však musíme uspokojiť s lietadlami, ktoré sú schopné letieť na jedno nabitie 1-2 hodiny s 2 až 6 pasažiermi za podmienok VFR.

K hlavným rizikám použitia elektrických batérii patrí požiar (v krajnom prípade až výbuchu) v prípade poškodenia batérie a nebezpečenstvo úrazu od zásahu elektrickým prúdom. Ten môže pri poškodenej elektroinštalácii ohroziť nielen posádku lietadla, ale aj zasahujúcich záchranárov. Batérie elektrolietadlá totiž pracujú s napätím 400 až 800 voltov.

6. Záver

Prevádzkové vlastnosti alternatívnych pohonných systémov lietadiel a ich vplyv na životné prostredie je otázny vzhľadom na skutočnosť, že v prípade náhrady klasickej pohonnej jednotky za elektrickú pohonnú jednotku vznikajú pri produkcii elektrickej energie a batérií ďalšie environmentálne zaťaženie. Až 38% elektrickej energie je totiž vyrobené z uhlia pričom účinnosť premeny na elektrickú energiu sa pohybuje na úrovni 32% (celosvvetovo) (Bjureby, 2009). Teda je možné povedať, že proces výroby batérií, nabíjania batérii preprava a distribúcia elektrickej energie, je viac energeticky náročná a vyprodukuje viac emisií CO2 ako samotné spaľovanie leteckého paliva v turbíne. V procese používania elektrickej energie pre pohon lietadla teda, ide v súčasnosti skôr o demonštráciu možností, jeho plné nasadenie by znamenalo skôr ekologickú katastrofu, ako úžitok pre zmenu globálnej klímy. Druhým aspektom je

bezpečnosť, kedy batérie môžu spôsobiť požiar, alebo úraz elektrickým prúdom.

Poďakovanie

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

AIP SR, 2019. Aeronautical Information Package Slovak Republic, LPS SR, š.p.

Annex 16 Environmental Protection, Volume IV Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) was adopted by the Council of ICAO on 27 June 2018.

Annex 16, Enviromental Protection, Volume I Aircraft Noise, ICAO, 2018

Bjureby, E. et. all. 2009. Skutočná cena uhlia, Akú cenu platia ľudia a planéta za najšpinavšie palivo sveta, Greenpeace International, marec 2009, (web source: https://www.greenpeace.sk/)

Bugaj, M., Pecho, P. 2018. Vibration fault detection of fuel pump using Recurrence Quantification Analysis, In: INAIR 2018, Aviation on the Growth Path. - ISSN 2352-1465, s. 287-294

Bugaj, M., Pecho, P., Janovec, M. 2018b Maintenance reliability monitoring In: Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve, Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, ISBN 978-80-554-1418-8. - s. 52-55

Bugaj, M., Pecho, P., Rostáš, J. 2017. Úloha analýzy spoľahlivosti lietadlových celkov pri stanovovaní subprocesov údržby riadenej spoľahlivosťou, In: Aero-Journal : international scientific journal of air transport industry. - ISSN 1338-8215. - n. 1 s. 12-17.

Downing, S., 2019. 6 Electric Aviation Companies to Watch, GreenBiz Group, 20 August, 2019 (web source: https://www.greenbiz.com/article/6-electric-aviation-companies-watch)

Novák Sedláčková, A. 2011. Projects supported by structural funds of EU realized at University of Žilina in cooperation with Air Transport Department and Flight Training Organization - Air School of the University of Žilina, In: Perner´s Contacts - ISSN 1801-674X. - Vol. 6, No. 5 (2011), s. 265-270

Novák Sedlačková, A. 2013. Letecké právne normy a ochrana civilného letectva pred činmi protiprávneho, Žilina : Žilinská univerzita, ISBN 978-80-554-0795-1

Novák Sedlačkova, A. 2014. Propagácia Brokerského centra leteckej dopravy pre transfer technológií a znalostí do dopravy a dopravnej infraštruktúry v kontexte technologického transferu a jeho právne-ekonomického, ISBN 978-80-554-0877-4. - S. 71-73.

Novák Sedláčková, A., Kandera, B. 2015. Medzinárodnoprávna úprava ochrany civilného letectva pred činmi protiprávneho, Bratislava, ISBN 978-80-8181-028-2

Novák Sedlačková, A., Kandera, B., Topolčány, R., 2015. Letecký zákon a postupy ATC, Bratislava, ISBN 978-80-8181-018-3

Pecho, P., Babčan, V., Bugaj, M. 2019. Experimental verifying and analysis of impact external parameters on the efficiency of aircraft turbines In: Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve. - ISSN 2644-495X., ISBN 978-80-554-1549-9. - s. 4-9

Průša, J. a kol. 2007. Svět letecké dopravy, Galileo CEE Service ČR s.r.o., ISBN 978-80-239-9206-9

Sedláček, B. 2000. Letecká doprava. EDIS, 2000, 188s. ISBN 80-7100-674-2

SELECTED ASPECTS OF EUROPEAN AVIATION REGULATION AMENDED THE INITIAL AIRWORTHINESS

VYBRANÉ ASPEKTY NOVELIZÁCIE EURÓPSKEJ LETECKEJ LEGISLATÍVY V OBLASTI POČIATOČNEJ LETOVEJ SPÔSOBILOSTI

Ivan Koblen
Transport Authority
Civil Aviation Division
Airworthiness Department
M. R. Štefánik Airport
823 05, Bratislava
ivan.koblen@nsat.sk

Igor Jančovič
Transport Authority
Civil Aviation Division
Airworthiness Department
M. R. Štefánik Airport
823 05, Bratislava
igor.jancovic@nsat.sk

Abstract

The introduction deals with importance of ensuring of high level of safety in civil aviation, initial and continuing airworthiness as well as mission of European Aviation Safety Agency (EASA). The authors inform about regulation and implementation framework of initial airworthiness focusing on selected information related to the so called New Basic Regulation (EU) 2018/1139 (exemption from this common rules for Member State in the design, production, maintenance and operation activities in respect of one or more selected categories of aircraft and regulation of rules for sport and recreational aviation) and application of adopted Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) for the Part 21 of Regulation (EU) 748/2012. Following further parts of this paper, the authors introduce the European plan for aviation safety, which consists of the complete set of EASA assignments regarding to rulemaking tasks (RMT). The important part of paper is focused on information concerning the change of Regulation (EU) 748/2012 and explaining the reasons and substance of these changes as well as presentation of several new tools, for establishing of several new instruments to support the implementation of simple and proportionate rules for aviation sport and recreational flying in the context of the revision of Regulation (EU) No 748/2012 and its Part 21 in the following areas: implementation of the relevant provisions of the New Basic Regulation, release of aeronautical parts without an EASA Form 1, the second phases of the integration of the safety management system and instructions for continued airworthiness.

Keywords

European Union, aviation regulations (EU), initial airworthiness, safety, aircraft, rulemaking tasks

1. Úvod

Kľúčový význam pre letectvo má zabezpečenie vysokej úrovne bezpečnosti letov. Podľa dokumentu ICAO Doc.9859 (AN/474) Safety Management Manual (SMM) je v kontexte letectva bezpečnosť definovaná ako stav, v ktorom pravdepodobnosť zranenia osôb (ublíženia osobám) alebo poškodenia majetku je znížená a udržiavaná na prijateľnej/akceptovateľnej úrovni prostredníctvom trvalého procesu identifikácie rizík a riadenia bezpečnostných rizík [1]. Základný význam pre zabezpečenie bezpečnosti v letectve má letová spôsobilosť, ktorá je definovaná ako stav lietadla, motora, vrtule alebo súčasti, keď je v súlade so schválenou typovou konštrukciou a je spôsobilé pre bezpečnú prevádzku [2].

V súvislosti s letovou spôsobilosťou sú v leteckej legislatíve definované procesy a postupy v oblasti počiatočnej letovej spôsobilosti (Initial Airworthiness) a v oblasti zachovania letovej spôsobilosti (Continuing Airworthiness). Počiatočná letová spôsobilosť obsahuje predovšetkým problematiku, akým spôsobom je vykonávané hodnotenie konštrukcie, splnenie certifikačných požiadaviek, vydávanie typových osvedčení, osvedčovanie projekčných a výrobných organizácií, problematiku procesov, ktorými je overovaná bezpečnosť, spôsobilosť a použitie výrobkov leteckej techniky/systémov na základe leteckej legislatívy [3], [4]. Zachovanie letovej spôsobilosti obsahuje všetky procesy, ktoré zabezpečujú, aby lietadlo kedykoľvek počas svojho prevádzkového života spĺňalo platné požiadavky letovej spôsobilosti a bolo v stave vhodnom na bezpečnú prevádzku. [5]

Kľúčové poslanie v oblasti bezpečnosti letectva v Európe má Európska agentúra pre bezpečnosť letectva (ďalej len „agentúra“), zriadená na základe Nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č.1592/2002 o spoločných pravidlách v oblasti civilného letectva a zriadení Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva.

Hlavným poslaním agentúry je [6]:

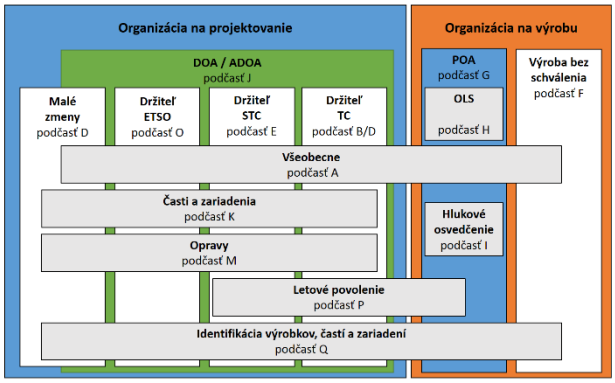
- zabezpečovať najvyššiu spoločnú úroveň bezpečnosti pre občanov EÚ,
- zabezpečovať najvyššiu spoločnú úroveň ochrany životného prostredia,
- zabezpečovať nezávislý regulačný a certifikačný proces medzi členskými štátmi,
- napomáhať vnútornému slobodnému trhu v oblasti letectva a vytvárať rovnaké podmienky pre všetkých,
- spolupracovať s ďalšími medzinárodnými leteckými organizáciami a regulátormi.

Základný rámec pre zaručenie vysokej a jednotnej úrovne bezpečnosti v civilnom letectve v Európskej únii má prijímanie spoločných bezpečnostných pravidiel a opatrení formou európskej leteckej legislatívy – priamo vykonateľných právne

záväzných aktov Európskej únie, pomocou ktorých sa zabezpečí, aby všetky výrobky, osoby a organizácie podieľajúce sa na činnosti civilného letectva v EÚ spĺňali takéto pravidlá.

2. Legislatívny a implementačný rámec počiatočnej letovej spôsobilosti

V súlade s nariadením Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008 článkom 5 ods. 5 a článkom 6 ods. 3 Európska komisia nariadením (EÚ) č. 748/2012 z 3. augusta 2012 stanovila vykonávacie pravidlá osvedčovania letovej spôsobilosti a environmentálneho osvedčovania lietadiel a prislúchajúcich výrobkov, častí a zariadení, ako aj osvedčovania projekčných a výrobných organizácií. Ide o základný dokument, ktorý stanovuje spoločné technické požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa predovšetkým počiatočnej letovej spôsobilosti. V prílohe I (časť 21) sú stanovené technické požiadavky (oddiel A) a postupy príslušných orgánov (oddiel B). Oddiely sú obsahovo usporiadané do podčastí (obrázok 1) vrátane povolenia organizácie na výrobu (POA) a povolenia organizácie na projektovanie (DOA).



Obrázok 1: Schéma previazania jednotlivých podčastí časti 21. Zdroj: Autori.

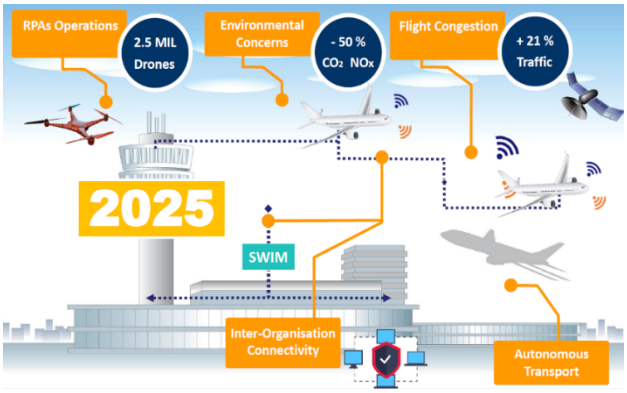
DOA – organizácia s povolením na projektovanie, ADOA – organizácia s alternatívnym povolením na projektovanie, ETSO – európske technické štandardné schválenie, POA – organizácia s povolením na výrobu, TC – typové osvedčenie, STC – doplnkové typové osvedčenie, OLS – osvedčenie letovej spôsobilosti

Vykonávacie nariadenie (EÚ) č. 748/2012 bolo následne zmenené a doplnené:

- nariadením Komisie (ES) č. 690/2009 z 30. júla 2009,
- nariadením Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1108/2009 z 21. októbra 2009,
- nariadením Komisie (EÚ) č. 6/2013 z 8. januára 2013,
- nariadením Komisie (EÚ) č. 2016/4 z 5. januára 2016.

2.1. Nové základné nariadenie

Európsky parlament a Rada Európskej únie, s cieľom stanoviť a udržať vysokú a jednotnú úroveň bezpečnosti civilného letectva v Európe, prijali Nariadenie (EÚ) č. 2018/1139 zo 4. júla 2018 o spoločných pravidlách v oblasti civilného letectva a o zriadení Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva (ďalej len „agentúra“), tzv. „nové základné nariadenie“, ktorým bolo zrušené aj nariadenie (ES) č. 216/2008 [7]. Európska únia tak reagovala na výzvy, ktorým bude čeliť v horizonte najbližších rokov (obrázok 2).



Obrázok 2: Hlavné výzvy zohľadnené v novom základnom nariadení [8].

2.1.1. Výnimka zo spoločných pravidiel

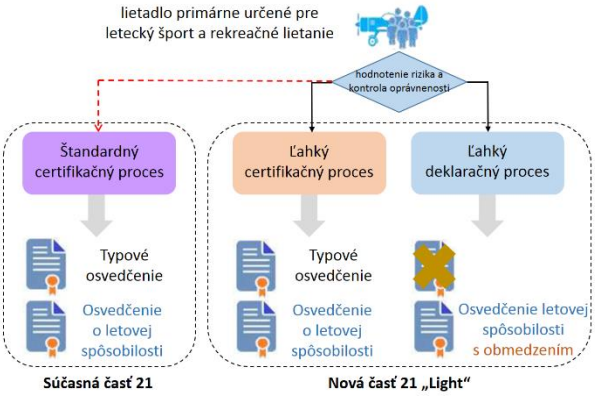
V novom základnom nariadení sa okrem iného uvádza, že by nebolo vhodné, aby všetky lietadlá podliehali spoločným pravidlám. Predovšetkým lietadlá s jednoduchým projektom alebo lietadlá, ktoré sú prevádzkované najmä na miestnej úrovni, ako aj lietadlá, ktoré boli vyrobené amatérsky, sú veľmi zriedkavé alebo existujú len v malom počte, by vzhľadom na obmedzené riziko, ktoré predstavujú pre bezpečnosť civilného letectva, mali zostať pod regulačnou kontrolou členských štátov bez toho, aby iné členské štáty museli uznať takúto vnútroštátnu úpravu podľa tohto nariadenia. S cieľom zohľadniť záujmy svojho leteckého priemyslu a leteckých prevádzkovateľov sa členské štáty v súlade s článkom 2 ods. 8 nariadenie (ES) č. 2018/1139 môžu rozhodnúť vyňať činnosti týkajúce sa projektovania, výroby, údržby a prevádzky, tzv. „OPT-OUT“. Túto výnimku môžu uplatniť na činnosti súvisiace s jednou alebo viacerými z nasledujúcich kategórií lietadiel:

a) jednomiestne alebo dvojmiestne letúny, okrem bezpilotných lietadiel, ktorých merateľná kritická rýchlosť alebo najmenšia rýchlosť ustáleného letu pri pristávacej konfigurácii nepresahuje 45 uzlov kalibrovanej rýchlosti letu a maximálna vzletová hmotnosť (MTOM) podľa záznamov členského štátu nepresahuje 600 kg pri letúnoch, ktoré nie sú spôsobilé pristáť na vode, alebo 650 kg pri letúnoch spôsobilých pristáť na vode,
b) jednomiestne alebo dvojmiestne vrtuľníky, okrem bezpilotných vrtuľníkov, ktorých maximálna vzletová hmotnosť (MTOM) podľa záznamov členského štátu nepresahuje 600 kg pri vrtuľníkoch, ktoré nie sú spôsobilé pristáť na vode alebo 650 kg pri vrtuľníkoch spôsobilých pristáť na vode,
c) jednomiestne alebo dvojmiestne vetrone (okrem bezpilotných vetroňov) a motorové vetrone (okrem bezpilotných motorových vetroňov), ktorých maximálna vzletová hmotnosť (MTOM) podľa záznamov členského štátu nepresahuje 600 kg.

V nadväznosti na vyššie uvedené je vhodné upozorniť, že členské štáty nesmú takéto rozhodnutie prijať pre lietadlo, v súvislosti s ktorým bolo v súlade s nariadením (ES) č. 216/2008 alebo s novým základným nariadením vydané osvedčenie, alebo sa osvedčenie považuje za vydané, alebo bolo v súlade s novým základným nariadením podané vyhlásenie.

2.1.2. Regulácia pravidiel pre letecký šport a rekreačné lietanie

Nové základné nariadenie vo vzťahu k počiatočnej spôsobilosti tiež uvádza požiadavku ustanoviť niekoľko nových nástrojov, ktoré by podporili vykonávanie jednoduchých a primeraných pravidiel pre letecký šport a rekreačné lietanie (obrázok 3). Opatrenia prijaté na účely regulácie tohto segmentu leteckého odvetvia by mali byť primerané, nákladovo efektívne, flexibilné a mali by sa zakladať na osvedčených postupoch existujúcich v členských štátoch. Uvedené opatrenia sa majú vypracovať včas a v úzkej spolupráci s členskými štátmi a nemajú viesť k zbytočnému administratívnemu a finančnému zaťaženiu projektov, výrobcov a prevádzkovateľov [7].



Obrázok 3: Navrhnutý proporčný regulačný systém pre všeobecné letectvo (GA) [9].

2.2. Doplnenie prijateľných spôsobov dosiahnutia súladu a poradenských materiálov pre časť 21

Agentúra v súvislosti s informáciami uvedenými v kapitole 2.1.2 a v súlade s článkom 76 ods. 3 nariadenia (ES) č. 2018/1139 pozmenila prijateľné spôsoby dosiahnutia súladu a poradenské materiály (AMC/GM-ELA) pre časť 21 nariadenia (EÚ) č. 748/2012. Príloha rozhodnutia výkonného riaditeľa agentúry č. 2012/020/R z 30. októbra 2012 bola doplnená o prílohu rozhodnutia č. 2019/003/R z 12. februára 2019 [10]. Pôvodné prijateľné spôsoby dosiahnutia súladu (AMC) a poradenské materiály (GM) k časti 21 podčasti G (Povolenie organizácie na výrobu) a podčasti J (Povolenie organizácie na projektovanie) boli totiž spracované so zameraním na organizácie s komplexnými komerčnými štruktúrami, vyrábajúce zložité lietadlá, ktorých projektovanie a výroba si vyžadujú zavedenie prísnych procesných postupov. AMC/GM-ELA poskytujú primeranejší prístup pre malé organizácie, ktoré vyrábajú výrobky a súčasti leteckej techniky s nižšou úrovňou rizika bezpečnosti. Ich implementácia presúva zameranie tak organizácie, ako aj príslušného orgánu (v Slovenskej republiky je ním Dopravný úrad) na efekt výstupu procesu, tzn. „na výrobok“ namiesto sústredenia pozornosti na podrobnú dokumentáciu procesov. Malo by sa tak zabrániť zaťažujúcemu a nepatričnému administratívnemu uplatňovaniu delegovaných a vykonávacích aktov na organizácie vyrábajúce [10]:

- lietadlá, ktoré sú predmetom CS-LSA, CS-VLA a CS-23 úrovne 1, alebo
- vetrone alebo motorové vetrone, ktoré sú predmetom CS-22, alebo
- balóny, teplovzdušné vzducholode a plynové vzducholode, ktoré sú lietadlami ELA2,
- ktoré nie sú klasifikované ako zložité motorové lietadlo, ako aj súčasti používané na týchto výrobkoch.

3. Európsky plán pre bezpečnosť letectva

Jedným z kľúčových prvkov riadenia bezpečnosti je riadenie bezpečnostných rizík, čo znamená identifikovať nebezpečenstvá, hodnotiť riziká a rozhodovať o najlepšom postupe na ich zmiernenie. Na európskej úrovni sa tento proces vykonáva v koordinácii s členskými štátmi a priemyslom, pretože sú súčasťou jedného uceleného leteckého systému. Uvedené skutočnosti sú zdokumentované v Európskom pláne pre bezpečnosť letectva (EPAS). EPAS pokrýva päťročné obdobie a agentúra, v gescii odboru stratégie a programov, ho každoročne prehodnocuje a aktualizuje.

EPAS obsahuje kompletný súbor úloh agentúry pre tvorbu pravidiel (RMT) a je usporiadaný do štyroch oblastí [11]:

- bezpečnosť letectva (s cieľom zlepšiť súčasnú úroveň),
- životné prostredie (s cieľom zlepšiť súčasnú ochranu životného prostredia v letectve a zároveň sa snažiť zabezpečiť rovnaké podmienky na celom svete),
- efektívnosť / proporcionalita (zabezpečiť, aby boli pravidlá nákladovo efektívne k dosahovaným cieľom, ako aj primerané k zisteným rizikám),
- rovnaké podmienky pre všetkých (využívať rovnaké pravidlá, a tým podporovať inováciu, spravodlivú hospodársku súťaž a zabezpečenie voľného pohybu osôb a služieb; rovnaké podmienky hospodárskej súťaže priamo prispejú k zachovaniu alebo dokonca k zvýšeniu súčasnej úrovne bezpečnosti).

Bezpečnostné priority a konkrétne opatrenia sú založené na bezpečnostných údajoch a informáciách, ktoré sa na európskej úrovni neustále zhromažďujú a spracúvajú. Medzi hlavné informačné zdroje patria výročná správa agentúry o bezpečnosti, výročná správa agentúry o štandardizácii a hlavný plán riadenia letovej prevádzky. Náležitá pozornosť sa venuje bezpečnej integrácii nových technológií a koncepcií. Strategické problémové oblasti sa ďalej rozvíjajú tak, aby obsahovali podporu bezpečnosti a digitalizácie. Zainteresované strany môžu zvýšiť aj efektívnosť alebo rovnaké podmienky pre všetkých, ktoré nemusia nevyhnutne súvisieť s bezpečnosťou. Ďalej sa hodnotia očakávané činnosti vyplývajúce z otázok bezpečnosti, efektívnosti a rovnakých podmienok pre všetkých. Na riešenie definovaných problémových okruhov sa potom definujú intervenčné stratégie a výstupy sú schvaľované na základe správ o najlepšej intervenčnej stratégii (BIS) na podporu potenciálneho začlenenia opatrení do EPAS [11]. Realizácia konkrétnych opatrení podlieha dostupnosti zdrojov a strategickým prioritám. BIS nahrádza predchádzajúce predbežné hodnotenie vplyvu (PIA).

Vstupmi pre tvorbu Európskeho plánu pre bezpečnosť letectva sú priority z Leteckej stratégie pre Európu (Strategy) schválenej v decembri 2015 [12], kľúčové zásady a procesy z riadenia bezpečnostných rizík, ako aj pokyny z vydávaného jednotného dokumentu EASA pre programovanie (SPD). Výstupmi tohto plánu sú plánované činnosti v oblasti tvorby pravidiel, podpory

bezpečnosti, cieleného dohľadu, výskumu a hodnotenia (Obrázok 4).

Obrázok 4: Vstupy a výstupy z Európskeho plánu pre bezpečnosť letectva [11].

4. Zmena nariadenia (EÚ) č. 748/2012

Európska komisia delegovaným nariadením (EÚ) č. 2019/897 z 12. marca 2019 [13] zmenila nariadenie (EÚ) č. 748/2012, pokiaľ ide o zahrnutie overovania zhody založeného na riziku do prílohy I (časť 21) a vykonávanie požiadaviek na ochranu životného prostredia. Išlo o zapracovanie schválených stanovísk agentúry:

1. zapracovanie požiadaviek úrovne zapojenia (LoI) do časti 21 (07/2016),
2. letové skúšky po údržbe (01/2017),
3. implementácia zmien z 10. rokovania Výboru pre ochranu životného prostredia v letectve (CAEP/10) o klimatických zmenách, emisiách a hluku (09/2017).

4.1. Zapracovanie požiadaviek úrovne zapojenia do časti 21

Stanovisko 07/2016 sa týka problematiky systémového zavedenia zásad riadenia bezpečnosti do procesu letovej spôsobilosti a environmentálnej certifikácie výrobkov a súčastí leteckej techniky. Spracovanie stanoviska vychádzalo z Európskeho plánu pre bezpečnosť letectva (EPAS) na roky 2016 - 2020 pod č. RMT.0262. Hlavným špecifickým cieľom bolo ďalej posilňovať výkonnosť certifikačných procesov podľa časti 21, aby sa zabezpečila bezpečnosť a ochrana životného prostredia. Novozavedené pravidlá do časti 21 upravujú prístup k overovaniu zhody, ktorý je založený na riziku, prostredníctvom zavedenia koncepcie úrovne zapojenia (LoI) agentúry do certifikačného procesu. Koncept je v súlade so štandardom pre riadenie bezpečnostných rizík Medzinárodnej organizácie civilného letectva (ICAO), príloha 19 a má umožniť agentúre lepšie identifikovať oblasti certifikácie výrobkov v kontexte náchylnosti k riziku v súvislosti s bezpečnosťou a ochranou životného prostredia. Agentúra tak môže zamerať certifikačné zdroje predovšetkým na tie oblasti, ktoré potrebujú veľkú LoI, aby dôkladne overila, či žiadatelia preukázali zhodu. V ostatných oblastiach certifikácie, kde sa riziko pre bezpečnosť výrobkov alebo ochranu životného prostredia hodnotí nižšie, sa agentúra môže v odôvodnených prípadoch primerane spoľahnúť na schválené organizácie pre projektovanie. Tento návrh by mal ešte viac zlepšiť systém dohľadu agentúry nad projekčnými organizáciami, aby sa stal „výkonným“. Niektoré organizácie na projektovanie môžu tak získať oprávnenie na osvedčenie určitých významných zmien typových osvedčení (TC), doplnkových typových osvedčení (STC) a/alebo návrhov veľkých opráv bez zapojenia agentúry v technických oblastiach.

4.2. Letové skúšky po údržbe

Cieľom stanoviska 01/2017 je zmierniť riziká spojené s letovými skúškami po vykonaní údržby lietadla. Piloti počas týchto skúšok kontrolujú primerané fungovanie leteckých systémov, ktoré sa nedajú úplne overiť na zemi. Stanovisko navrhlo definovať bezpečnostné požiadavky na primeraný výber pilotov a uplatňovať postupy pre uvedené letové skúšky a rozlišovať medzi zložitými a nezložitými lietadlami. Očakáva sa, že navrhované zmeny zvýšia bezpečnosť letových skúšok po vykonaní údržby lietadla. Prevádzkovatelia vykonávajúci letové skúšky zložitých lietadiel s vyššou kategóriou rizika musia vyhotoviť vlastné postupy a zabezpečiť koordináciu medzi prevádzkovým zabezpečením, organizáciou pre riadenie zachovania letovej spôsobilosti (CAMO) a príslušnou organizáciou údržby.

4.3. Implementácia zmien z 10. rokovania Výboru pre ochranu životného prostredia v letectve (CAEP/10) o klimatických zmenách, emisiách a hluku

Hlavným cieľom stanoviska 09/2017 je znížiť vplyv leteckej dopravy na klimatické zmeny a kvalitu ovzdušia zavedením nového štandardu CO_2 pre lietadlá a emisných noriem pre neprchavé látky z leteckých motorov do právnych predpisov Európskej únie. Zámerom ďalších zmien a doplnení je posilniť vykonávanie existujúcich noriem pre emisie a hluk motorov zavedením príslušných aktualizácií požiadaviek prílohy 16 ICAO. Nové a zmenené štandardy ICAO (príloha 16, zväzok I, II a III) boli prijaté 3. marca 2017 na základe schválenia výborom ICAO pre ochranu životného prostredia v letectve na 10. zasadnutí (CAEP/10). Zmeny sa týkajú problematík technickej implementácie noriem pre hlukovú certifikáciu, zavádzania nového energeticky nezávislého emisného štandardu a implementácie nového štandardu pre emisie CO_2 z lietadla.

5. Novelizácia nariadenia (EÚ) č.748/2012 – PART 21 „LIGHT“

Agentúra v rámci požiadavky vyplývajúcej z nariadenia (EÚ) č. 2018/1139 ustanoviť niekoľko nových nástrojov, ktoré by podporili vykonávanie jednoduchých a primeraných pravidiel pre letecký šport a rekreačné lietanie v kontexte revízie nariadenia (EÚ) č.748/2012 a prílohy I (časť 21) nad rámec stanovísk zapracovaných do delegovaného nariadenia (EÚ) č. 2019/897 rozpracováva nasledujúce oblasti [14]:

1. uvoľnenie súčastí leteckej techniky bez formulára 1 EASA (RMT.0018),
2. druhá etapa včlenenia systému riadenia bezpečnosti (RMT.0251),
3. pokyny pre zachovanie letovej spôsobilosti (RTM.0252),
4. implementácia príslušných ustanovení nového základného nariadenia (RMT.0727).

5.1. Uvoľnenie súčastí leteckej techniky bez formulára 1 EASA

Zámerom tejto úlohy pre tvorbu pravidiel je zaviesť primeranejšie a účinnejšie požiadavky v oblasti letovej spôsobilosti pri výrobe nových náhradných dielov. Podľa platnej

leteckej legislatívy majú byť súčasti leteckej techniky, ktoré sa majú nainštalovať na výrobok počas údržby, dodávané s formulárom 1 EASA, aby sa osvedčila výroba v súlade s prílohou I (časť 21) k nariadeniu (EÚ) č. 748/2012. Príkladom sú tzv. komerčné súčasti, ktoré nie sú často navrhnuté výhradne na použitie v letectve a výrobcovia nemusia mať nevyhnutne záujem o osvedčenie ich výroby. Aby sa zjednodušili výrobné požiadavky, navrhuje sa používať pre každú súčasť tzv. úroveň kritickosti (CL) definovanú na základe bezpečnostných dôsledkov. Odporúča sa, aby držiteľ konštrukčného návrhu, poprípade agentúra, mohli prideliť CL pre každú súčasť leteckej techniky. Pripravujú sa aj minimálne požiadavky na osvedčenia výroby založené na priemyselných normách v závislosti od pridelenej CL. Rôzne požiadavky na označovanie by sa mali vzťahovať na každú súčasť v závislosti od pridelenej CL. Ide o zmiernenie aplikovateľných požiadaviek na výrobu súčastí, aby sa znížili výrobné náklady bez toho, aby to ovplyvnilo bezpečnosť leteckej prevádzky. Navrhované riešenie môže mať veľmi pozitívny vplyv na všeobecné letectvo (GA), pretože niektoré používané súčasti leteckej techniky nie sú projektované so zámerom použitia v letectve a nevyrábajú ich organizácie s povolením na výrobu podľa časti 21. Je vhodné upozorniť na skutočnosť, že uvedený prístup sa nebude môcť používať na kritické súčasti leteckej techniky. K danej úlohe bolo distribuované stanovisko 07/2019 [15].

5.2. Druhá etapa včlenenia systému riadenia bezpečnosti

S ohľadom na prílohu 19 ICAO je cieľom vytvoriť rámec pre systém riadenie bezpečnosti (SMS) v jednotlivých oblastiach letovej spôsobilosti. V 1. etape tejto úlohy bolo vydané stanovisko EASA č. 06/2016 týkajúce sa organizácií pre riadenie zachovania letovej spôsobilosť (CAMO) podľa prílohy I k nariadeniu (EÚ) č. 1321/2014. V 2. etape sa plánuje zavedenie požiadaviek na SMS a dohľad a riadenie príslušných orgánov pre organizácie s povolením na vývoj (DOA) a výrobu (POA) podľa časti 21 a organizácie s povolením na údržbu podľa časti 145.

5.3. Pokyny pre zachovanie letovej spôsobilosti

Cieľom tejto úlohy je stanoviť požiadavky a zodpovednosť zúčastnených strán zapojených do spracovania pokynov pre zachovanie letovej spôsobilosti, ich schvaľovania a vykonávania. Prvá etapa tejto úlohy, týkajúca sa regulačnej koordinácie súvisiacej s harmonizáciou certifikácie údržby podľa CS-25 a AMC 25-19 s požiadavkami FAA AC 25-19A bola dokončená. Zámerom 2. etapy je zmiernenie rizík spojených s nejasnosťou pokynov pre zachovanie letovej spôsobilosti a elimináciou neprimeraného priestoru pre rozdielnu interpretáciu, ktoré by mohli spôsobiť prípadné bezpečnostné riziká. Navrhuje sa zmeniť a doplniť prílohu I (časť 21) k nariadenia (EÚ) č. 748/2012 s cieľom stanoviť, aby pokyny boli súčasťou TC a spracovať príslušné AMC&GM. Mali by sa tiež definovať požiadavky týkajúce sa vedenia záznamov, príručiek a pokynov, pričom by parciálne informácie z jednotlivých podčastí časti 21 mali byť zlúčené do jednej požiadavky v podčasti A. Očakáva sa, že navrhované zmeny zlepšia harmonizáciu identifikácie a schválenia pokynov pre zachovanie letovej spôsobilosti držiteľmi TC a zároveň dostupnosť pre koncových užívateľov [16].

5.4. Implementácia príslušných ustanovení nového základného nariadenia

Daná úloha je rozpracovaná so zámerom zjednodušenie požiadaviek a postupov, ktoré musí žiadateľ dodržiavať. V uvedenej súvislosti je zámer spracovania stanoviska EASA k nasledovným problematikám [17]:

a) prehodnotiť, či existujúce pravidlá zodpovedajú povahe a úrovniam rizika činností, a ak nie, a kde to prichádza do úvahy, umožniť uplatňovanie primeraného prístupu pri schvaľovaní výrobkov a súčastí v rámci letovej spôsobilosti. Tento aspekt by mal zohľadniť najmä rôzne úrovne rizika bezpečnosti, ktoré existujú v GA v procese počiatočnej letovej spôsobilosti so zámerom znížiť administratívne zaťaženie a súvisiace náklady a zároveň podporiť inovácie,
b) vymedziť rozsah, podmienky a postup certifikácie „neinštalovaného vybavenia“ (NIE), pričom sa zabezpečí primeraný prístup k certifikácii tohto typu vybavenia a zohľadní bezpečnostné riziko,
c) implementovať všetky nevyhnutné zmeny v environmentálnej certifikácii lietadiel a ich motorov, vrtúľ, súčastí a neinštalovaného vybavenia,
d) zvážiť revízie ďalších koncepčných, regulačných alebo formulačných zmien, ktoré vyplývajú z nariadenia (EÚ) č. 2018/1139.

6. Zaver

Z hľadiska zvyšovania bezpečnosti a kvality v civilnom letectve je nevyhnutné za každých okolností zaručiť vysokú a jednotnú úroveň bezpečnosti, a to prijatím spoločných bezpečnostných pravidiel a opatrení, pomocou ktorých sa zabezpečí, že všetky výrobky, osoby a organizácie podieľajúce sa na činnosti civilného letectva v Európskej únii budú spĺňať takéto pravidlá. Kľúčový význam z tohto hľadiska má znalosť a dôsledné uplatňovanie ustanovení a požiadaviek vyplývajúcich z európskej leteckej legislatívy a to predovšetkým záväzných právnych aktov, ktoré sú priamo aplikovateľné vo všetkých členských štátoch a sú integrálnou súčasťou aj právneho systému Slovenskej republiky. Letecká legislatíva sa týka všetkých oblastí a aspektov civilného letectva, akými sú oblasť certifikácie výrobkov a súčastí leteckej techniky, zachovania letovej spôsobilosti, údržby lietadiel a leteckej prevádzky, personálu a iných.

Snahou autorov tohto príspevku bolo informovať odbornú a laickú verejnosť o vybraných aspektoch novelizácie európskej leteckej legislatívy a implementačnom rámci v oblasti počiatočnej letovej spôsobilosti a to predovšetkým vo väzbe na vybrané požiadavky a výzvy, ktoré prinieslo nariadenie (EÚ) č. 2018/1139 a delegované nariadenie (EÚ) č. 2019/897, ktorým bolo zmenené nariadenie (EÚ) č. 748/2012 stanovujúce vykonávacie pravidlá osvedčovania letovej spôsobilosti a environmentálneho osvedčovania lietadiel a prislúchajúcich výrobkov, častí a zariadení, ako aj osvedčovania projekčných a výrobných organizácií. V prílohe I (časť 21) boli v súvislosti s jej revíziou doplnené overovanie zhody založené na riziku a požiadavky na ochranu životného prostredia. Súčasne boli zmenené a doplnené príslušné prijateľné spôsoby dosiahnutia súladu (AMC) a poradenské materiály (GM).

Proces novelizácie vykonávacích európskych právnych aktov na základe nového základného nariadenia týmto nekončí a v súvislosti s úlohami agentúry pre tvorbu pravidiel sa pripravuje komplexná revízia nariadenia (EÚ) č.748/2012, tzv. Part 21-Light.

Znalosť novelizácií európskej leteckej legislatívy sa netýka len Dopravného úradu, ale všetkých organizácií v leteckom priemysle, leteckých prevádzkovateľov, vzdelávacích inštitúcií a výcvikových organizácií, ktoré by mali venovať náležitú pozornosť týmto novelizáciám a ich postupnej implementácii z hľadiska svojej pôsobnosti, procesov a činností.

Referencie

[1] ICAO Doc. 9859 Safety Management Manual, Fourth Edition, 2018

[2] ICAO Annex 8, Airworthiness of Aicraft

[3] Gratton, G. Initial Airworthiness, 2015. Springer International Publishing, ISBN 978-3-319-11408-8

[4] Nariadenie komisie (EÚ) č. 748/2012 z 3. augusta 2012 stanovujúce vykonávacie pravidlá osvedčovania letovej spôsobilosti a environmentálneho osvedčovania lietadiel a prislúchajúcich výrobkov, častí a zariadení, ako aj osvedčovania projekčných a výrobných organizácií. Dostupné na: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0748&qid=1578585825483&from=EN

[5] Nariadenie komisie (EÚ) č. 1321/2014 z 26. novembra 2014 o zachovaní letovej spôsobilosti lietadiel a výrobkov, súčastí a zariadení leteckej techniky a o schvaľovaní organizácií a personálu zapojených do týchto činností. Dostupné na: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R1321&qid=1578586051507&from=EN

[6] EASA Mission. Dostupné na: https://www.easa.europa.eu/the-agency/the-agency

[7] Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/1139 zo 4. júla 2018 o spoločných pravidlách v oblasti civilného letectva, ktorým sa zriaďuje Agentúra Európskej únie pre bezpečnosť letectva a ktorým sa menia nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 2111/2005, (ES) č. 1008/2008, (EÚ) č. 996/2010, (EÚ) č. 376/2014 a smernice Európskeho parlamentu a Rady 2014/30/EÚ a 2014/53/EÚ a zrušujú nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 552/2004 a (ES) č. 216/2008 a nariadenie Rady (EHS) č. 3922/91. Dostupné na: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1139&qid=1578586377398&from=EN

[8] Verissimo, M., 2018. New Basic Regulation.Presentation on Product Certification & Design Organisation Approval Workshop Cologne, 30-31 October2018. Dostupné na: https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/events/product-certification-design-organisation-approval-workshop-2018

[9] Gerhard, M., Deuss, B., Garvie, C., 2019. New basic Regulation – Implementation into Part 21.Presentation on EASA Product Certification and Design Organisation Approval Workshop 2019, 19 Nov 2019. Dostupné na: https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/events/product-certification-design-organisation-approval-workshop-2019

[10] EASA, Executive Director Decision 2019/003/R of 12 February 2019 amending Acceptable Means of Compliance and Guidance Material to Part-21 of Regulation (EU) No 748/2012. Dostupné na: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/ED%20Decision%202019-003-R.pdf

[11] EASA, European Plan for Aviation Safety. Dostupné na: https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/safety-management/european-plan-aviation-safety

[12] European Commission, Transport. Dostupné na: https://ec.europa.eu/transport/modes/air

[13] Delegované nariadenie Komisie (EÚ) 2019/897 z 12. marca 2019, ktorým sa mení nariadenie (EÚ) č. 748/2012, pokiaľ ide o zahrnutie overovania zhody založeného na riziku do prílohy I a vykonávanie požiadaviek na ochranu životného prostredia. Dostupné na: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0897&qid=1578587175781&from=EN

[14] Gerhard, M.: Rulemaking Activities Affecting Part 21, EASA Product Certification and Design Organisation Approval Workshop 2019 , 19 Nov 2019. Dostupné na: https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/events/product-certification-design-organisation-approval-workshop-2019

[15] EASA, RMT.0018. Installation of parts and appliances that are released without an EASA Form 1 or equivalent. Dostupné na: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Opinion%20No%2007-2019.pdf

[16] EASA, NPA 2018-01. Instructions for continued airworthiness. Dostupné na: https://www.easa.europa.eu/document-library/notices-of-proposed-amendment/npa-2018-01

[17] EASA, ToR RMT.0727. Dostupné na: https://www.easa.europa.eu/document-library/terms-of-reference-and-group-compositions/tor-rmt0727

[18] Koblen, I., Szabo, S., 2017. Manažment životného cyklu leteckej techniky, 2. časť. Vedecká monografia. Technická univerzita v Košiciach, 2017. ISBN 978-80-553-2829-4, 358 strán

ASSESSMENT OF THE MENTAL STATE OF PILOTS

POSUDZOVANIE PSYCHICKEJ SPÔSOBILOSTI PILOTOV

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

Frederik Chodelka
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
frederik.chodelka@fpedas.uniza.sk

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

Abstract

The main aim of this article is to define and evaluate current status of the problem, to point out insufficient or even missing mental health examinations of pilots and possible fatal consequences including air accidents caused by pilots' mental health. According to actual regulations, mental health examinations are being provided only during the first aero-medical examination when applying for first class medical certificate. Today, the mental health is not being evaluated even during the regular examinations for the first class certificate neither for other classes certificates. The mental state of pilots is almost never checked which can mean a real danger for civil aviation. The results of not controlling mental state of pilots might lead to fatal accidents and innocent lives losses. The analysis of air accidents covered in this thesis is based on accidents' investigations final reports and other relevant sources. Also, the knowledge gained from interviews with experts is applied. Even though the air accidents caused by psychical state of pilots are infrequent, the examinations of pilots' mental health should not definitely be underrated and neglected.

Keywords

Pilot, Mental state, Mental health, Accident, Investigation.

1. Úvod

Prioritou v letectve je bezpochyby bezpečnosť. Na jej zvýšenie je potrebné sprísnenie kritérií a požiadaviek. Tlak na znižovanie nákladov leteckých spoločností rastie, zvyšuje sa psychická záťaž a stres pilotov. Práca v zahraničí, obmedzený kontakt s rodinou a iné negatívne faktory spôsobujú nárast psychických problémov a duševných porúch u pilotov. Tí ale nemusia už niekoľko rokov podstupovať povinné pravidelné testy psychickej spôsobilosti. V súčasnosti sa vyšetrenia zamerané na psychický stav pilotov vykonávajú iba pri prvom letecko-lekárskom vyšetrení 1. triedy zdravotnej spôsobilosti. Hoci nové nariadenie Európskej únie ustanovuje aj hodnotenie duševného zdravia pilota, avšak nie je v ňom uvedené, kto má toto hodnotenie vykonať (Novák, A. a Mrázová, M., 2015).

2. Medzinárodná a národná legislatívna úprava posudzovania zdravotnej spôsobilosti pilotov

Zdravotná spôsobilosť pilotov a jej posudzovanie sa v rámci členských krajín Európskej únie posudzuje podľa:

- **Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) 2019/27** z 19. decembra 2018, ktorým sa mení **Nariadenie Komisie (EÚ) č. 1178/2011** z 3. novembra 2011
- **Prijateľné spôsoby dosiahnutia súladu (AMC) a poradenský materiál (GM) k Časti-MED** (druhé vydanie) z 28. januára 2019

Doplňujúcou príručkou pre lekárov je Doc 8984 Manual of Civil Aviation Medicine (Nariadenia Európskeho parlamentu a Rady, 2018/1138).

2.1. Posudzovanie zdravotnej spôsobilosti na Slovensku

Zmienku o zdravotnej spôsobilosti na úrovni národnej legislatívy môžeme nájsť v zákone 143/1998 Z.z. Zákon o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov a v predpise L1 Spôsobilosť leteckého personálu.

Zákon 143/1998 Z. z.

Posudzovanie zdravotnej spôsobilosti z hľadiska národnej legislatívy vychádza zo zákona 143/1998 Z. z., Zákon o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov, tretia časť – Letecký personál.

Podľa zákona 143/1998 Z.z., letecký personál je tvorený posádkou lietadla a ostatným personálom. Pre výkon činnosti a plnenia úloh na palube sa od členov leteckého personálu požaduje odborná a zdravotná spôsobilosť. Odborná spôsobilosť člena leteckého personálu je podmienená zdravotnou spôsobilosťou. Žiadateľov overuje Dopravný úrad, ktorý po preukázaní teoretických znalostí a praktických schopností vydáva preukaz odbornej spôsobilosti. Vydanie a zachovanie platnosti preukazu odbornej spôsobilosti podmieňuje člena leteckého personálu súhlasiť s poskytovaním informácií o jeho zdravotnom stave Dopravnému úradu. Posudzovanie a vystavenie dokladu o zdravotnej spôsobilosti leteckého personálu vykonáva poverený lekár, ktorý je osvedčený Dopravným úradom.

Poverený lekár musí byť odborne spôsobilý podľa:

- Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 296/2010 Z. z. Nariadenie o odbornej spôsobilosti na výkon zdravotníckeho povolania, v znení neskorších predpisov.
- § 4 Poskytovateľ, Zákona č. 578/2004 Z. z. Zákon o poskytovateľoch zdravotnej starostlivosti a zdravotníckych

pracovníkoch, a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov. (Zákon č. 143/1998 Z. z. Zákon o civilnom letectve).

L1 Spôsobilosť leteckého personálu

Letecké predpisy radu L sú implementáciou štandardov a odporúčaných postupov Medzinárodnej organizácie civilného letectva (ICAO). V Slovenskej republike predpisy radu L vydalo Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky na základe príloh s názvom Annex k Dohovoru o medzinárodnom civilnom letectve. Požiadavky pre vydanie osvedčenia zdravotnej spôsobilosti leteckého personálu sú obsiahnuté v predpise L1 Spôsobilosť leteckého personálu, Hlava 6 – Zdravotné požiadavky na vydanie preukazu spôsobilosti. Predpis L1 stanovuje tri triedy zdravotnej spôsobilosti pre letecký personál.

Predpis L1 Spôsobilosť leteckého personálu je zastaralý, pretože rozdelenie leteckého personálu a triedy zdravotnej spôsobilosti nekorešpondujú s nariadeniami platnými v súčasnosti: Časť-FCL k Nariadeniu Komisie (EÚ) č. 1178/2011, Časť-MED k Vykonávaciemu nariadeniu Komisie (EÚ) 2019/27, ktorým sa mení nariadenie č. 1178/2011.

3. Posudzovanie psychického stavu pilotov

Posudzovanie psychického stavu pilotov sa vykonáva podľa:

- Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) 2019/27 z 19. decembra 2018, ktorým sa mení Nariadenie Komisie (EÚ) č. 1178/2011 z 3. novembra 2011
- Prijateľné spôsoby dosiahnutia súladu (AMC) a poradenský materiál (GM) k Časti-MED z 28. januára 2019

Doplňujúcou príručkou pre lekárov je Doc 8984 Manual of Civil Aviation Medicine.

3.1. Zmeny v posudzovaní duševného zdravia

V decembri 2018 nastala zmena v Prílohe IV Časti-MED, ktorej súčasťou je aj podkapitola zameraná na duševný stav pilotov. Zatiaľ čo v Nariadení Komisie č. 1178/2011 bolo posudzovanie duševného stavu pilotov rozdelené na dve samostatné podčasti (MED.B.055. Psychiatria a MED.B.060. Psychológia), vo Vykonávacom nariadení Komisie (EÚ) 2019/27 sa nachádza iba **jedna podčasť** s názvom **MED.B.055. Duševné zdravie**. Označenie podčasti MED.B.060. sa vo Vykonávacom nariadení Komisie 2019/27 nenachádza.

3.2. Znenie podľa Vykonávacieho nariadenia komisie (EÚ) 2019/27

MED.B.055. Duševné zdravie

a) *„Súčasťou prvého letecko-lekárskeho vyšetrenia na účely osvedčenia zdravotnej spôsobilosti 1. triedy je komplexné hodnotenie duševného zdravia.*

b) *Súčasťou prvého letecko-lekárskeho vyšetrenia na účely osvedčenia zdravotnej spôsobilosti 1. triedy je skríningový test na drogy a alkohol.*

c) *Žiadatelia s duševnou poruchou alebo poruchou správania v dôsledku užívania alebo zneužívania alkoholu alebo iných psychoaktívnych látok sa vyhodnotia ako nespôsobilí až do zotavenia a neužívania psychoaktívnej látky a na základe psychiatrického hodnotenia s uspokojivým výsledkom po úspešnej liečbe.*

d) *Žiadateľov s klinickou diagnózou alebo stanoveným predchádzajúcim výskytom niektorého z týchto psychiatrických stavov možno vyhodnotiť ako spôsobilých až po absolvovaní psychiatrického hodnotenia s uspokojivým výsledkom:*

1) *afektívna porucha;*

2) *neurotická porucha;*

3) *porucha osobnosti;*

4) *duševná porucha alebo porucha správania;*

5) *zneužívanie psychoaktívnej látky.*

e) *Žiadatelia so stanoveným predchádzajúcim výskytom jedného alebo opakovaných prípadov sebapoškodzovania sa vyhodnotia ako nespôsobilí. Po psychiatrickom hodnotení s uspokojivým výsledkom ich však možno vyhodnotiť ako spôsobilých.*

f) *Letecko- lekárske hodnotenie*

1) *Žiadatelia o osvedčenie zdravotnej spôsobilosti 1. triedy s ktorýmkoľvek zo stanov uvedených v písmenách c), d), alebo e) sa odošlú k posudkovému lekárovi (MA) licenčného úradu;*

2) *Žiadatelia o osvedčenie zdravotnej spôsobilosti 2. triedy s ktorýmkoľvek zo stavov uvedených v písmenách c), d), alebo e) sa vyhodnotia po porade posudkovým lekárom licenčného úradu.*

g) *Žiadatelia so stanoveným predchádzajúcim výskytom alebo klinickou diagnózou schizofrénie, schizotypálnej poruchy alebo poruchy s bludmi sa vyhodnotia ako nespôsobilí.“*

3.3. Znenie podľa Nariadenia komisie (EÚ) č. 1178/2011

MED.B.055. Psychiatria

a) *„Žiadatelia nesmú mať žiadny stanovený predchádzajúci výskyt ani klinickú diagnózu žiadnej vrodenej alebo získanej psychiatrickej choroby, postihnutia, stavu alebo poruchy, akútnej alebo chornickej, ktorá môže mať negatívny vplyv na bezpečné vykonávanie oprávnení príslušného preukazu spôsobilosti.*

b) *Žiadatelia s mentálnou poruchou alebo poruchou správania v dôsledku užívania alebo zneužívania alkoholu alebo iných psychotropných látok sa posúdia ako nespôsobilí až do zotavenia a neužívania látky a na základe uspokojivého psychiatrického hodnotenia po úspešnej liečbe. Žiadatelia o osvedčenie zdravotnej spôsobilosti 1. triedy sa odošlú k licenčnému orgánu. Spôsobilosť žiadateľov o osvedčenie 2. triedy sa posúdi po porade s licenčným úradom.*

c) Žiadatelia s psychiatrickým problémom, ako napríklad:

1) poruchy nálady;

2) neurotické poruchy;

3) poruchy osobnosti;

4) mentálne poruchy alebo poruchy správania,

pred stanovením zdravotnej spôsobilosti absolvujú uspokojivé psychiatrické hodnotenie.

d) Žiadatelia s predchádzajúcim výskytom jednotlivých alebo opakovaných prípadov sebapoškodzovania sa vyhodnotia ako nespôsobilí. Žiadatelia pred stanovením zdravotnej spôsobilosti absolvujú uspokojivé psychiatrické hodnotenie.

e) Letecko-lekárske hodnotenie:

1) žiadatelia o osvedčenie zdravotnej spôsobilosti 1. triedy s niektorým zo stavov uvedených v písmenách b), c) alebo d) sa odošlú k licenčnému úradu;

2) spôsobilosť žiadateľov o osvedčenie 2. triedy s niektorým zo stavov uvedených v písmenách b), c) alebo d) sa posúdi po porade s licenčným orgánom.

f) Žiadatelia so stanoveným predchádzajúcim výskytom alebo klinickou diagnózou schizofrénie, schizotypovej poruchy alebo poruchy s bludmi sa vyhodnotia ako nespôsobilí.

MED.B.060. Psychológia

a) Žiadatelia nesmú mať žiadne stanovené psychologické poruchy, ktoré môžu mať negatívny vplyv na bezpečné vykonávanie oprávnení príslušného preukazu spôsobilosti.

b) Psychologické hodnotenie sa môže vyžadovať ako súčasť alebo doplnok špecializovaného psychiatrického alebo neurologického vyšetrenia" (Nariadenia Komisie EÚ, 2011).

4. Analýza súčasného stavu

Po takmer štyroch rokoch od nehody letu Germanwings 9525 Európska agentúra pre bezpečnosť letectva vydala 19. decembra 2018 Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) 2019/27 (ďalej vykonávacie nariadenie), ktorým sa kompletne, ale nie zásadne, zmenilo posudzovanie psychického stavu pilotov. Dovtedy platné Nariadenie Komisie (EÚ) č. 1178/2011 bolo v porovnaní s vykonávacím nariadením benevolentné a psychologické hodnotenie mohlo byť súčasťou alebo doplnkom pre špecializované psychiatrické alebo neurologické vyšetrenie. Na základe tohto nariadenia mnoho žiadateľov o osvedčenie 1. triedy zdravotnej spôsobilosti, ale aj iných tried určených pre pilotov počas posudzovania ich zdravotného stavu (vstupné vyšetrenie, predĺženie/obnovenie zdravotnej spôsobilosti) nepodstúpilo psychologické a ani psychiatrické vyšetrenie zamerané na duševný stav pilotov. Z toho vyplýva, že počas obdobia, kedy vyšetrenie psychického stavu pilotov bolo doplňujúcim vyšetrením, bolo možné v určitých poverených zdravotníckych zariadeniach získať osvedčenie zdravotnej spôsobilosti bez akéhokoľvek vyšetrenia duševného zdravia a následne vykonávať činnosť pilota. V súčasnosti je Vykonávacím nariadením Komisie (EÚ) 2019/27 nariadené komplexné hodnotenie duševného zdravia pri prvom letecko-lekárskom vyšetrení (vstupné vyšetrenie) **1. triedy zdravotnej spôsobilosti**. Avšak v súčasnom nariadení zatiaľ nie je stanovené, kto a ako má vykonať komplexné posúdenie duševného zdravia. Rozhodnutie o vykonaní odborného vyšetrenia pilotov zostáva na poverenom leteckom lekárovi (AME) alebo na poverenom zdravotníckom zariadení (AeMC). Odborné vyšetrenie duševného zdravia vykonáva klinický psychológ alebo psychiater na základe vyžiadania od AME alebo AeMC. V konečnom dôsledku sa posudzovanie duševného zdravia pilotov príliš nezmenilo, pretože predĺženie/obnovenie zdravotnej spôsobilosti 1. triedy, zdravotná spôsobilosť 2. triedy, ako aj zdravotná spôsobilosť pre pilotov ľahkého lietadla (LAPL), ostáva aj naďalej bez hodnotenia duševného zdravia pilotov.

V prípade súčasného stavu, ale i v potencionálne navrhovanom riešení posudzovania psychického stavu pilotov, je otázne, či hodnotenia duševného zdravia pilotov sú/budú dostatočne špecifické a senzitívne. Dôvodov na nedostatočnú vecnosť hodnotení duševného zdravia je mnoho (napríklad obtiažnosť pri štandardizácii alebo pri interpretácii hodnotenia). Vykonávanie samotného hodnotenia duševného zdravia pilotov v súčasnosti nebolo žiadnym spôsobom štandardizované a jeho implementácia zostala na jednotlivých členských štátoch.

Ďalším problémom v riešenej problematike je nemožnosť overiť údaje o zdravotnom stave žiadateľov pri vyplnení formuláru žiadosti o osvedčenie zdravotnej spôsobilosti pred zahájením letecko-lekárskeho vyšetrenia (Príloha B). Z hľadiska duševného zdravia sú pre povereného lekára dôležité položky 118 (Akékoľvek psychické/psychiatrické poruchy) a 120 (Pokus o samovraždu/sebapoškodenia). Napriek vyhláseniu, ktoré žiadateľ svojím podpisom deklaruje, pravdivosť a overiteľnosť informácii nie je možná.

Vyšetrenia psychického stavu pilotov sú podceňovanou témou a je im kladený nedostatočný dôraz. Ovplyvňujúcim faktorom je aj zriedkavosť nehôd zapríčinených duševným zdravím pilota. Podľa ICAO a BEA databáz je od roku 1980 do roku 2016 evidovaných iba 7 fatálnych nehôd v civilnej komerčnej doprave spôsobených duševným zdravím pilota. Letecké nehody s touto príčinou sú vždy veľmi medializovanou témou. Napriek pobúreniu verejnosti a mediálnej pozornosti v období po nehode, tak ako to bolo aj v prípade nehody Germanwings 9525, sú vyšetrenia zamerané na duševné zdravie pilotov stále nedostačujúce.

5. Depresia a suicídium u pilotov komerčných leteckých spoločností

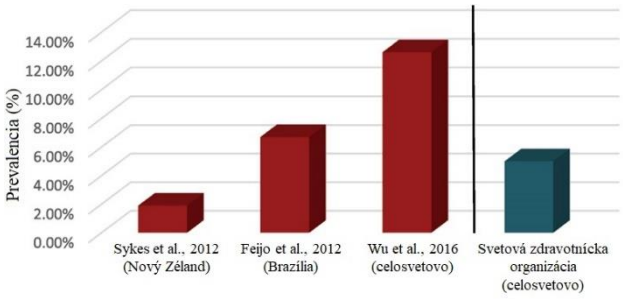
Piloti komerčných leteckých spoločností prechádzajú prísnym výberom a odbornou prípravou. Po kvalifikovaní podstupujú pravidelné kontroly spôsobilosti ako aj letecko-lekárske prehliadky počas trvania ich kariéry. Bezpečnosť letectva je zriedkavo ohrozená úmyselnou deštrukciou lietadiel

spôsobenou pilotmi. Po nehode Germanwings 9525, pri ktorej druhý pilot vymkol kapitána z kokpitu a úmyselne narazil s lietadlom do terénu, sa začal klásť väčší dôraz na duševné zdravie pilotov. Vyšetrovanie nehody preukázalo, že druhý pilot trpel psychotickou-depresívnou epizódou, ktorá začala v roku 2014 a trvala až do dňa nehody. Nehoda spoločnosti Germanwings nie je jediným prípadom tohto druhu. Pozoruhodné prípady možnej vraždy a následnej samovraždy vykonanej pilotmi komerčných leteckých spoločností ako napríklad EgyptAir 990 (217 obetí) alebo SilkAir 185 (104 obetí) zdôrazňujú, že optimalizácia zdravotného a psychologického zdravia pilotov je dôležitou prevenciou pred nehodami a úmrtiami (Pasha T. a Stokes P., 2018).

Zatiaľ čo lietadlom asistované samovraždy sú zriedkavé, depresie a poruchy nálady nie. Viac ako 90% obetí samovraždy sa stretávalo aspoň s jednou závažnou duševnou poruchou, pričom k najčastejším (56-87%) patrí závažná depresívna porucha (MDD). MDD je jednou z hlavných príčin chronického postihnutia a celosvetovo postihuje 350 miliónov ľudí (Pasha T. a Stokes P., 2018).

5.1. Depresia

Národný inštitút duševného zdravia v USA odhaduje, že 6,9% obyvateľov USA trpí depresiou. Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) uvádza 5% prevalenciu depresie na celom svete. Z porovnania výsledkov vyplýva, že piloti komerčných leteckých spoločností zaznamenali vyššiu mieru prevalencie ako všeobecná populácia (Graf 1) (Pasha T. a Stokes P., 2018).



Graf 1: Prevalencia depresívnych porúch u pilotov verzus depresia u všeobecnej populácie. Zdroj: (Frontiers in Psychiatry).

Feijó et al. uviedli, že piloti starší ako 35 rokov majú vyššiu prevalenciu CMD (7,2%) ako piloti vo veku 35 a mladší (4,5%). Môže to byť spôsobené tým, že starší piloti sú menej ochotní pripustiť, že zažívajú CMD. V súvislosti s pohlavím výsledky oboch anonymných prieskumov odhalili, že u žien pilotiek je väčšia pravdepodobnosť diagnostikovania depresie v ich živote 4,7% na rozdiel od mužov 2,9%. U žien je rovnako vyšší výskyt prevalencie CMD 7,7% v porovnaní s mužmi 6,6%. Štúdia Feijó et al. však zahŕňala výrazne nižší počet celkových pilotiek (13) v porovnaní s mužskými účastníkmi (742), čo mohlo ovplyvniť výsledky prieskumu. (Pasha T. a Stokes P., 2018)

5.2. Samovražda

Samovražedné myšlienky sú kľúčovým faktorom k vykonaniu samovraždy. Podľa databázy NTSB 7,8% pilotov, ktorí spáchali samovraždu, sa už v minulosti pokúsilo o samovraždu. Najaktuálnejšia štatistika samovražedných myšlienok dopravných pilotov pochádza zo štúdie Wu et al., kde 4,1% pilotov malo v posledných 2 týždňoch pred prieskumom myšlienky sebapoškodzovania alebo si želali byť radšej mŕtvi. Samovražedné myšlienky však nemusia nevyhnutne viesť k pokusu o samovraždu. Medzi rokmi 1993 a 2012 lietadlom asistovaná samovražda pilotov predstavovala 0,33% (24/7244 smrteľných nehôd) (Pasha T. a Stokes P., 2018).

Priemerný vek pilotov v USA, ktorí spáchali lietadlom asistovanú samovraždu je 38 rokov. Všetky štúdie, ktoré skúmali pilotom asistovanú samovraždu zistili, že všetci piloti boli mužského pohlavia. 54,9% z 51 samovražedných pilotov ovplyvnil v konaní stresor. Z týchto pilotov 27,5% malo problémy, ktoré sa týkali vzťahov, 7,6% malo právne problémy a 5,9% malo vážne zdravotné problémy alebo problémy vo vzťahoch s blízkymi osobami. Ďalšia štúdia preukázala, že z 37 pilotov 51% zanechalo pred samovraždou list na rozlúčku. Väčšina prípadov samovrážd pilotov sa vyskytla v období od októbra do marca (62%) (Pasha T. a Stokes P., 2018).

6. Analýza leteckých nehôd

Obsahom tejto časti sú smrteľné nehody zapríčinené duševným stavom pilotov. Obzvlášť venovaná pozornosť je nehode letu 9525 spoločnosti Germanwings, keďže ide o najčerstvejšiu nehodu tohto druhu. Na základe vyšetrovania tejto nehody sa zmenili nariadenia, podľa ktorých sa posudzuje zdravotná spôsobilosť pilotov a predovšetkým ich duševné zdravie.

6.1. Germanwings

24. marca 2015 o 9 hodine a 41 minúte UTC narazilo lietadlo Airbus A320-211 s registračnou značkou D-AIPX do pohoria Prads-Haut-Bléone nachádzajúce sa vo francúzskych Alpách (Príloha). Prevádzkovateľom lietadla bola spoločnosť Germanwings, ktorá vykonávala pravidelný let 4U9525 z Barcelony (Španielsko) do Düsseldorfu (Nemecko). Lietadlo vzlietlo z letiska El Prat (LEBL) o 09:01 UTC. Po 25 minútach letu dosiahlo letovú hladinu FL380 (38 000ft) (Rapport final, 2016).

Počas letu v cestovnej hladine druhý pilot (PF) čakal, kým bude v kokpite sám. Zámerne nastavil parametre autopilota tak, aby lietadlo začalo klesať z 38 000ft na 100ft. Napriek žiadosti o vstup vykonanej numerickou klávesnicou a palubným telefónom, druhý pilot neotvoril dvere do kokpitu počas fázy klesania. Neodpovedal volaniam civilným a vojenským riadiacim letovej prevádzky. Bezpečnostné požiadavky, ktoré viedli k inštalácii dverí do kokpitu, koncipované zabrániť násilnému vniknutiu nepovolaných osôb, znemožnili vstup do kokpitu predtým, než lietadlo narazilo do terénu vo francúzskych Alpách. Bezprostrednou príčinou leteckého nešťastia bola kolízia lietadla so zemským povrchom spôsobená úmyselným a plánovaným konaním druhého pilota, ktorý sa rozhodol spáchať samovraždu. Pri tejto leteckej nehode prišlo o život 144 pasažierov a 6 členov posádky (Rapport final, 2016).

Úrad vyšetrovania a analýz pre bezpečnosť civilného letectva (BEA) skonštatoval, že zatajenie zdravotného stavu druhého pilota pri procese osvedčovania zdravotnej spôsobilosti, ktorý trpel duševnými poruchami s psychotickými symptómami, nezabránilo druhému pilotovi v konaní (Rapport final, 2016).

<u>*Odporúčania Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva*</u>

Odporúčanie 1: Pracovná skupina odporúča, aby bolo zachované odporúčanie dvoch ľudí v kokpite. Jeho benefity by

mali byť vyhodnotené po roku. Prevádzkovatelia by mali zaviesť vhodné doplnkové opatrenia vrátane výcviku pre posádku, aby sa zabezpečilo zmiernenie všetkých súvisiacich rizík (EASA, 2015).

Odporúčanie 2: Pracovná skupina odporúča, aby všetci dopravní piloti leteckých spoločností absolvovali psychologické hodnotenie v rámci výcviku alebo pred nástupom do služby. Letecká spoločnosť overí, či bolo vykonané uspokojivé hodnotenie. Psychologická časť vstupného a pravidelného letecko-lekárskeho hodnotenia a výcvik letecko-lekárskych examinátorov by mali byť posilnené. EASA na tento účel pripraví poradenský materiál (EASA, 2015).

Odporúčanie 3: Pracovná skupina odporúča nariadiť testovanie návykových látok a alkoholu ako súčasť programu testovania vykonaného prevádzkovateľom a aspoň v týchto prípadoch: vstupné hodnotenie 1. triedy zdravotnej spôsobilosti alebo pri zamestnaní leteckou spoločnosťou, po incidente/nehode s náležitým dôvodom a ako súčasť ďalšieho vyšetrenia po pozitívnom výsledku (EASA, 2015).

Odporúčanie 4: Pracovná skupina odporúča zavedenie rozsiahleho programu pre dohľad nad činnosťou letecko-lekárskych examinátorov vrátane praktickej aplikácie ich vedomostí. Okrem toho by mali národné orgány posilniť psychologické a komunikačné aspekty odbornej prípravy a praxe letecko-lekárskych examinátorov (EASA, 2015).

Odporúčanie 5: Pracovná skupina odporúča, aby národné predpisy zabezpečili primeranú rovnováhu medzi dôvernosťou pacienta a ochranou verejnej bezpečnosti (EASA, 2015).

Pracovná skupina odporúča vytvoriť Európsku letecko-lekársku databázu s cieľom uľahčiť výmenu letecko-lekárskych informácií a zaoberať sa problémom prehlásenia pravdivosti zdravotného stavu pilotov. Agentúra EASA povedie projekt aj na dodanie potrebného softvéru (EASA, 2015).

Odporúčanie 6: Pracovná skupina odporúča implementáciu podporného systému pre pilotov a systému ohlasovania prepojených na SMS (Safety Management System) systém zamestnávateľa v rámci nerepresívneho pracovného prostredia a bez kompromisných Just Culture zásad. Požiadavky by mali byť prispôsobené organizáciám rôznych rozmerov a úrovní vyspelosti a poskytovať ustanovenia, ktoré zohľadňujú rozsah pracovných dohôd a typov zmlúv (EASA, 2015).

Vyjadrenie klinického psychológa profesora Roberta Bora na nehodu Germanwings

Podľa Roberta Bora bolo teoreticky možné predísť nehode, ak by bol každý pilot predmetom rozsiahleho psychologického hodnotenia. V skutočnosti sa predísť nehode nedalo, pretože je nepredstaviteľné, aby bolo možné niekedy uskutočniť rozsiahle psychologické hodnotenie v masovom meradle. Súčasné psychologické hodnotenie alebo testy nie sú ani zďaleka 100% presné, tvrdí Bor. Aby sa zabránilo výnimočne zriedkavej udalosti, ako bola nehoda spoločnosti Germanwings, bolo by potrebné absolútne presné zariadenie k psychologickému hodnoteniu pilotov. Jediný spôsob, akým by bolo možné získať jasný prehľad o udalostiach, ktoré viedli k samovražde nemeckého pilota a zabitiu všetkých pasažierov na palube, je vyšetrenie vykonané klinickými a forenznými psychológmi. Rozvíjajúce sa konflikty v mysli druhého pilota museli byť veľmi silné na to, aby prekonali všetky jeho inštinkty, teoretické a praktické znalosti. Napriek intenzívnym konfliktom v mysli si nikto z jeho okolia nevšimol žiadnu zmenu správania, rovnako ani žiadne náznaky samovražedných úmyslov. Ak sa neprejaví viac starostlivosti a záujmu o duševné zdravie pilotov, verejnosť to neodpustí odborníkom v oblasti duševného zdravia, ktorí pracujú v letectve (Bor, R., 2015).

6.2. EgyptAir

31. október 1999. Let MS990 spoločnosti EgyptAir vzlietol o 01:20 EST z letiska John F. Kennedy (KJFK) v New Yorku (USA). Na pravidelný let 990 do Káhiry (HECA) bol nasadený Boeing 767-366ER s registračnou značkou SU-GAP. Na palube lietadla sa nachádzalo 203 pasažierov a 14 členov posádky vrátane zastupujúcej posádky . Po 20 minútach od vzletu zastupujúci druhý pilot prišiel do kokpitu a vystriedal prvého dôstojníka primárnej posádky. 8 minút po výmene druhých pilotov, v čase 01:48:18 EST, primárny kapitán opustil kokpit. Lietadlo sa nachádzalo v letovej hladine FL330. Podľa FDR zastupujúci druhý pilot manuálne vypol autopilota v čase 01:49:45 EST, ťah motorov nastavil na voľnobeh a lietadlo uviedol do prudkého klesania. Zastupujúci druhý pilot od momentu, kedy bol sám v kokpite až po náraz na vodnú hladinu oceánu, 11-krát vyslovil „spolieham na Boha“ s pokojným tónom v jeho hlase bez žiadneho rozrušenia. Počas prudkého klesania sa podarilo kapitánovi vrátiť späť do kokpitu a snažil sa zabrániť klesaniu pritiahnutím riadidiel. Zastupujúci druhý pilot však riadidlá tlačil vpred, čím spôsoboval klesanie lietadla. Podľa FDR boli oba motory vypnuté v čase medzi 01:50:21 a 01:50:23 EST. Po niekoľkých sekundách bolo nahrávanie zapisovačov FDR a CVR zastavené. Lietadlo sa zrútilo do Atlantického oceánu približne 100 km južne od ostrova Nantucket (Massachusetts, USA). Nehodu nikto neprežil (NTSB, 2002).

Vyšetrovanie vylúčilo technickú chybu lietadla ako príčinu pádu. Pravdepodobnou príčinou nehody podľa vyšetrovateľov z Národnej rady pre bezpečnosť dopravy (NTSB) je zásah zastupujúceho druhého pilota do riadenia. Egyptský letecký úrad (ECAA) vydal stanovisko na záverečnú správu, ktorú vykonala NTSB. ECAA nesúhlasí s výsledkom vyšetrovania a príčinami nehody. Taktiež odmieta obvinenia vznesené voči zastupujúcemu druhému pilotovi (NTSB, 2002).

6.3. Japan airlines

9. februára 1982 havarovalo lietadlo do Tokijského zálivu počas fázy priblíženia na vzletovú a pristávaciu dráhu letiska Haneda v Tokiu. Lietadlo McDonnell Douglas DC-8-61 s registračnou značkou JA8061 vykonávalo vnútroštátny pravidelný let JL350 s odletom z letiska vo Fukuoke (RJFF) do Tokia (RJTT). Nehoda si vyžiadala 24 obetí z 166 pasažierov na palube. Príčinou leteckej nehody bol podľa japonských vyšetrovateľov duševný problém kapitána (Bor, R., 2006).

Posádku lietadla tvoril 35-ročný kapitán, 33-ročný druhý pilot, 48-ročný palubný inžinier a piati palubní sprievodcovia. Po obdržaní povolenia od riadiacich letovej prevádzky posádka lietadla začala klesať z letovej hladiny FL290 do FL160 a následne do výšky 3000ft. Lietadlu bolo povolené ILS priblíženie na dráhu 33R. Počas priblíženia lietadlo kontinuálne klesalo a znižovalo približovaciu rýchlosť až do momentu preletenia výšky rozhodnutia 200ft. Pri dosiahnutí výšky 164ft a rýchlosti 130KIAS kapitán lietadla, ktorý chcel spáchať samovraždu, vypol autopilota, potlačil riadidlá dopredu, čo

spôsobilo veľký uhol sklonu a lietadlo začalo klesať. Na ovládači ťahu motorov nastavil voľnobeh a neskôr presunul ovládač ťahu motora číslo 2 a 3 do pozície spätného ťahu. Druhému pilotovi sa nepodarilo zabrániť v konaní kapitána. Lietadlo narazilo na vodnú hladinu v Tokijskom zálive, približne 510 metrov od prahu dráhy 33R. Konanie kapitána bolo zapríčinené jeho duševným stavom, ktorý nebol v súlade so zdravotnými požiadavkami. Kapitán, ktorý prežil nehodu, bol trestne stíhaný. Neskôr ho súd vyhlásil za nevinného z dôvodu duševnej choroby. Bol hospitalizovaný na psychiatrickom oddelení v Tokiu, kde mu bola diagnostikovaná schizofrénia (Dietrich, A., 2015).

Pri vyšetrovaní bolo zistené, že kapitán v období pred nehodou trpel psychosomatickou poruchou. Rovnako aj v minulosti sa u kapitána vyskytli duševné problémy, kvôli ktorým bol nespôsobilý a mimo službu od novembra 1980 do novembra 1981. Po absolvovaní preskúšania v spoločnosti Japan Airlines pokračoval v lietaní (Dietrich, A., 2015).

6.4. Letecká nehoda na Slovensku

24. apríl 2000. 20-ročný mechanik z aeroklubu v Trenčíne zobral bez povolenia motorový vetroň L 13 SE, s ktorým spáchal samovraždu. Nehoda sa stala neďaleko Trenčína v oblasti nazývanej Zlatovské vinohrady. Dôvodom samovraždy bol podľa neoficiálnych zdrojov rozchod s priateľkou (TASR, 2014).

7. Záver

Hlavným cieľom článku je zhodnotenie problematiky pri posudzovaní duševného zdravia pilotov podľa legislatívnych úprav, ktoré platia pre všetky členské štáty Európskej únie. Napriek nedávnej zmene v nariadení, ktorou sa hodnotí duševné zdravie pilotov, je toto nariadenie stále nedostatočne prísne. Nedôsledné vyšetrenie duševného zdravia pilotov predstavuje ohrozenie bezpečnosti v civilnom letectve a môže viesť k tragickým leteckým udalostiam, ktoré boli v tomto článku analyzované. Vzhľadom na zvyšujúce sa nároky na pilotov a ich psychickú záťaž by posudzovanie psychickej spôsobilosti malo byť samozrejmosťou a súčasťou každého vyšetrenia. Je potrebné zapojiť leteckých a klinických psychológov, lekárov, ale aj širšie okolie pilota, napríklad zamestnávateľa alebo rodinu. Nemala by to byť záležitosť iba jedného vyšetrenia a jedného lekára, ako je tomu dnes. Podceňovanie týchto vyšetrení možno považovať za nebezpečný precedens, ktorý si už vyžiadal niekoľko stoviek ľudských životov. Prijatím správnych opatrení, ktorými sa eliminuje riziko leteckých nehôd, sa zvýši bezpečnosť v civilnom letectve.

Poďakovanie

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

Bor, R. 2015. Andreas Lubitz: an identifiable threat before the psychological autopsy?. In Aviation security international. vol. 21, issue 3, p. 27-31.

Bor, R. Hubbard, T. 2006. Aviation Mental Health: Psycholohical Implications for Air Transportation. Aldershot: Ashgate Publishing Limited, ISBN 0-7546-4371-9.

BUREAU D´ENQUÊTES ET D´ANALYSES POUR LA SÉCURITÉ DE L´AVIATION CIVILE: Rapport final. [online]. Paris. 13. marec 2016. [citované 2020-01-09]. Dostupné na internete: <https://www.bea.aero/uploads/tx_elydbrapports/BEA2015-0125-LR.pdf>

Dietrich, A. 2015. The Suicidal Pilot Who Survived. [online]. [citované 2020-01-11]. Dostupné na internete: https://www.ozy.com/flashback/the-suicidal-pilot-who-survived/41496

EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY: Task Force on Measures Following the Accident of Germanwings Flight 9525. [online]. [citované 2020-01-08] Dostupné na internete: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/air/news/doc/2015-07-17-germanwings-report/germanwings-task-force-final-report.pdf>

Ficová, D. Badánik, B. Novák, A. Novák Sedláčková, A. Turiak, M. 2016. Effects of automation and electronic devices on board aircraft on pilot skills, training requirements and flight safety: Zeszyty naukowe Vyższej szkoły finansów i prawa w Bielsku-Białej, ISSN 2084-1809.

L1 SPÔSOBILOSŤ LETECKÉHO PERSONÁLU [online]. [citované 2020-01-04]. Dostupné na internete: <https://aim.lps.sk/web/index.php?fn=204&lng=sk&sess=1B6bN81GvmNRXAQ80q1LP2d3Viq04veFFDDBIGFF&doc=2344> . ISBN 978-80-89297-05-4.

Nariadenie Komisie (EÚ) č. 1178/2011 z 3. novembra 2011, ktorým sa ustanovujú technické požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa posádky civilného letectva podľa nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD: Aircraft Accident Brief. Washington, D.C. 13. marec 2002.

Novák, A. a Mrázová, M. 2015. Research of physiological factors affecting pilot performance in flight simulation training device. In: Communications : scientific letters of the University of Žilina. - ISSN 1335-4205. - Vol. 17, no. 3 s. 103-107.

Pasha, T. Stokes, P. 2018. Reflecting on the Germanwings Disaster: A Systematic Review of Depression and Suicide in Commercial Airline Pilots. In Frontiers in Psychiatry. vol. 9

Petríková, M. Kandera, B. 2019. Vplyv záťaže pilotov na nehodovosť: Práce a štúdie, Katedra leteckej dopravy, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Žilinská univerzita v Žiline Vol. 5. - 1. ISBN 978-80-554-1563-5

Škultéty, F. 2016. Increasing aviation sefety through the global air navigation system: Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve: Žilinská univerzita, ISBN 978-80-554-1143-9

TASR. 2014. TASR prináša výberovú chronológiu havárií lietadiel na území SR. [online]. 7. september 2014. [citované 2020-01-08]. Dostupné na internete: <https://www.teraz.sk/slovensko/chronologia-letectvo-tragedie/97078-clanok.html>

Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) 2019/27 z 19. decembra 2018, ktorým sa mení nariadenie (EÚ) č. 1178/2011, ktorým sa ustanovujú technické požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa posádky civilného letectva podľa nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/1138

Zákon č. 143/1998 Z. z. Zákon o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov

AIRLINE HUBBING CONCEPTS

Lucia Ševárová
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
luckastevarova@gmail.com

Benedikt Badánik
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
benedikt.badanik@fpedas.uniza.sk

Abstract

New forms of cooperation between airlines have been in place since nineties. Airline alliances have been formed among network carriers. Before, cooperation of airlines was based on bilateral agreements on code-sharing of their flights. For instance, in 1989 KLM and Northwest agreed on large-scale code sharing. Nowadays, three major alliances might be recognized - Star Alliance, SkyTeam and oneworld. Together, they count for two thirds of total number of available seat kilometres. Airlines in alliances benefit from extended network and economies of scope and are prone to gain competitive advantage over the market by being able to offer more O&Ds and multiple routings via their hubs. Furthermore, they might save cost by sharing their capacity, facilities (gates, premium lounges) and equipment with partner airlines. Airline networks are defined by served markets, number of destinations, their configuration and airline business models. There are two concepts of network structures recognised nowadays: Hub and spoke and Point-to-point. This paper offers insights to the Hub and spoke concept. First of all, it examines hubbing concepts in general, it describes detailed aspects that influence passenger connectivity and on top of that it offers different hub airports wave patterns and airline hubbing concepts.

Keywords

Airline hubbing, Passenger connectivity, Hub and spoke

1. Hubbing concept in general

Airline alliances exploit an advantage of developed networks in multiple geographical regions and strategically interconnect them in order to provide seamless travel for passengers and expanded range of O&D. This is especially important in markets where regulation prevents airlines from entering the market or establishment of hub would be ineffective. Hub airports play a critical role in linking together an alliance network, however they have to be coordinated not only on single network basis, but have to incorporate alliance-imposed connectivity (Aguirregabiria, 2010).

In summary, environment in which airlines are established directly influences their operations. The seventies brought many changes to the regulation and airlines had to quickly accommodate to dynamic market and optimize their activities in order to be competitive and profitable. Legislative changes made rapid growth of industry possible, what led to great advantage for passengers that could enjoy bigger variety of flights, better connections and generally more reasonable fares (Tomová & Materna, 2018).

Nowadays, airlines have freedom to decide on entry/exit of routes in their network and system of their operations. Configuration of networks resulted in two major concepts point to point, used mainly by low cost airlines and hub and spoke predominantly adopted and strengthened by network carriers in US and former flag carriers of Europe (Scharpenseel, 2001). In the following chapter, factors influencing connectivity of passengers will be explained and compared, with hub and spoke model in primary focus.

Airline hubs or hub airports are used by one or more airlines to concentrate passenger traffic and flight operations at a given airport. They serve as transfer (or stop-over) points to get passengers to their final destination (Bazargan, 2004). It is part of the hub-and-spoke system. An airline operates flights from several non-hub (spoke) cities to the hub airport, and passengers traveling between spoke cities need to connect through the hub. This paradigm creates economies of scale that allow an airline to serve (via an intermediate connection) city-pairs that could otherwise not be economically served on a non-stop basis (Novák Sedláčková et al., 2014). This system contrasts with the point-to-point model, in which there are no hubs and nonstop flights are instead offered between spoke cities. Hub airports also serve origin and destination (O&D) traffic.

2. Factors influencing connectivity

2.1. Minimum connecting time

Minimum connecting time (MCT) is the least amount of time that is essential in order to connect between two flights. It takes into account the time needed for passenger to connect and baggage to be reloaded. The length of MCTs is different for domestic-to-domestic (DD), domestic-to-international (DI), international-to-domestic (ID) and international-to-international (II) connections. This is due to the need of passing customs control that often takes more time (Hansson et al., 2002). For instance, MCT for domestic-to-domestic connections could be as short as 20 minutes, while for other types of connections 60 minutes.

Generally, it is airport specific. Smaller airports are usually able to offer shorter MCTs. They are able to provide faster connections than big hub airports, mainly because of less complex infrastructure. This may be an advantage for airlines operating from smaller hubs, so that they can offer faster connections (Hansson et al., 2002).

2.2. Maximum connecting time

Regarding competitive hits (number of viable and competitive connections that could be made), it is believed that the connections should be made within the reasonable time-frame. Maximum connecting time (MaxCT) is the time span that limits number of possible connections, however it is not strictly framed (Goaetz et al., 2009). Generally, connecting times exceeding 3 or more hours (depending whether it is connecting continental or intercontinental segments, since 3 hours still may be acceptable for intercontinental connections) are less likely accepted by passengers (Novák et al., 2018). Figure 1 depicts the optimal hit window bounded by necessary time for transfer (MCT) and maximal optimal time for departure, with too late departure (dashed line) being unfavourable.

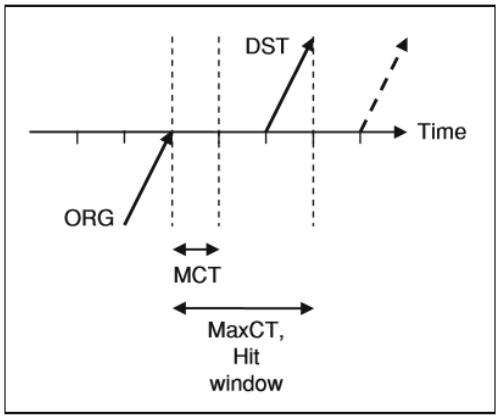


Figure 1: The connection defined by MCT and MaxCT. Source: (Goedeking, 2010).

Since the introduction of global distribution systems (GDS) such as Amadeus or Sabre there has been emphasis put on the reduction of connecting time since these distribution systems count fastest time elapsed for the full itinerary, including transfer. Therefore, connections with shorter elapsed time appear on the top as the most attractive. While, itineraries with long elapsed times are ranked relatively low. Kraus and Koch (2006) say that nearly 90% of bookings are made from the first page of GDS. Airlines that are not able to provide quick and seamless connections, with transfer in optimal time frame, are likely to lose competitive advantage in the market what may result in loss of revenues (Danesi, 2006).

2.3. Turnaround time

The time needed for an aircraft between arrival and another departure is called turnaround time (TAT). It is the time frame from the moment when aircraft parks at the gate "on blocks" until it is pushed back from the gate "off blocks". The length of the turnaround time depends on the aircraft deployed, airport and airline. Generally, short/medium haul aircraft requires shorter turnaround times than long-haul wide-bodies. Also turns are faster at outstations, while at base some light maintenance may be performed (Burghouwt, 2007). Airlines strive to minimise turnaround times since the time when aircraft is not flying is considered as non-productive time. By minimizing turnaround times airlines increase efficiency, as well as aircraft and airport assets utilisation, which results in significant cost savings. Sometimes by reducing turnaround times, it may be caused that an aircraft is able to make more rotations per day (Figure 2).

2.4. Temporal design of bank

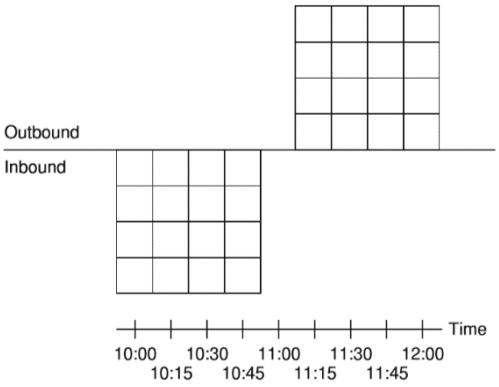


Figure 2: Illustration of inbound and outbound banks. Source: (Goedeking, 2010).

First of all, it is essential to make a distinction between banks and waves. It is frequently assumed that they mean the same thing, however banks are temporal assemblies of flights and they can either be referred to as inbound/outbound or feeder/de-feeder, as well. Usually, arrival/departure patterns at the airports are banked but not necessarily waved. Wave is a combination of inbound bank and corresponding outbound bank, which is separated from other waves by periods of reduced activity (Dennis, 2000). Figure 3 provides schematic illustration of two banks, where each square represents one flight. Inbound as well as outbound bank lasts for 45 minutes. Assuming MCT to be 30 minutes, the time of outbound bank should be shifted by 30 minutes after the arrival of last aircraft of the inbound bank. This would create an ideal wave, reaching maximum number of feasible connections. Note that the first arriving aircraft at 10 o´clock connecting to the last outbound flight at 12 o´clock has a connecting time window of 120 minutes duration which is still regarded as competitive, while the quickest connection lasts for 30 minutes.

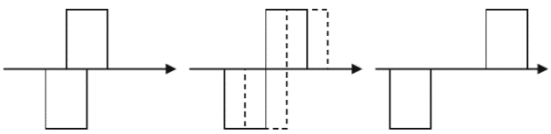


Figure 3: Types of bank. Source: (Goedeking, 2010).

2.5. Directionality of hubs

The wave pattern where one particular direction of inbound flights is prevailing and corresponding outbound bank fits its counter-direction is important driver of connectivity. So the connectivity is negatively affected with increasing number of directions.

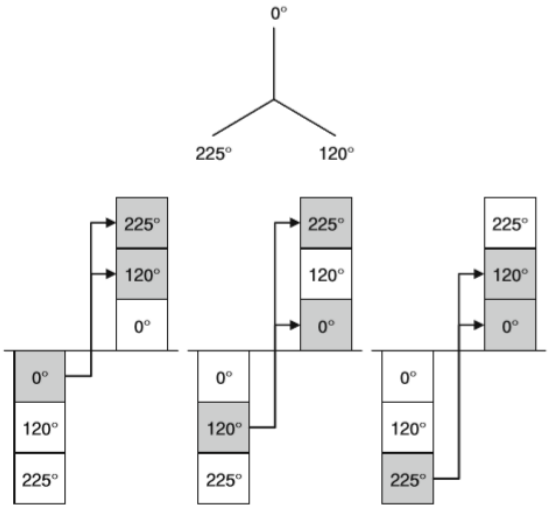


Figure 4: Connectivity constrained with directionality. Source: (Goedeking, 2010).

Figure 4 shows a central airport with three prevailing courses of traffic. Banks consist of inbound traffic from one direction out of three, which connect to remaining two directions. However, this cuts down number of viable hits by 2/3. The issue is relevant when an airport serves multiple directions and should be taken into account when timing flights within banks.

3. Hub airports wave patterns

Bazargan (2004) recognises three distinct categories of hub airports.

3.1.1. Random hubs

These hubs show no peaked banks in their overall patterns but appear flat and structures that are created are random. The timing of the flights is not optimized for connectivity but for other operational reasons, such as rotational patterns of the aircraft, fleet and staff utilisation. The connections that occur are secondary by-product of the timing of flights. These hubs may be predominantly found in LCCs networks (Cook et al., 2008).

3.1.2. Rolling hubs

By the appearance they seem similar to the random hubs however their structure is intentionally de-peaked and the timing is optimized for connectivity. Bank structures are still present however they are not obvious from the pattern, since flights from peak periods were shifted to periods with reduced activity. So banks follow each other immediately what creates continuous hub. Usually, only airports that have reached certain volume of traffic and are well established, serving both short-haul and long-haul routes are able to incorporate continuous pattern at their hubs (M2P Consulting, 2015). On the other hand, airlines facing airport capacity constraints such as British Airways at London Heathrow, which is only two runway airport tend to adopt rolling hub structures.

3.1.3. Spiked waved hubs

In the overall pattern of these hubs a number of distinct waves that are separated by periods of reduced activity are present. These enhance connectivity and number of possible hits. However, they may impose high demand on infrastructure capacity and may prevent robustness of the schedule, where disruption may have enormous impact on the rest of the network.

The other consideration for waved structures is the number of waves. Each airline applies different approach to how many waves it operates. This is especially determined by the average sector length of the routes they fly. For a typical European airport where majority of sector length is within 3 hours airlines may incorporate up to 5 or 6 waves in their pattern, while an airport in Middle East serving long-haul to long-haul transfer traffic can support no more than four waves during the day.

3.1.4. Consequences of wave structures

M2P Consulting (2015) provides comprehensive understanding of how changes in bank design influence four major aspects of hub operations such as connection quality, number of hits, fleet productivity and infrastructure utilisation. (Figure 5)

		Connection quality	Number of hits	Fleet productivity	Hub infrastructure utilisation
Number of banks		↑	↓	↑	↓
Length of banks		↓	↑	↑	↓
Height of banks		↑	↓	↓	↑
Overlap		↑	↓	↑	↑

Figure 5: Characteristics of bank design and its influence on other factors. Source: (M2P Consulting, 2015).

4. Airline hubbing concepts

4.1. Methodology

The previous study of the problem reveals the fact that there is no same hub airport. Each one of them has a certain characteristics and unique wave pattern that is related to its geographical location, O&D flows, airlines operating at this airport as well as market specifications.

Regarding hub performance there are three key aspects that determine overall bank structure (Bieger et al., 2015):

Network structure – connectivity of routes within hub, number of O&Ds, convenience of transfer

Efficient use of fleet and infrastructure – high productivity (for the fleet output expressed in block hours)

Stable operations – amount of time critical connections, recovery from delays

The purpose of this chapter is to offer a simple airline benchmarking and their hub and spoke operations at their hubs. It explains methods that were used in order to assess banked structures of airlines at their respective airports. It provides information on sources of the data as well as methodology that was used in order to analyse this information.

Three European, three American airlines and one Middle East carrier were selected for the analysis of their networks. These airlines were selected in order to represent three important and well developed regions in the world regarding connecting traffic. Furthermore, the basis was placed upon selecting carriers with

well-established networks and those that are the major players both in their regions and worldwide. International Air Transport Association (2017) suggests that all selected airlines are in top ten world airlines in terms of operating revenue.

Official Airline Guide (2017) issued World Mega hubs international index, which lists the most interconnected airports in the world. This index ranks the airports according to the highest ratio of possible scheduled international connections to the number of destinations served by the airport. Top airports are LHR, FRA, AMS and ORD. ATL is ranked at 8th position, DXB at 20th concluding with DFW at 27th. Our analysis will focus on specific airlines operating at selected airports.

Region	Airline	Alliance
Europe	British Airways	oneworld
	KLM	Skyteam
	Lufthansa	Star Alliance
United States of America	American Airlines	oneworld
	Delta Air Lines	Skyteam
	United Airlines	Star Alliance
Middle East	Emirates	none

Figure 6: Carriers selected for analysis. Source: Compiled by Authors.

Additionally, selection was made in order to choose airlines that are part of one of three airline alliances or they are not members of any alliance. Figure 6 depicts European and American carriers that are part of different alliances, Emirates not member of any alliance.

Information on their schedules were gained from CAPA – Centre for Aviation. Data were provided in hourly movements where arrivals and departures were given separately. The day selected for the analysis was Monday, 26th of March 2018 as Mondays are generally one of the busiest days of the week.

Furthermore, data regarding network size and directionality were gained from sites openflights.org and gcmap.com.

4.2. Criteria of the analysis

4.2.1. Number of theoretical hits

The number of possible connection within 5-hour window of the current schedules was researched. Minimum connecting time was established at 60 minutes, which is usually standard for international connections and maximum connecting time was limited to max. 6 hours after the arrival. Therefore, a window of 5 hours for connection was created. This is rather restrictive, especially for connections where both sectors are long-haul, however it enhances attractiveness of the connection. It is considered optimal for the purpose of this study (three hours, is too short for this analysis since it would not cover the length of the banks). The number of feasible hits was calculated as follows:

Number of hits = Number of arrivals * Number of departures

Number of arriving flights was paired with all departing flights within the 5-hour connection window. Then numbers of total hits were calculated. This provided rough estimation of the number of potential hits.

Following features were observed from the layout of daily movements:

4.2.2. Number of waves

The banking structures are observed from the overall layout of graphs depicted in figures.

4.2.3. Length of individual banks

The average duration of bank is assessed.

4.2.4. Number of flights in peak hours of banks

Number of flights in peak hour defines the height of the bank.

4.2.5. Overlap

Is the overlap present in the structures or not?

4.2.6. Directional flows

Diagram with directional flows was assessed as well as main flows in it.

Three biggest American carriers have significantly higher volume of flights when compared to the European carriers or to Emirates. When it comes to number of scheduled flights a day, Delta sits at the top (counting for up to 2400 movements per day). British Airways is the only carrier that completely incorporated rolling hub strategy and there are no waves present in their pattern. Lufthansa, United Airlines and Emirates operate patterns with four waves, KLM as well as Delta operate five waves with smaller volume of traffic than LH and UA. The only airline that has more than five waves is American Airlines. However, correlation between number of waves and volume of traffic was not found out. Therefore, the number of waves does not influence volume of traffic. It is rather up to the airline and its scheduling strategies or constraints.

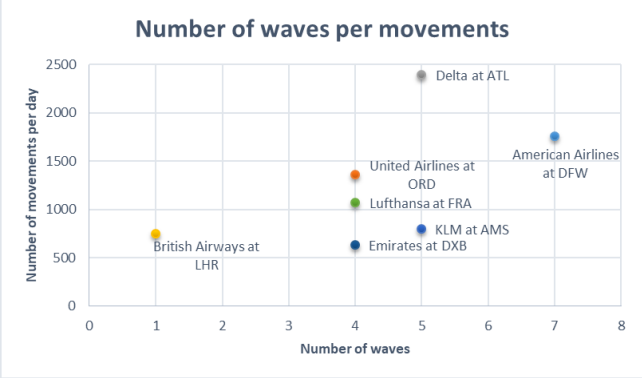


Figure 7: Number of waves to the number of movements for airlines. Compiled by Authors, based on data CAPA data.

4.3. Airline benchmarking

The main criterion for airline benchmarking is the theoretical number of feasible hits in window of 5 hours, which were calculated from the data of hourly movements. Since the number of movements is provided per hour (and not in smaller time frame) the Figure 8 provides just rough calculation of hits per arrival. The accuracy is compromised since the exact timing of the flights is not known.

In this case, connectivity is measured by number of hits per inbound flight (CAPA, 2018). It gives number of flights to which one arriving flight is able to connect. This result was gained by computation in which total possible hits were divided by number of arrivals.

Results show that number of hits per arrival is linked to the volume of traffic, so the more flights an airline operates the more hits are created. Delta has leading position with its 315 hits per one inbound flight in time window of 5 hours, followed by other airlines.

Airline	Arrivals	Departures	Daily number of hits within 5 hour window	Average Number of hits per arrival in 5 hours	Ranking
American Airlines at DFW	875	881	209517	239	2
Delta Air Lines at ATL	1203	1186	378388	315	1
United Airlines at ORD	688	673	116697	170	3
British Airways at LHR	370	376	34176	92	6
KLM at AMS	407	391	43885	108	5
Lufthansa at FRA	537	530	76361	142	4
Emirates at DXB	307	321	25986	85	7

Figure 8: Average number of hits per arrivals. Compiled by Authors based on CAPA data.

4.3.1. European Carriers

Sample of three European carriers shows presence of two patterns, either waved structure or flat. Both Lufthansa and KLM operate waved structures at their hubs with 4 and 5 daily waves, respectively (see Figure 9). Waves of European carriers are less steeply spiked and tend to last for few hours. Both carriers have in common that number of departures is maintained at certain level – around 20 throughout the day.

Lufthansa´s banks are wider and larger and its departure peaks consist of about 50 outbound movements and it falls to around 20 (in the off-peak period). But it is not completely reduced. Exception is the period prior to the last peak, where activity is very low. The same applies to arrivals, where off-peak levels stay at 20 flights per hour, and afternoon peaks are very strong with 60 flight per hour. KLM, which has lower number of flights, schedules 40 outbound flights per hour during peaks.

As per arrivals, morning and evening peaks are dominant with 60 inbound movements. Mid-day peaks are smaller in size and length. Likewise, Lufthansa, has considerable level of traffic in off-peak hours - slightly higher in number of departures. Overlap is partly present, where inbound bank overlaps with its respective outbound bank. This lead to a reduction of potential connections as some flights may not be able to make connection.

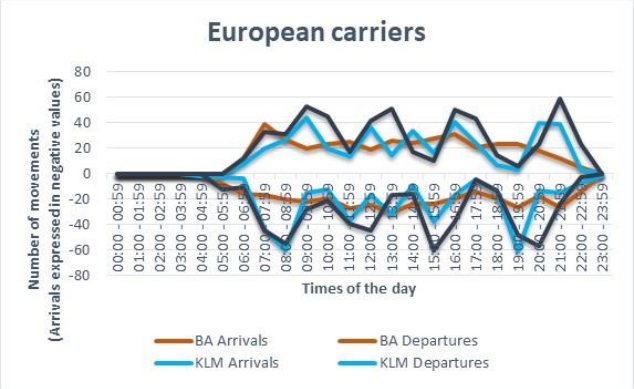


Figure 9: Wave patterns of European carriers. Compiled by Authors based on CAPA data.

British Airways adopted flat structure at its London Heathrow hub – it has evenly distributed flights and no spikes are present. Main cause for it is capacity constraint at this airport which has only two runways. In the morning peak, number of flights reaches 40 and then decreases to 20 and stays between 20 to 30/hour.

References

Aguirregabiria, C. H. V., 2010. A dynamic game of airline network competition: Hub-and-spoke networks, no. 28, pp. 377-382

Bazargan, M. 2004. Airline Operations and Scheduling', Ashgate Publishing Limited

Bieger, T. et al. 2015. Airline Strategy from Network Management to Business Models.

Burghouwt, G. 2007. Airline Network Development in Europe and its Implications for Airport Planning, Ashgate Publishing Limited

Cook, N. et al. 2008. Airline Networks: A Comparison of Hub-and-Spoke and Point-to-Point Systems. Journal of Aviation, Aerospace Education and Research.

Danesi, 2006. Measuring airline hub timetable co-ordination and connectivity: definition of a new index and application to a sample of European hubs. European Transport, pp. 54-74

Dennis, N. 2000. Scheduling issues and network strategies for international airline alliances. Journal of Air Transport Management

Goedeking, P. 2010. Networks in Aviation, Strategies and structures.

Goetz, R. et al. 2009. The good, the bad and the ugly: 30 years of US airline deregulation, Elsevier.

Hansson, T. et al. 2002. Strategy+Business, Available at: https://www.strategybusiness.com/article/22462?gko=762bb. (Accessed 13 January 2018).

IATA, 2017. WATS World Air Transport Statistics.

Kraus et al. 2006. The opportunities and threads of turning airports into hubs.

M2P Consulting, 2015. Hub Structures – How Airlines bank their hubs around the world.

Novák Sedláčková, A. et al. 2014. Comparison of selected global airline alliances indices, Logistyka: artykuly recenzowane.

Novák, A. 2018. Brief economic analysis and comparison of Turkish Airlines, Lufthansa Group, Air France - KLM, Technika, eksploatacja, systemy transportowe pp. 888-893.

OAG, 2017. OAG Megahubs International Index 2017.

Scharpensseel, M. F. 2001. Consequences of EU Airline Deregulation in the context of global aviation market, Northwestern Journal of International Law and Business, Issue 1.

Tomová, A. and Materna, M. 2018. Miscellaneous "modi vivendi" of regional and network airlines: the tracks for future research. INAIR 2018 conference: Aviation on the Growth Path, Elsevier, pp. 305-314

FAILURE RATE ANALYSIS IN AIRCRAFT MAINTENANCE PROCEDURES

ANALÝZA INTENZITY PORÚCH V POSTUPOCH ÚDRŽBY LIETADIEL

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

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

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

Abstract

An aircraft is a complex object composed of many complicated and interrelated parts, components and systems. Reliability of all parts and systems is very important to aircraft because operation of aircraft can affect flight safe directly. Aircraft failure rate is an important parameter of aircraft operation to maintain the effective level of reliability. The failure rate is the probability of failure at a point in time. When a part, component or system is not functional it can be upgraded through replacement or repair, and the condition of the aircraft is restored to some degree. We can defined several approaches to aircraft maintenance. There are maintenance can be based on condition, which is, items are repaired when they fail. Failure during operation can have serious consequences, so detection of items with a high probability of failure through periodic inspection is a major component of maintenance. This paper analyses how we can define the aircraft failure rate and its impact on operational reliability of aircraft.

Keywords

Failure rate, Reliability, Aircraft Maintenance, Safety.

1. Úvod

Zaistenie bezpečnej prevádzky a spoľahlivosti lietadlovej techniky priamo závisí od úrovne jej prevádzkovej spoľahlivosti, čo priamo súvisí s kvalitou systému údržby lietadlového parku, ale aj kvalitou technického personálu. Tento článok sa zaoberá práve riešením otázok spoľahlivosti lietadlovej techniky. Priebežné vyhodnocovanie kvantitatívnych ukazovateľov spoľahlivosti je v letectve nevyhnutnou a životne dôležitou podmienkou. Lietadlo po zaradení do prevádzky vyžaduje odbornú starostlivosť, pretože je určitým spôsobom opotrebovávaná a dochádza k následnej degradácii. Na zaistenie a prípravu lietadlovej techniky na výkon svojej funkcie je dôležitá technická údržba. To znamená, že jej úlohou je aj zaistenie vysokej úrovne spoľahlivosti lietadlovej techniky v prevádzke. Riešenie otázok spoľahlivosti pomáha priaznivo ovplyvňovať metódy údržby lietadlovej techniky. Z toho dôvodu je potrebné čo najefektívnejšie realizovať zber informácií exaktne špecifikované príslušným predpisom.

Jedným z faktorov pre zaistenie bezpečnosti leteckej prevádzky je sledovanie a udržiavanie požadovanej spôsobilosti lietadiel, čo priamo závisí od úrovne jej prevádzkovej spoľahlivosti. Negatívna zmena prevádzkových parametrov a s tým spojené znižovanie spoľahlivosti dopravného prostriedku - lietadla vyvoláva potrebu čiastočného alebo úplného obnovovania parametrov a samozrejme v procese prevádzky znižovania opotrebovania na čo najnižšiu možnú mieru. A práve tieto úlohy musí zabezpečovať systém technickej údržby a opráv, ktorý je nenahraditeľnou súčasťou prevádzky lietadlovej techniky. Kvalita systému technickej údržby priamo ovplyvňuje stupeň využitia týchto prostriedkov, spoľahlivosť, bezpečnosť a ekonomickú efektívnosť. Leteckí odborníci na sa dlhodobo zaoberajú problémom hľadania a zavádzania efektívnych programov technickej obsluhy, údržby a opráv lietadlovej techniky. Aktuálnosť tohoto problému vzrástla hlavne za posledné roky. Je to spôsobené tým, že zvyšovanie zložitosti konštrukcie lietadlovej techniky, požiadaviek na bezpečnosť a pravidelnosť letov významne zvyšuje náklady na vývoj a výrobu lietadiel, pohonných jednotiek, vybavenia, a tak isto aj samotné náklady na vykonávanie údržbového procesu.

2. Analýza riešenej problematiky

2.1. Systém údržby ako súčasť prevádzkovej spoľahlivosti

Účelom systému údržby je aktívne riadenie technického stavu lietadiel počas ich prevádzky, ktorý umožňuje zabezpečiť legislatívnu úroveň spoľahlivosti k plneniu úlohy, prevádzkyschopnosť, minimálne časové straty a minimálne vynaložené náklady na údržbu a prípadné opravy.

Prevádzková spoľahlivosť je jedným z najdôležitejších znakov kvality výrobku a vyjadruje jeho schopnosť zachovať funkčné vlastnosti v danom čase v určených prevádzkových podmienkach. Hypoteticky možno dosiahnuť neobmedzene vysokú spoľahlivosť, ale pri neprimerane vysokých obstarávacích nákladoch. Treba preto hľadať optimum spoľahlivosti vzhľadom na celkové náklady (Novák & Žáčik, 2016). V letectve sú samozrejme prvoradé aspekty bezpečnosti a spoľahlivosti prevádzky lietadiel, no v súčasnej dobe sú nemenej dôležité aj ekonomické aspekty. Z toho dôvodu je potrebné pri zabezpečení spoľahlivosti rôznych systémov a podsystémov brať do úvahy aj sekundárne dopady leteckej prevádzky (Novák Sedláčková et al., 2018).

2.2. Prístupy v systéme údržby lietadiel

Jedným zo základných predpokladov teórie údržby vždy bolo, že existuje blízky vzťah príčiny a následku medzi plánovanou údržbou a prevádzkovou spoľahlivosťou. Tento predpoklad bol založený na intuitívnom presvedčení, pretože mechanické časti sa opotrebovávajú a spoľahlivosť ktoréhokoľvek zariadenia je priamo súvisiaca s prevádzkovým vekom. Preto sa riadilo tým, že

čím frekventovanejšie bolo zariadenie dôkladne skontrolované, tým lepšie bolo chránené proti pravdepodobnosti, že sa vyskytne porucha (Škultéty et al., 2018). Jediným problémom bolo stanovenie hraničnej hodnoty veku potrebného k zaisteniu spoľahlivej prevádzky. Preto bolo nevyhnutné zavádzať nové moderné prístupy k údržbe využitím rôznych prístupov, ako systémových, technických, technologických a organizačných postupov (Pecho & Bugaj, 2018). V súčasnosti existujú široké možnosti sledovania prevádzkovej spoľahlivosti v systémoch údržby lietadiel.

3. Modely údržbových procesov

3.1. Systémy údržby lietadiel

V súčasnej dobe sa najčastejšie stretávame s týmito metódami systémov údržby:

I. Údržba na základe pevne stanovených časových intervalov - je účelná len v prípade, ak je možné jednoznačne popísať mechanizmus vzniku poruchy ako funkciu času. Aj napriek tomu, že podľa najnovšieho stavu poznatkov a skúsenosti metóda nie je vhodná pre komplexné a zložité zariadenia, kde je časovo náročná výmena jednotlivých častí, používa sa predovšetkým tam, kde nie je možné definovať mechanizmus opotrebovania technického objektu. Spomínaný spôsob údržby je síce dostatočne bezpečný a spoľahlivý, ale nákladný.

II. Údržba na základe skutočného technického stavu zariadenia - Za predpokladu, že sú známe parametre mechanizmu vzniku poškodenia technického zariadenia je možné pomocou prognostických metód stanoviť správny moment pre realizovanie plánovaného technického prestoja za účelom vykonania potrebných údržbárskych činností. Počet porúch je možné pomocou zavedenie údržby na základe skutočného technického stavu a metódy diagnostikovania zariadenia podstatne znížiť, t.j. je možné splniť kritérium „dosiahnutia maximálnej životnosti objektu pri minimalizácií ekonomických strát v dôsledku vzniku poruchy “. Hlavným problémom tohto princípu je nájsť vhodné prostriedky pre diagnostiku reálneho stavu konkrétneho agregátu a správne určiť situáciu, kedy je potrebné a účelne vykonať jeho údržbu.

III. Údržba po poruche - metóda sa nepoužíva len vtedy, keď dôjde k poruche zariadenia, ale aj vtedy, keď sa objavia príznaky poškodenia objektu napr. existencia únavovej trhliny na konštrukcii, ktoré nie sú v rozmedzí dovolených hodnôt. Hlavná výhoda tejto metódy sú predovšetkým nízke náklady na údržbu, avšak použitie tejto metódy je možné len u takých zariadení, ktorých porucha nespôsobí ďalšie vážnejšie poruchy a prestoje.

IV. Úprava vlastnej konštrukcie - vylúčenie príčiny vzniku negatívneho javu formou preventívnych postupov. Vysoké straty, spôsobené poruchou zariadenia sú určujúcou veličinou pre rozsah a obsah konštrukčných zmien. Pri tomto postupe je však nutné vykonať podrobné analýzy ekonomickej efektívnosti vykonaných úprav vzhľadom na možnosť výhodnejšieho nákupu nového zariadenia a je potrebné prihliadať na bezpečnostné a prevádzkové predpisy.

3.2. Modely porúch

Zmena technického stavu objektu je objektívny proces, ktorý sa tvorí pod vplyvom širokého spektra prevádzkových faktorov a predstavuje v čase postupnú následnosť bezporuchových, poruchových ale prevádzkyschopných a prevádzky neschopných stavov. (Čerňan et al., 2019). Pre množinu rovnakých objektov zmeny parametra η v čase vytvárajú náhodnú funkciu η (t). Porucha objektu nastáva v momente T, kedy sa pretína proces realizácie η(t) s medznou úrovňou η**. Vtedy pravdepodobnosť poruchy Q(t) za čas t bude rovná pravdepodobnosti, že:

$$\eta(t) > \eta^{**} \tag{1}$$

$$Q(t) = P\{T < t\} = P\{\eta(T) > \eta^{**} \tag{2}$$

a pravdepodobnosť bezporuchovej prevádzky v čase:

$$\mathrm{R(t)} = \mathrm{P\{T > t\}} = \mathrm{P\{\eta\,(T) < \eta^{**}\}} \tag{3}$$

Pre hustotu rozdelenia doby bezporuchovej činnosti f(t) a prípustnú pravdepodobnosť poruchy Qp určeného časového intervalu do opravy Tp sa vyjadruje zo vzťahu:

$$Q_P \geq \int_0^{T_P} f(t)dt \tag{4}$$

Vtedy stredná doba M do výmeny objektu a uplynutí určeného časového intervalu do opravy a za predpokladu výmeny objektov po poruche:

$$M = \int_0^{T_P} R(t)dt \tag{5}$$

V prípade, že vymeníme všetky objekty po poruche, je určený stredný časový interval do opravy:

$$T_{SR} = \int_0^{\infty} R(t)dt \tag{6}$$

Teda absolútna veličina strednej doby nevyčerpaného určeného časového intervalu do opravy pri výmene objektu po vyčerpaní životnosti:

$$\Delta T = T_{SR} - M = \int_{T_P}^{\infty} R(t)dt \tag{7}$$

Potom pomerná veličina strednej doby nevyužitia určeného časového intervalu do opravy:

$$\rho = \frac{\Delta T}{T_{SR}} = \frac{\int_{T_P}^{0} R(t)dt}{\int_0^{\infty} R(t)dt} \tag{8}$$

Pokiaľ využijeme vzťah z teórie pravdepodobnosti:

$$\rho = (t_\alpha \sigma) / T_{SR} = t_\alpha V(T) \quad (9)$$

kde

σ - stredná kvadratická odchýlka,

V(T) - variačný koeficient,

tα - kvantil rozdelenia.

Rozsah zmeny variačného koeficienta je pre normálne rozdelenie:

V(T) = 0,1 - 0,3 preto ρ = 3 (0,1 - 0,3) = 0,3 - 0,9 , ΔT = ρ . TSR = (0,3 - 0,9) TSR. Preto využitie metódy výmeny objektov po skončení určeného časového intervalu do opravy pri vysokých požiadavkách na ich bezporuchovosť má za následok významné nevyužitie individuálnych určeného časového intervalu do opravy u väčšiny objektov. Určenie relevantných charakteristík spoľahlivosti lietadlovej techniky v prevádzke je nevyhnutnou podmienkou na posúdenie výslednej úrovne bezpečnosti. (Novák, et al., 2017).

4. Záver

Hlavným účelom systému údržby je riadenie technického stavu lietadlovej techniky počas ich prevádzky, ktoré umožňuje zabezpečiť požadovanú úroveň spoľahlivosti k plneniu úloh, prevádzkyschopnosť, minimálne časové straty a minimálne vynaložené náklady a úsilie na údržbu a opravy. Prevádzková spoľahlivosť je jedným z najdôležitejších znakov kvality. Vyjadruje jeho schopnosť zachovať funkčné vlastnosti v danom čase v určených prevádzkových podmienkach. Hypoteticky možno dosiahnuť neobmedzene vysokú spoľahlivosť, ale pri neprimerane vysokých obstarávacích a prevádzkových nákladoch. Je potrebné preto stanoviť optimum spoľahlivosti vzhľadom na celkové náklady na prevádzku lietadiel. Na určenie úrovne prevádzkovej spoľahlivosti je nutné priebežne analyzovať získané dáta z vlastnej letovej prevádzky a následne ich spracovať, aby boli splnené príslušné požiadavky, ktoré sú určené autoritatívne predpisom. Po následnej analýze získaných informácií z prevádzky (napr. parametre poruchovosti) môžeme zefektívniť systém technickej údržby lietadiel. Dôležitou osobitosťou stratégie údržby a opráv kontrolou úrovne spoľahlivosti je jej výskumné smerovanie, ktoré orientuje letecké spoločnosti k pravdivému ohodnoteniu vhodnosti lietadla k bezpečnej a ekonomickej prevádzke. Na základe získaných ohodnotení sa uskutočňuje pre túto stratégiu jediný spôsob riadenia spoľahlivosti cestou realizácie opatrení pôsobiacich na celý park prevádzkovaných lietadiel daného typu.

Uplatnenie stratégie údržby kontrolou úrovne spoľahlivosti výrobkov sa musí vykonať s uvážením ich prevádzkových vlastností, charakteristík spoľahlivosti a tiež reálnych možností splnenia vyššie uvedených cieľov.

Referencie

Čerňan et al., J., 2019. Fatigue stress analysis of the DV-2 engine turbine disk. Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Issue 4, pp. 708-716.

Novák Sedláčková et al., A., 2018. Continual Monitoring of Precision of Aerial Transport Object. s.l., s.n., pp. 30-35.

Novák, A., Janovec, M. & Havel, K., 2017. Measuring and testing the instrument landing system at the airport Zilina. Hainburg, Elsevier, pp. 117-126.

Novák, A. & Žáčik, N., 2016. Traditional promotion activities. TTS - Technika Transportu Szynowego, Issue 12.

Pecho, P. & Bugaj, M., 2018. Vibration fault detection of fuel pump using Recurrence Quantification Analysis. s.l., Hamburg Elsevier, pp. 279-286.

Škultéty et al., F., 2018. Pre-flight inspections of aircraft emergency equipmentvia RFID. s.l., Hamburg Elsevier, pp. 279-286.

FMEA ANALYSIS OF AUTOMATIC RESCUE PARASCHUTE SYSTEM FOR CIVIL AVIATION

FMEA ANALÝZA SAMOČINNÝCH ZÁCHRANNÝCH PADÁKOVÝCH SYSTÉMOV V CIVILNOM LETECTVE

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

Miroslava Gáborová
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
mima.gaborova@gmail.com

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

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

Abstract

The article analyzes the topic of rescue parachute systems, with a focus on pilot parachutes used by civic aviation pilots in emergency situations. The work is in addition to pilot parachutes, focused and most ballistic rescue systems for aircraft and firing parachute systems, which fulfill an equally important role in aviation. The issue was analyzed by FMEA analysis, which was applied to the automatic rescue system. The outcome of this study is the evaluation criteria of current technical systems to reduce the risk number "R". For each of the safety enhancement solutions, the article contains a separate proposal for technical improvements that are suitable for implementation in practice. Such solutions ultimately represent an increase in civil aviation safety as such.

Keywords

FMEA, Rescue parachute system, Automatic activation device, Parachute, Aircraft

1. Úvod

Osobné záchranné padáky sú od začiatku vývoja najpoužívanejším spôsobom pre záchranu pilota alebo iného člena posádky počas núdzovej situácie vyžadujúcej opustenie lietadla. Najdôležitejšie parametre, ktoré musia tieto padáky spĺňať sú spoľahlivosť, nenáročná obsluha a komfort aj počas dlhých letov, ktorý zabezpečuje pilotovi úplnú voľnosť pohybu. Ich hlavnou výhodou sú malé rozmery a kompatibilita so sedadlami takmer vo všetkých druhoch lietadiel. Umiestnenie padáku sa využíva chrbtové, sedacie alebo prsné. Každý záchranný padák musí po stránke vývoja, výroby a overovania vyhovovať požiadavkám Európskeho technického normalizačného príkazu ETSO (European Technical Standard Order) C23 „Personnel parachute assemblies" a normy SAE (Society of Automotive Engineers) AS8015 "Minimum performance standards for personnel parachute assemblies and components" (Tencer, 2000).

Ak sa pilot rozhodne použiť záchranný padák, prvým krokom je odpútanie od sedadla a následné otvorenie dverí/krytu kabíny. V prípade väčších lietadiel je potrebný presun a otvorenie prevádzkového alebo núdzového otvoru lietadla. Následne je potrebné vykonať opustenie lietadla (Nedelka, 1998).

Celková doba nevyhnutná pri núdzovom opustení lietadla je 5 - 9 s. Tento čas je súčtom jednotlivých krokov, ktoré pilot vykonáva v krízovej situácii. Každý z týchto krokov, ktoré je sa často odvíja od skúseností a psychického stavu pilota.

1. Rozhodnutie – cca 1 s, zahŕňa zistenie a vyhodnotenie danej situácie za krízovú, túto fázu ovplyvňujú mnohé faktory súvisiace so vznikom a typom krízovej situácie, dôležitý je tu reakčný čas pilota.
2. Zlepšenie podmienok pre výskok, zmenou výšky alebo rýchlosti, je závislé najmä od ovládateľnosti lietadla, a nie vždy je možné. V prípade optimálnych podmienok na opustenie lietadla sa teda tento časový úsek neuvažuje.
3. Vytvorenie otvoru pre výskok – cca 2 - 3 s, závisí od systému otvárania v danom lietadle, môže zahŕňať odblokovanie, odomknutie, otvorenie, nadvihnutie a strhnutie prúdom vzduchu alebo vytlačenie a vyhodenie (napr. dverí).
4. Odpútanie – cca 1-2 s.
5. Presun k miestu výskoku – neuvažuje sa vždy, ale len v určitých typoch lietadiel a môže značne predĺžiť a skomplikovať núdzové opustenie.
6. Zaujatie polohy a výskok – 1-2 s, táto fáza zvyčajne zahŕňa hlboký nádych.

Bezpečnosť použitia záchranného padáku závisí od viacerých faktorov. Dôležitým parametrom je výška, v ktorej je padák aktivovaný. Počas nafúknutia padáku dochádza ku strate výšky, ktorú je nutné brať do úvahy. Na základe normy SAE AS8015 je pre konštrukciu záchranných padákov stanovená maximálna strata výšky od momentu otvorenia obalu do otvorenia vrchlíka 91,5 m. Pri súčasných padákových technológiách sa strata výšky pohybuje medzi 50 - 70 m. Po nafúknutí obálky padáku je však vertikálna rýchlosť stále príliš veľká na pristátie, cca 10 – 15 m.s-1. Preto treba k tejto výške prirátať ešte stratu výšky, potrebnú na stabilizáciu a zabrzdenie záchranného padáku na rýchlosť okolo 5 m.s-1. Na tento úkon sú potrebné minimálne 2 s.

Dobu potrebnú na použitie padáku definuje ďalej aj vertikálna a horizontálna rýchlosť letu lietadla a poloha lietadla v momente aktivácie. Pri vodorovnom lete (priamočiaro alebo na chrbte) je opustenie lietadla najrýchlejšie a najjednoduchšie. V prípade nekontrolovanej trajektórie počas pádu lietadla sa zvyšuje

pôsobenie odstredivých síl pôsobiacich na pilota. Ich pôsobenie zvyčajne sťažuje pilotovi vykonanie výskoku, no v určitých prípadoch môže mať aj kladný vplyv a zjednodušiť opustenie lietadla (Kaľavský, 2018).

2. Automatické aktivačné prístroje využívané v parašutizme

V súčasnej dobe, kedy je trend vývoja nových technológii, sa aj výrobcovia záchranných zariadení snažia o inovácie v tomto odvetví. Za obdobie posledných pár rokov, sa inovácie odzrkadľujú napríklad práve vybavením pilotných záchranných padákov automatickými aktivačnými zariadeniami. Takýto prístroj vyvinula, a do svojich záchranných padákov typu ATL aj implementovala česká firma MarS a.s.. Ako voliteľnú súčasť pilotných padákov ponúka prístroj PILOT MPAAD (Obrázok 5). Tento prístroj má za úlohu aktivovať osobný záchranný padák, na základe vopred nastavených hodnôt výšky a pádovej rýchlosti. Jeho hlavnou výhodou je, že skracuje dobu od opustenia kabíny po nahmatanie uvoľňovača a otvorenie padáku. Práve v prípade núdzového opustenia lietadla, je obzvlášť dôležité znížiť stratu výšky počas tohto úkonu na minimum. Využívanie a nákup záchranných padákov už so zabudovaným prístrojom MPAAD, je v súčasnosti bežné len vo vojenskom sektore. Piloti aeroklubov a majitelia športových lietadiel túto možnosť zvýšenia bezpečnosti zatiaľ využívajú len vo veľmi malej miere. Hlavným dôvodom je nákladovosť, keďže zabudovanie tohto zariadenia zvyšuje cenu záchranného padáku až na dvojnásobok. Druhým problémom je technická stránka, ktorá nie v súčasnej dobe dostatočne vyvinutá pre prípad, že pilot je nútený v momente núdzovej situácie vyskočiť nad terénom, ktorý je výškovo rozdielny oproti výške kalibrácie - zapnutia prístroja. Príkladom môže byť situácia kedy, je prístroj zapnutý v mieste štartu napr. 300 m AMSL (Above Mean Sea Level) a pilot je nútený vyskočiť vo výške napr. 1000 m AMSL. Avšak nachádza sa nad kopcami a jeho výška nad terénom je napr. 200 m AGL (Above Ground Level). Prístroj na základe predchádzajúcej kalibrácie vyhodnotí, že má ešte dostatočnú výšku na aktiváciu, čo je v danej situácií nesprávne, a naopak je nutná okamžitá aktivácia.

Bezpečnostný systém MPAAD túto situáciu čiastočne rieši princípom, kedy nevyhodnocuje prioritne výšku na základe a rýchlosť pádu pilota. Preseknutie uzatváracieho očka teda prebehne po uplynutí vopred nastaveného času alebo po dosiahnutí stanovenej pádovej rýchlosti. Aj napriek tomuto princípu, môžu nastať situácie kedy nebude aktivácia systému vykonaná v dostatočnej výške nad terénom.

3. Analýza príčin a následkov porúch samočinných padákových systémov

„Analýza spôsobov a následkov porúch (Failure Mode and Effect Analysis) je základným metodickým nástrojom manažmentu systémov kvality v rôznych odvetviach výroby“ [24]. Jej veľkou prednosťou sú minimálne náklady na jej vykonanie a tiež možnosť využiť ju v akejkoľvek fáze životného cyklu technického systému – pri konštruovaní, projektovaní, zlepšovaní zariadení. Analýza nám pomáha identifikovať najkritickejšie a najpravdepodobnejšie chyby technického systému a taktiež urobiť opatrenia na ich zamedzenie.

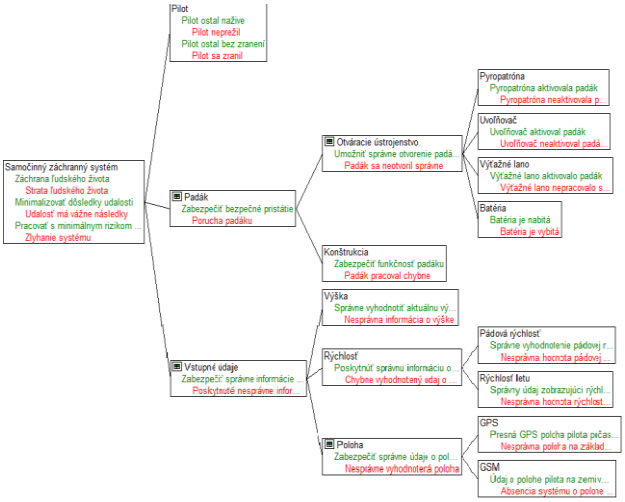
Účelom FMEA je teda vylúčiť alebo znížiť možnosť poruchy minimalizáciou rizikového čísla R. To je dané súčinom ohodnotenia pravdepodobnosti výskytu poruchy V, rozsahom následkov a závažnosťou poruchy Z a hodnotou pravdepodobnosti preventívnej detekcie poruchy D. Na hodnotenie rizík sa teda využíva vzťah:

$$R = V \cdot Z \cdot D \qquad (1)$$

ktorého výsledkom je hodnota rizikového čísla. To je následne nutné znížiť pomocou aplikovaní navrhnutých opatrení.

3.1. FMEA analýza bezpečnosti počiatočného stavu

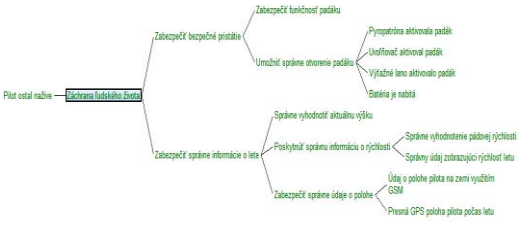
Na začiatku je potrebné vytvoriť štruktúru, ktorá zahŕňa elementy súvisiace so skúmaným technickým systémom. Všetky prvky, ktoré sú dôležité pri výrobe a používaní výrobku musia byť obsiahnuté v štruktúre. Každý element má priradenú svoju funkciu, ale taktiež chybu, ku ktorej dôjde pri zlyhaní jeho funkcie. Logickým spájaním jednotlivých prvkov a ich súvislostí vznikne strom štruktúry, ktorý je základom FMEA analýzy.



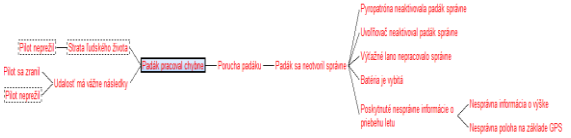
Obrázok 1: Strom štruktúry samočinného záchranného systému. Zdroj: Autori.

Vytváraním vzájomných súvislostí príčin a následkov jednotlivých funkcií prvkov vznikne funkčná sieť systému. Pri jej vytváraní je nutné sa zamerať na jeden element, ktorého funkcia je pre skúmaný systém primárna (Grenčík, 2017).

Od tohto prvku napravo sú umiestnené príčiny a naľavo následky. Na rovnakom princípe je založená a vytvorená aj poruchová sieť systému.



Obrázok 2: Funkčná sieť samočinného záchranného systému. Zdroj: Autori.



Obrázok 3 Poruchová sieť samočinného záchranného systému

Priradením hodnoty pre závažnosť, výskyt a detekciu jednotlivých poruchových funkcií a použitím vzťahu (1) vzniká hodnota rizikového čísla RPN (risk priority number). Poruchy sú vybrané chyby z počiatočnej štruktúry, ktoré sa preukázali v praxi ako najviac chybové. Následne je potrebné nájsť vylepšenie, ktoré po aplikácií zníži hodnotu RPN (Poprocký, 2018).

Nasledujúca tabuľka zachytáva výsledné 4 najzávažnejšie poruchové stavy, ktoré vyhodnotila FMEA analýza. Patrí sem porucha výťažného lana, absencia hlásenia poruchy systému, nesprávne vyhodnotená výška nad terénom, vybitá batéria.

Tabuľka 1: Počiatočný stav najzávažnejších porúch (poruchových stavov). Zdroj: Autori.

Porucha	*Z (závažnosť)*	*V (výskyt)*	*D (detekcia)*	*RPN*
1. Výťažné lano nepracovalo správne	10	5	8	400
2. Absencia systému hlásenia polohy	10	5	6	300
3. Nesprávna informácia o výške	10	9	5	450
4. Batéria je vybitá	10	5	5	250

4. Návrh konštrukčného riešenia automatických záchranných padákových systémov

Na základe FMEA analýzy je možné následne určiť ďalší postup na zníženie kritických chýb systému. Podľa tradičného postupu je možné rizikové číslo znížiť dvoma spôsobmi: prevádzkovými postupmi, alebo konštrukčnými riešeniami. Keďže práve prevádzkové postupy nie sú overiteľné a v praxi a krízových situáciách len ťažko aplikované, nasledovala časť konštrukčných riešení kritických miest systému.

4.1. Výťažný systém

V prípade súčasne používaného AAD, je jeho súčasťou výťažné lanko pripevnené o sedadlo pilota, ktoré po výskoku a vytrhnutí aktivuje samočinné zariadenie. Problémom sa tu môže stať zamotanie lanka, čo by znefunkčnilo celý samočinný systém.

Podstatnou inováciou by bolo využitie bezdrôtovej varianty výťažného lanka, ktoré by bolo aktivované na základe prekonania definovanej vzdialenosti padáku od sedadla pilota v kombinácií vyhodnotenia údajov o polohe a výške za uplynulý definovaný čas. Takýmto spôsobom sa predíde aj neželanému aktivovaniu AAD v prípade neuvoľnenia lanka na zemi a opustenia kabíny pilota (Kaľavský, 2018), (Škultéty, 2018).

4.2. Lokalizácia polohy

Ďalším technickým vylepšením, je návrh na lokalizovanie pilota po dopade na záchrannom padáku. Prístroj by po aktivácií AAD vysielal posledný údaj o polohe, ktorý zaznamenal z palubnej GPS (Global Positioning System) tesne pred výskokom a aktiváciou záchranného systému. To by umožnilo jednoduchšiu a rýchlejšiu lokalizáciu pilota, najmä v ťažšie dostupných terénoch.

Jednalo by sa o zariadenie s podobným princípom, ako spĺňa núdzový vysielač polohy (Obrázok 9). Vhodne nakonfigurovaný ELT (Emergency Locator Transmitter) je neoddeliteľnou súčasťou medzinárodného satelitného systému na vyhľadávanie a záchranu SAR (Search and Rescue). V závislosti od aplikácie sa zariadenie aktivuje buď manuálne alebo automaticky – po ponorení do vody alebo v dôsledku preťaženia pri náraze. Zariadenie ja napojené na anténu, pomocou ktorej vysiela kódované tiesňové signály na určených frekvenciách.

Obrázok 4: Núdzový vysielač polohy ELT. Zdroj: Autori.

4.3. Kalibrácia výškomeru AGL

Najdôležitejšou súčasťou tohto prístroja je výškomer, od ktorého sa odvíja samotná výška aktivácie padáku. Na základe vyššie spomenutého príkladu chyby AAD, je nevyhnutné, aby bola kalibrácia prístroja vykonávaná vzhľadom na úroveň terénu – AGL (Above Ground Level). Kalibrácia vzhľadom na polohu nad hladinou mora – AMSL (Above Mean Sea Level), je v tomto prípade nedostačujúca a spôsobuje práve spomenutú chybu, nesprávne vyhodnotenej vzdialenosti od zeme.

Samotný výškomer by bol súčasťou AAD s prednastavenou minimálnou výškou. Pri núdzovej situácií by sa výskokom prístroj aktivoval. Následne by prístroj snímal pádovú rýchlosť pilota a po dosiahnutí rizikovej hodnoty minimálnej výšky a pádovej rýchlosti by aktivoval záchranný padák (Novák, 2018).

4.4. Batéria

Dôležitým prvkom je tiež použitie spoľahlivého zdroja napájania, ktorý je odolný voči extrémnym podmienkam a nie je nutné jeho obnovovanie.

Toto vylepšenie by mohlo byť realizované pomocou nabíjacej stanice umiestnenej v sedačke pilota. Stanica by dobíjala batériu prístroja na princípe elektromagnetickej indukcie, podobne ako v súčasnosti fungujú bezdrôtové nabíjačky na telefóny (Obrázok 10). Do nabíjacej stanice v sedadle by bol privádzaný elektrický prúd. Ten by AAD so zabudovanou cievkou nabíjal vždy pri priblížení prijímača, teda v momente keď by si pilot sadol s padákom na sedadlo (Janovec, 2018).

Obrázok 5: Príklad nabíjacej stanice. Zdroj: Autori.

4.5. FMEA analýza bezpečnosti po aplikovaní riešení

Jednou z hlavných častí FMEA sú formuláre, ktoré slúžia na hodnotenie rizika (zadaním hodnôt závažnosti, výskytu a detekovateľnosti) a optimalizáciu koncepcie. Časť formuláru je vyplnená automaticky na základe chybovej siete. Po priradení

hodnôt a aplikovaní nápravného opatrenia je výsledkom číslo RPN, ktoré hovorí o výslednom znížení rizika, alebo teda o rizikovom čísle „R“ (vzťah 1).

Z Obrázku 6 vyplýva, že najväčšie zníženie rizika sme dosiahli po kalibrovaní výškomera na hladinu AGL. Kým pri počiatočnom stave bola hodnota rizikového čísla 450, po navrhnutom vylepšení je to 100.

Function	Potential failure	Potential effect(s) of failure	S	C	Potential cause(s) of failure	O	Current preventive action	Current detection action	D	RPN	Recommended action	R/D	Action taken	S	O	D	RPN
System element: Vstupné údaje																	
Zabezpečiť správne informácie o lete	Poskytnuté nesprávne informácie o priebehu letu	[Obrúrácie ústrojenstvo] Pádok sa nevonl správne [Pádok]	10		[Výška] Nesprávna informácia o výške	9			5	450	P. Kalibrácia výškomeru na úroveň AGL	Gáborová, Miroslava, KLD, Student Deadline? in progress		10	2	5	(100)

Obrázok 6: Formulár RPN - výškomer. Zdroj: Autori.

K významnému zlepšeniu rizika došlo aj po implementácií ďalších nápravných opatrení. Na základe výsledku formulárov, by sa riziko v prípade použitia bezdrôtovej formy výťažného lana znížilo zo 400 na 120, a po aplikácií bezdrôtového nabíjania je taktiež znížená hodnota zlyhania batérie z 250 na 50 (Obrázok 7). Pri umožnení lokalizácie polohy pilota, sa predpokladá zníženie rizika z 300 na hodnotu 120 (Obrázok 8).

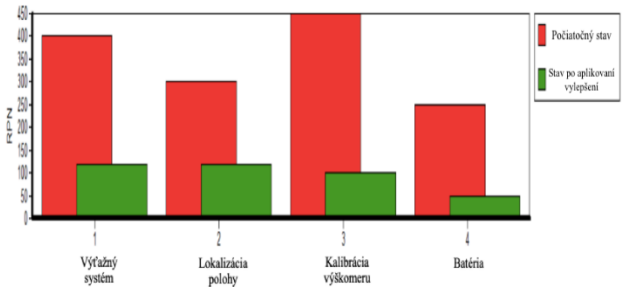
Function	Potential failure	Potential effect(s) of failure	S	C	Potential cause(s) of failure	O	Current preventive action	Current detection action	D	RPN	Recommended action	R/D	Action taken	S	O	D	RPN
Umožniť správne otvorenie padáku	Padák sa nevonl správne	[Samočinný záchranný systém] > Strata ľudského života	10		tvoisi padak správne												
		[Výťažné lano] Výťažné lano nepracovalo správne				5			8	400	P. Bezdrôtový systém výťažného systému (lano)	Gáborová, Miroslava, KLD, Student Deadline? in progress		10	3	4	(120)
		[Pilot] >> Pilot nepreží	10														
		[Batéria] Batéria je vybitá				5			5	250	P. Bezdrôtový systém napájania/nabíjania	Gáborová, Miroslava, KLD, Student		10	1	5	(50)
		[Samočinný záchranný															

Obrázok 7: Formulár RPN - výťažné lano, batéria. Zdroj: Autori.

Function	Potential failure	Potential effect(s) of failure	S	C	Potential cause(s) of failure	O	Current preventive action	Current detection action	D	RPN	Recommended action	R/D	Action taken	S	O	D	RPN
System element: Poloha																	
Zabezpečiť správne údaje o polohe	Nesprávne vyhodnotená poloha	[Samočinný záchranný systém] Strata ľudského života	10		[GSM] Absencia systému o polohe s využitím GSM	5			6	300	P. Aplikácia GSM modulu pre zasielanie polohy padáku po havárii	Gáborová, Miroslava, KLD, Student Deadline? in progress		10	3	4	(120)
		[Pilot] >> Pilot nepreží	10														

Obrázok 8: Formulár RPN - lokalizácia polohy. Zdroj: Autori.

Zobrazenie pomocou grafu (Obrázok 9) umožňuje lepšiu vizualizáciu zníženia rizika aplikáciou jednotlivých vylepšení. Červené stĺpce predstavujú rizikovosť daného faktora pri súčasnom používaní. Zelené stĺpce sú výslednou hodnotou rizika po aplikovaní nápravných opatrení. Pri aplikácií všetkých štyroch vylepšení, by celkové riziko chyby AAD bolo veľmi nízke, čo spĺňa predpoklady pre praktické využitie.



Obrázok 9: Výsledný stav analýzy AAD. Zdroj Autori.

5. Záver

Aby AAD spĺňalo kritérium zvýšenia bezpečnosti, je nutné vykonať zmeny celkového súčasného princípu, na ktorom zariadenie pracuje. Vykonaním analýzy bolo dokázané, že práve aplikácia zvolených návrhov by priaznivo ovplyvnila funkčnosť a znížila riziko chybovosti automatického aktivačného prístroja. Pomocou navrhnutých zmien, by bolo zariadenie schopné vykonávať viaceré dôležité úlohy ako sú: porovnávanie v akej výške nad terénom je pilot po núdzovom výskoku, zabezpečiť neustále dobíjanie batérie prístroja bezdrôtovým systémom, aby jeho funkčnosť nebola v žiadnom prípade ohrozená vybitím, vysielať zo zariadenia polohu pilota, po núdzovom opustení lietadla a nahradiť spojovacie lanko, spájajúce aktivačné zariadenie a sedačku pilota, bezdrôtovou technológiou, ktorá by sledovala prítomnosť zariadenia v lietadle a pri vzdialení (výskoku) pilota a súčasne dosiahnutej výške by iniciovala otvorenie padáku (Řepka, 1980).

Zabudovanie týchto inovácií do aktivačných zariadení vyžaduje finančnú investíciu do vývoja. V súčasnosti sa cena samočinného systému pohybuje v hodnote 1000€. Po zabudovaní navrhovaných zmien a vylepšení, treba predpokladať ešte vyššiu sumu takéhoto zariadenia. Je to ovplyvnené najmä využitím moderných technológií, ktoré však zabezpečujú vysokú úroveň spoľahlivosti. Podstatnými výhodami AAD, s využitím navrhovaných technológií by boli najmä: vyššia spoľahlivosť AAD, dlhá životnosť, menšie riziko chyby prístroja, možnosť využitia takmer vo všetkých typoch civilných lietadiel.

Keďže sa jedná o záchranné zariadenie, ktorého použitie je len výnimočné, môžu nastať prípady, kedy počas životnosti prístroja nedôjde k žiadnej núdzovej situácií, ktorá by si jeho aktiváciu vyžadovala. S týmto faktorom súvisia aj niektoré negatíva, ako: vysoká prvotná investícia do zariadenia, nedostatočné alebo žiadne využitie prístroja počas jeho životnosti, nenávratnosť investície v podobe finančných prostriedkov.

Aj keď cena prístroja je dôležitý aspekt a ovplyvňuje dopyt po takomto zariadení, netreba zabúdať na skutočnosť, že hodnota ľudského života je nevyčísliteľná a nedá sa porovnávať s hodnotou aktivačného prístroja.

Referencie

Grenčík, J., Poprocký, R., Galliková, J., Volna, P. 2017. Use of risk assessment methods in maintenance for more reliable rolling stock operation. Machine Modelling and Simulations 2017, 22 [05.09.2017-08.09.2017, Sklenné Teplice, Slovensko]. – [recenzované]. – DOI 10.1051/matecconf/201815704002. – WOS CC ; SCOPUS

Janovec, M. 2018. Diagnostic systems used in inspection of the aircraft construction. New trends in civil aviation 2018, 20 [08.11.2018, Brno, Česko].

Kaľavský, P., Fujdiar, Ľ. 2018. Systém automatického otvorenia záložného padáka po odhodení/odpojení hlavného padáka. 2018. Bezpečnosť a doprava 2018, 12 [13.12.2018-14.12.2018, Hradec Králové, Česko]. ISBN 978-80-7623-002-6, s. 399-408

Nedelka, M. et al. 1998. Slovenský letecký slovník terminologický a výkladový. Bratislava: Magnet-Press Slovakia, 1998. 494s. ISBN 80-968073-0-7

Novák, A., 2018. Measurement of GNSS signal interference by a flight laboratory. Elsevier, 2018. – (Transportation

Research Procedia, ISSN 2352-1465 ; 35). – ISSN 2352-1465, s. 271-278 [online]

Novák, A., Škultéty, F., Kandera, B. 2018. Measuring and testing area navigation procedures with GNSS. LOGI 2018, 19 [06.11.2018-07.11.2018, České Budějovice, Česko]. DOI 10.1051/matecconf/201823601004. – SCOPUS

Poprocký, R., Volna, P., Grenčík, J., Galliková, J. 2018. Návrh systémov údržby pomocou modelu výpočtu aposteriórnej spoľahlivosti. 2018. DIAGO 2018, 37 [30.01.2018-31.01.2018, Sněžné - Milovy, Česko]

Řepka, M. et al. 1980. Sportovní parašutismus. 1.vyd. Praha: Naše vojsko, 1980. 256 s. ISBN 28-111-80

Škultéty, F., Badánik, B., Bartoš, M., Kandera, B. 2018. Design of controllable unmanned rescue parachute wing. International Conference on Air Transport, 7 [20.11.2018-21.11.2018, Hainburg, Rakúsko]. DOI 10.1016/j.trpro.2018.12.026. SCOPUS. INAIR 2018 [elektronický dokument] : Aviation on the Growth Path / Kazda, Antonín [Zostavovateľ, editor] ; Smojver, Ivica [Zostavovateľ, editor]. – 1. vyd. – Hainburg (Rakúsko) : Elsevier, 2018.

Tencer, E. 2000. Dejiny parašutizmu na Slovensku. 1.vyd. Prievidza: Alfa print, 2000. 608s. ISBN 80-967609-3-9

OCCURRENCE OF SELECTED DANGEROUS WEATHER PHENOMENA AT ZILINA AIRPORT DURING THE YEAR

VÝSKYT VYBRANÝCH NEBEZPEČNÝCH POVETERNOSTNÝCH JAVOV PRE LETECTVO NA LETISKU ŽILINA POČAS ROKA

Miriam Jarošová
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
miriam.jarosova@fpedas.uniza.sk

Abstract

Human activities are dependent on weather conditions. Aviation is a rapidly developing area of transport that is very sensitive to weather conditions and their changes. Therefore, thefocus of researchis on the occurrence of dangerous weather phenomena at and near the airport. Dangerous phenomena include visibility and storm-related phenomena. In this article, attention is paid to the occurrence of dangerous weather phenomena at the Žilina Airport, focusing on the occurrence of fog, mist, haze and storms in the years 2015 to 2017.

Keywords

Dangerous weather phenomena, fog, mist,haze, storm

1. Prečo nás zaujímajú nebezpečné poveternostné javy?

Ľudská činnosť je vo veľkej miere závislá od vhodných poveternostných podmienok. Nie každé počasie totiž podporuje naše aktivity. Veľmi náchylnou na meteorologické podmienky je doprava. Aj cestná, aj železničná a veľmi dôležitými sa javia poveternostné podmienky pre leteckú dopravu. Preto sa letecká meteorológia, či už pozorovania, alebo predpovede, stala neoddeliteľnou súčasťou prípravy na let. Preto sa informácie o poveternostných podmienkach v širokej oblasti vymieňajú a poskytujú aj pre iné krajiny. Výmenou meteorologických informácií sa snaží na minimum eliminovať riziko incidentu či nehody spôsobenej poveternostnými podmienkami.

2. Nebezpečné poveternostné javy.

Pod nebezpečnými poveternostnými javmi rozumieme javy súvisiace s dejmi v atmosfére, ktoré môžu výrazným spôsobom ohroziť, ba priam až znemožniť leteckú dopravu. Na lietadle môžu spôsobiť mechanickú poruchu, zhoršiť kvalitu ovládania, alebo dokonca až spôsobiť úplnú stratu kontroly nad lietadlom. Je preto dôležité, aby sa informácie o možných nebezpečných javoch dostali k užívateľom včas, aby sa tak prípadne dokázala zmeniť trasa letu. Na sledovanie vývoja počasia v letectve slúži letecká meteorologická služba. Tá poskytuje zo svojich pozorovacích miest pravidelné,ale v prípade zmeny poveternostných podmienok, aj mimoriadne meteorologické správy. Informácie o počasí letecká meteorologická služba poskytuje na základe určitých pravidle, ktoré sa riadia predpisom Annex 3. Tieto správy obsahujú aj informácie o nebezpečných poveternostných javoch. Informácia o nich a o mieste ich možného výskytu zohráva v týchto správach dôležitú úlohu.

2.1.1. O aké javy ide?

Medzi nebezpečné poveternostné javy v letectve patrí niekoľko javov súvisiacich s počasím, napr. námraza, búrka, turbulencia, silný vietor a jeho strih, hmla, silné zrážky. V iných zemepisných šírkach to môže byť napr. tornádo, či hurikán. V tomto článku sa budeme venovať iba niektorým javom. Pôjde o javy, ktoré znižujú dohľadnosť, teda dymno, hmla a zákal. Tieto javy sa vyskytujú počas celého roka. Nebezpečným javom v letnom polroku je búrka,. Tento jav v sebe obsahuje vlastne niekoľko nebezpečných javov pospolu , napr. silné zrážky, možný výskyt krupobitia, silný vietor a strih vetra, turbulenciu a jav nazývaný downburst. V zimnom polroku sa zase môže vyskytovať námraza.

2.1.2. Stručná charakteristika jednotlivých javova ich vplyv na letectvo.

Pre letectvo je nebezpečná znížená dohľadnosť. Dohľadnosť je dôležitým faktorom, ktorý ovplyvňuje všetky fázy letu. Bezpečnosť leteckej dopravy pri zlej viditeľnosti závisí od vybavenia letiska, lietadiel a kvalifikácie pilotov .V meteorológii sa za zhoršenú dohľadnosť považuje dohľadnosť pod 10 km, pričom ide o vzdialenosť, na ktorú sa kontrast daného objektu a a jedo pozadia práve rovná prahu kontrastnej citlivosti oka pozorovateľa (Záhumenský, 1998).

Dymno je jav, ktorý zhoršuje dohľadnosť v dôsledku mikroskopických vodných kvapiek vznášajúcich sa vo vrstve vzduchu pri zemi. O dymne hovoríme, ak je dohľadnosť 10 až 1 km. (Bednář, 1993).

Hmla je atmosférický aerosól zložený z veľmi malých vodných kvapiek alebo kryštálikov ľadu rozptýlených vo vzduchu znižujúcich dohľadnosť pod 1 km (Bednář, 1993). Pri hustej hmle je zraková navigácia takmer nemožná a lietadlá bývajú odklonené.

Zákaľ je rovnako ako hmla atmosférický aerosól, ale pozostáva z tuhých mikroskopických častí pochádzajúcich z povrchu zeme, ako napr. prach, jemný piesok, priemyselné exhaláty a pod. (Bednář, J a kol., 1993) Tieto častice sa dostávajú do atmosféry vetrom alebo konvektívnymi výstupnými pohybmi. Tiež spôsobuje zníženie dohľadnosti. Na vznik zákalu stačí vlhkosť ovzdušia pod 70%.

Búrka je súbor optických , elektrických a akustických javov vznikajúcich medzi oblakmi typu cummulonimbus (Cb) alebo medzi takýmto typom oblakov a zemou (Bednář, 1993). Sprevádzaná môže byť zrážkami, aj intenzívnymi, krupobitím, určite je sprevádzaná bleskami, silným vetrom a aj strihom vetra a dowburstom a aj nízkou oblačnosťou (Záhumenský, 1998). Na vznik búrky sú potrebné určité podmienky v atmosfére, napr. množstvo vodnej pary, výrazné konvektívne pohyby podporujúce vznik búrkovej oblačnosti.

Námraza je jav vznikajúci pri záporných teplotách od 0 °c do -12°C. Intenzita námrazy sa určuje podľa rýchlosti narastania usadeniny (Záhumenský, I. 1998). Rýchlosť usadzovania súvisí aj s druhom oblakov, cez ktoré lietadlo letí. Každý oblak má totiž iný obsah vodnej pary. Čím je oblačnosť teplejšia a obsahuje teda viac vodnej pary , vznik námrazy a jej intenzita je pravdepodobnejšia a väčšia. Za slabú námrazu sa považuje námraza, ktorá vzniká intenzitou do 0,6 mm/hod (Dvořák, 2017). Námraza môže počas letu spôsobiť viaceré škody. Môže napr. spôsobiť poruchu motora, vibrácie vrtule, zvýšiť hmotnosť lietadla a zmeniť tak jeho aerodynamické vlastnosti, čím môže ovplyvniť napr. aj štartovanie lietadla (Záhumenský, 1998) (Dvořák,, 2017).

3. Metodika práce

Pri spracovávaní početnosti výskytu nebezpečných poveternostných javov na Letisku Žilina sa využívali štandardné meteorologické správy typu SYNOP a METAR.

METAR – Meteorological Aerodrome Report - je správa informujúca o aktuálnom počasí na letisku . Vydáva sa každú pol hodinu, je kódovaná a hoci prešla od svojho zavedenia mnohými zmenami, stále je to v leteckej komunite veľmi rozšírený spôsob informovania o počasí na jednotlivých letiskách. Obsahuje všetky základné informácie o hodnotách dôležitých meteorologických prvkov na danom letisku.

Ďalšou možnosťou získať informácie o počasí na letisku je správa SYNOP, samozrejme za predpokladu, že sa na letisku v takejto forme správy vydávajú. Tu ide o správu z prízemných meteorologických pozorovaní. Vydáva sa v hlavných, vedľajších a hodinových termínoch. Je to kódovaná správa.

Práca sa obmedzila na časový úsek rokov 2015-2017. Spracovaných bolo približne 52 500 správ METAR a 26 000 správ typu SYNOP. Správy boli z Letiska Žilina.

3.1.1. Letisko Žilina

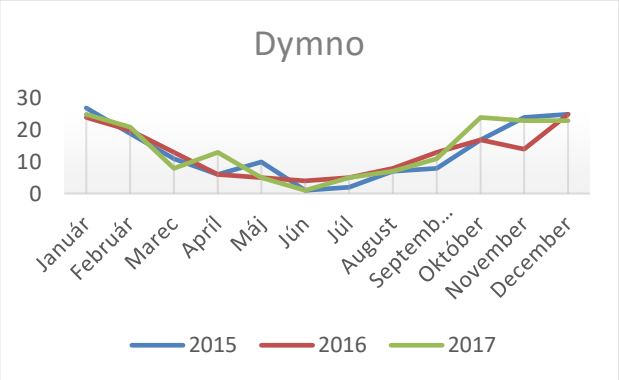
Je to letisko na severozápade Slovenska. Vzniklo v roku 1972. Je to medzinárodné letisko, ktoré okrem vnútroštátnych, zahraničných a športových letov je využívané aj na výcvik pilotov Katedry leteckej dopravy Žilinskej Univerzity. Leží v nadmorskej výške 311 m (Kazda, 1995). V jeho okolí sa nachádzajú vodné toky, či už tečúce, alebo aj vodné nádrže – Vodná nádrž Hričov a Vodné dielo Žilina. Obkolesujú ho kopce, pohorie Javorníky, Kysucká vrchovina Malá Fatra, Strážovské vrchy, Súľovské vrchy a Biele Karpaty. Z pohľadu klimatológie patrí táto oblasť do mierneho pásma, ovplyvňovaná severozápadným až západným prenosom vzduchových hmôt .

3.2. Výskyt nebezpečných poveternostných javov na Letisku Žilina.

Pretože sa v okolí letiska vyskytuje bohatá orografia a veľa zdrojov dodatočnej vzdušnej vlhkosti, táto práca sa zameria na výskyt javov ako je dymno, hmla, zákal a búrka. Všetky tieto javy môžu výrazným spôsobom zasiahnuť do plynulosti a bezpečnosti prevádzky spomínaného letiska.

3.2.1. Dymno

Po dôkladnej analýze spomínaných meteorologických správ sa tento nebezpečný jav za sledované obdobie vyskytol 477 ráz, čo je 159 dní za rok. To je niečo viac ako 43% z roka. Za spomínané obdobie sa dymno vyskytlo v každom mesiaci aspoň raz. Jeho častý výskyt svedčí o vysokej vlhkosti ovzdušia. Ak by sme jeho výskyt rodelili podľa ročných období, čo do počtu dní sa najčastejšie vyskytuje na konci jesene a v zime. V zimných mesiacoch január a december dosahuje maximá, vtedy je počet dní s dymnom vyšší ako 22. Január 2015 mal až 27 dní s dymnom.V lete je to zriedkavý jav vyskytujúci sa menej ako 10 dní v mesiaci. Ide najmä o nočné hodiny. V spomínaných rokoch sa najmenej dymno vyskytovalo v júni a v júli, maximálne 5 dní. Pre porovnanie skúmaných rokov urobme graf výskytu dymna po jednotlivých mesiacoch roka. Na grafe č.1 vidno, že krivky po jednotlivých rokoch majú podobný charakter. Klesajúci trend je od začiatku roka do júna a potom zase stúpajúci do konca roka. Nedá sa špecifikovať výskyt tohto javu do určitého časového intervalu dňa, pretože sa jav počas roka vyskytoval v ktorejkoľvek časti dňa.



Graf 1: Počet dní s dymnom po mesiacoch v jednotlivých rokoch. Zdroj: Autor

3.2.2 Hmla

Ďalším javom, výskyt ktorého sme skúmali, bola hmla. Tento nebezpečný poveternostný jav sa vyskytol menej často ako dymno. Z analýzy meteorologických správ bolo zistené, že hmla sa vyskytla v 267 dňoch, čo je v priemere 89 razy za rok. Hmla sa rovnako ako dymno vyskytovala v každom ročnom období, ale v množstve dní s hmlou sú v jednotlivých rokoch a aj v jednotlivých mesiacoch veľké rozdiely.

	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún
2015	9	10	4	5	5	6
2016	11	13	4	2	3	8
2017	5	12	7	6	7	3
Priemer	8,3	11,6	5	4,3	5	5,6

Tabuľka 2a: Výskyt hmly v január až jún v jednotlivých rokoch. Zdroj: Autor.

	Júl	August	September	Október	November	December	ROK
2015	4	4	7	10	15	12	91
2016	5	11	11	4	3	5	80
2017	7	10	10	20	12	10	96
Priemer	5,3	8,3	9,3	11,3	10	9	267

Tabuľka 2b: Výskyt hmly v mesiacoch júl až december v jednotlivých rokoch. Zdroj: Autor.

V tabuľke č.2b je vidieť, že v mesiaci október sa v roku 2015 hmla vyskytovala 10 dní , čo je tretina mesiaca.V roku 2016 iba 4 dni, a v roku 2017 to bolo až 20 dní v októbri, čo sú 2/3 mesiaca.

Hmla je jav, ktorý sa vyskytuje počas celého roka a v rôznych častiach dňa. Dôvod vzniku hmly je niekoľko. Bližšie dôvody vzniku hmly, či ide o hmlu advekčnú, orografickú, alebo radiačnú, by bolo vhodné preskúmať a zistiť tak, či dôvod vzniku hmly má aj prípadný vplyv na jej trvanie.

3.2.3 Zákal

Tento jav sa na Letisku Žilina vyskytol v sledovanom období najmenejkrát, iba 9. Podľa správ METAR v roku 2015 bol tento jav pozorovaný iba raz a to 22. marca. V roku 2016 nebol pozorovaný vôbec a v roku 2017 iba šesťkrát v mesiaci január a dvakrát v mesiaci február. Znamenalo by to, že v priestore Letiska nie je dostatok tuhých častíc na vznik tohto javu.

3.2.4 Búrka

Búrka je jav, ktorý sám o sebe nie je nebezpečný. Nebezpečné sú ale javy, ktoré búrky doprevádzajú. V období 2015 - 2017 sa na Letisku Žilina a v jeho blízkosti vyskytlo spolu 89 dní s búrkou, vrátane sprievodných javov ako napr.krúpy. Ak by sme brali do úvahy aj dni , v ktorých sa vyskytovali aj oblaky druhu cumulonimbus (CB) a towercumulus (TCU), počet dní s prejavmi búrky by vzrástol na 186 dní.

	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	SPOLU
2015	2	0	5	5	3	6	2	23
2016	0	0	5	10	12	4	2	33
2017	0	4	7	5	11	5	1	33
Priemer	0,6	1,3	5,6	6,6	8,6	5	1,6	89

Tabuľka 3: Výskyt búrok v mesiacoch a rokoch. Zdroj: Autor.

V tabuľke č.3 je vidieť počet dní s búrkou podľa jednotlivých mesiacov v sledovanom období. Z tabuľky vyplýva, že na Letisku sa začala búrková sezóna v marci a končila v septembri. Je to v súlade so všeobecnými informáciami o výskyte búrok na našom území. V jesenných mesiacoch (október a november) sa ani búrka a ani oblaky typu CB a TCB nevyskytli, rovnako sa tieto oblaky v sledovanom období nevyskytli ani v zime. Najčastejšie sa búrka vyskytovala v letných mesiacoch, jún, júl, august, čo je vzhľadom na najvyššiu pravdepodobnosť výskytu konvekcie počas roka prirodzené.

4. Zhodnotenie dosiahnutých výsledkov.

Sledované javy na Letisku v Žiline patria k javom, ktoré môžu výrazným spôsobom zasiahnuť do činností na letisku. Javy ovplyvňujúce dohľadnosť sa vyskytujú počas celého roku, pričom dymno sa môže vyskytnúť v niečo viac ako v 40 %dní roku. Vzhľadom na to, že Letisko plní aj výcvikovú funkciu pre študentov Univerzity, je preto dôležité s týmto javom pri výcviku počítať. Nebezpečným javom je aj výskyt búrky na Letisku a v jeho okolí. Je to priemerne 30 dní za rok, sústredených do letných mesiacov. Nie je to síce vysoká početnosť, ale CB a TCU sú oblaky, ktoré dokážu dosiahnuť svoj maximálny vývoj v priebehu 30 min a svojim sprievodnými javmi ohroziť plynulosť a bezpečnosť letovej prevádzky.

5. Záver

Článok sa venoval výskytu určitého druhu nebezpečných poveternostných javov na Letisku Žilina. Dlhodobým cieľom rozvoja Letiska Žilina je aj predĺženie dráhy letiska tak, aby umožnila prevádzku najrozšírenejším typom lietadiel.(Novák-Sedláčková, A 2018) (Výročná správa Letiska Žilina 2016) Toto predĺženie by umožnilo rozvoj cestovného ruchu v regióne.(Kazda, A at all 2017)

S rozšírením prevádzky ide ruka v ruke aj kvalitné meteorologické informovanie posádok lietadiel. Pretože prírodné podmienky okolia Letiska sú pomerne zložité, je veľmi dôležité poznať výskyt a frekvenciu nebezpečných poveternostných javov vyskytujúcich sa na Letisku. Letisko je obkolesené kopcami a leží aj v blízkosti vodných tokov. Tie môžu

slúžiť ako zdroj vlhkosti, ktorá sa môže prejavovať aj častejším výskytom javov znižujúcich dohľadnosť.Blízkosť kopcov zase v letnom polroku môže byť jedným z dôvodov častejšieho výskytu búrkových javov.

Išlo iba o krátke, 3 ročné obdobie a nemôžeme si na základe takto krátkeho obdobia vytvoriť ucelený názor na vplyv kopcov a vodných tokov na výskyt sledovaných nebezpečných javov. Na prípadný častejší výskyt javov by sme museli analyzovať dlhšie časové obdobie. No už aj takto krátka sledovaná doba nám môže naznačiť výskyt určitého typu nebezpečného poveternostného javu a na základe toho prípadne upresniť vhodné hodiny na prevádzku Letiska a aj výcvik na LVVC.

Referencie

Bednář, J. et al. 1993. Meteorologický slovník výkladový terminologický, ACADEMIA

Dvořák, P. 2017. Letecká meteorologie, PB Tisk, ISBN 978-80-7579-014-5

Kazda, A. et al. 2017. Small regional airports operation: unnecessary burdens or key to regional development

Kazda, A. 1995. Letiská: design a prevádzka. V Žiline: Vysoká škola dopravy a spojov, 1995. VPD pre presné priblíženie, ISBN 80-7100-240-2

Novák Sedláčková, A. 2018. The regional airports problems in the Slovak Republic ,19th International Scientific Conference - LOGI 2018 [electronic]

Záhumenský, I. 1998. Meteorológia a oceánografia, EDIS, ISBN 80-7100-527-4

Letisko Žilina, 2016. Výročná správa letiska Dolný Hričov za rok 2016, PDF dokument, dostupné online na: http://www.registeruz.sk/cruz-public/domain/financialreport/attachment/5431049

METHODOLOGY FOR INSPECTION OF RIVETED SAMPLES BY THE ECA METHOD

METODIKA KONTROLY NITOVANÝCH VZORIEK METÓDOU ECA

Michal Janovec
Air Transport department
University of Žilina
Univerzitná 8251/1
010 26, Žilina
michal.janovec@fpedas.uniza.sk

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

Abstract

The eddy current method is very often used technique of non-destructive testing and evaluation of materials. The method is very suitable for the detection of cracks that result from fatigue or cracking as a result of stress corrosion. Eddy current testing can be performed with minimal part preparation and a high degree of sensitivity. The eddy current method is used for the detection of surface and subsurface failures, corrosion in aircraft structures, holes for fixing various components and thread cracks. The paper describes the application of the eddy current method ECA in the inspection of riveted joints of the produced sample. The riveted sample is made of aluminum sheets and countersunk head rivets. Simulated damages are created around the rivet holes on the riveted specimen. Artificially formed notches simulate cracks around the rivet holes, and aluminum powder is used to simulate corrosion of aluminum sheets. These damages are then scanned with an Olympus OmniScan MX flaw defectoscop and the results of the measurements are evaluated in this article. SAB-067-005-032 and SBB-051-150-032 are used for non-destructive measurements.

Keywords

eddy current, riveted sample, defectoscop, cracks, corrosion

1. Úvod

Prediktívna údržba sa čoraz viac stáva významnejšou súčasťou každodenných operácií a procesov v mnohých odvetviach priemyslu. Tento trend sa ukázal ako veľmi sľubná rastová príležitosť pre globálny trh služieb nedeštruktívneho testovania (NDT) a nasmeroval ho na cestu vysokého rastu (Bugaj, Pecho & Janovec, 2017). Cieľom oblasti nedeštruktívneho testovania je rozšírenie a skvalitnenie metodológií nedeštruktívneho testovania, aby sa spoločnostiam vykonávaným údržbu, opravy a generálne opravy (MRO) zefektívnilo vykonávanie prehliadok lietadiel, znížili sa prestoje a znížili sa náklady (Bugaj & Rostáš, 2016).

Nedeštruktívne testovanie (NDT) je široká skupina techník hodnotenia, ktoré sa používajú v priemysle s cieľom analyzovať vlastnosti systému, komponentu alebo materiálu bez toho, aby došlo k jeho poškodeniu. Keďže nedeštruktívne testovanie nemení funkčnosť komponentu, patrí medzi hodnotnú technológiu zisťovania jeho vlastností, šetrí čas a náklady potrebné na vykonanie kontroly. Základné metódy NDT zahŕňajú známe metódy ako napr. vizuálne, vírivé prúdy, rádiografické, kapilárne, magnetické práškové, termografické a ultrazvukové (Škeřík, 2014).

Metóda vírivých prúdov je veľmi často používanou technikou nedeštruktívneho testovania a hodnotenia materiálov. Metóda je veľmi vhodná na detekciu trhlín, ktoré vznikajú únavou materiálu alebo praskaním ako dôsledok napäťovej korózii (Bugaj, 2012). Kontrola metódou vírivých prúdov sa môže vykonať s minimálnou prípravou dielov a vysokým stupňom citlivosti.

Pri metóde vírivých prúdov je skúšaný objekt vystavený pôsobeniu striedavého magnetického poľa, ktoré je vytvorené budiacou cievkou, napájanou striedavým prúdom. Skúšaný objekt určitých rozmerov musí byť elektricky vodivý, teda mať magnetickú permeabilitu. V skúšanom objekte sa indikujú vírivé prúdy, ktoré pôsobia svojím magnetickým účinkom na magnetické pole pôvodné, teda budiace. Tieto dve magnetické polia (primárne od budiacej cievky a reakčné od vírivých prúdov) sa vektorovo skladajú vo výsledné pole, ktoré je závislé na elektrickej vodivosti a magnetickej permeabilite skúšaného objektu (Janoušek, 2016).

Princíp hodnotenia materiálov pomocou vírivých prúdov je ten, že štruktúrny stav materiálu zmení uvedené magnetické a elektrické parametre. V prípade výskytu chyby v materiáli, dôjde k prerušeniu časti dráh vírivých prúdov, kedy dôjde k zmene spätného účinok na budiace pole.

Metóda vírivých prúdov sa používa na detekciu povrchových a podpovrchových chýb, koróziu v lietadlových konštrukciách, otvorov na upevnenie rôznych súčiastok a trhlín na závitoch.

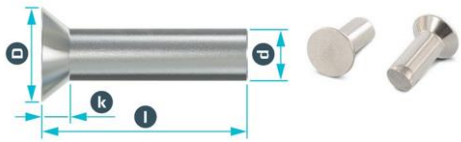
2. Technika vírivých prúdov ECA

Na kontrolu zhotovených nitovaných spojov bola využitá technológia vírivých prúdov ECA (Eddy Curren Array). ECA je metódou, ktorá umožňuje elektronické ovládanie cievok vírivých prúdov umiestnených vedľa seba v jednej zostave sondy. Zber údajov z jednotlivých cievok sa uskutočňuje multiplexovaním cievok v špeciálnom vzore, aby sa zabránilo vzájomnej indukčnosti medzi jednotlivými cievkami (Janovec & Bugaj, 2017). Metóda ECA poskytuje nesporné výhody kontroly jediným prechodom nad kontrolovaným objektom a lepším zobrazovacím schopnostiam. Metóda ECA poskytuje výrazné úspory času kontroly nitovaných spojov ako napríklad pri použití

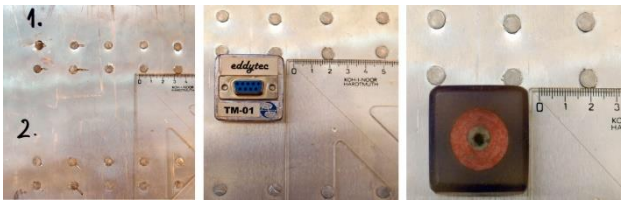
bodových sond. Metóda ECA využíva rovnaké základné princípy ako konvenčná technológia vírivých prúdov (Lamarre, 2019). Striedavý prúd prechádzajúci cievkou vytvára magnetické pole. Keď je cievka umiestnená nad vodivou časťou, vytvárajú sa protiľahlé striedavé prúdy (vírivé prúdy). V prípade poruchy dôjde k prerušeniu dráhy vírivých prúdov a zmena vírivých prúdov je zaznamenávaná meracou cievkou. V prípade sond ECA, každá jednotlivá cievka v sonde vytvára signál vzhľadom na fázu a amplitúdu štruktúry pod ňou. Tieto údaje sa vzťahujú na zakódovanú polohu a čas a sú graficky znázornené ako obraz C-scan (pohľad z hora). Zobrazenie C-scan umožňuje rýchlu orientáciu na skúšanej ploche a dobrú interpretáciu výsledných dát. Každá samostatná cievka vírivého prúdu v sonde produkuje signál vzhľadom na fázu a amplitúdu štruktúry pod ňou. Tieto dáta sa vzťahujú na zakódovanú pozíciu a čas a graficky sa reprezentujú ako obraz C-scan (Lüthi, 2013). Pri aplikáciách nitu cievky vírivého prúdu, ktoré prechádzajú cez poškodený nit, vytvárajú jedinečnú odozvu signálu. Pre cievky, ktoré sú ovplyvnené trhlinou, ktorá sa začína z otvoru nitu, je na displeji C-scan zobrazená zmena amplitúdy. Pre cievky, ktoré nezaznamenajú žiadnu zmenu, zostane zobrazenie farieb na displeji C-scan stále konštantné.

3. Popis vytvorených nitovaných vzoriek a diagnostického prístroja použitého na merania

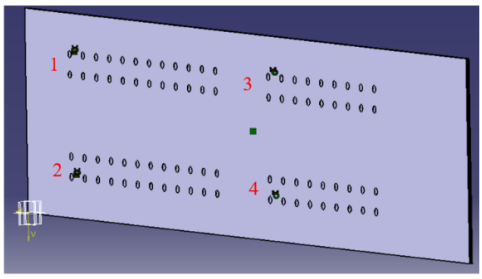
Pre kontrolné merania bolo vytvorených niekoľko typov nitovaných spojov, na ktorých sa simulovali vytypované poškodenia. Nitované spoje boli vyhotovené z hliníkových neeloxovaných plechov rozmerov 200 x 1000 x 1mm. Ako spojovacie prvky boli použité hliníkové plné rozklepávacie nity so zapustenou hlavou STN 02 2311 rozmeru 4x6 mm (obrázok 1).



Obrázok 1: Nit so zapustenou hlavou použitý pri nitovacej vzorke. Zdroj: Autori.



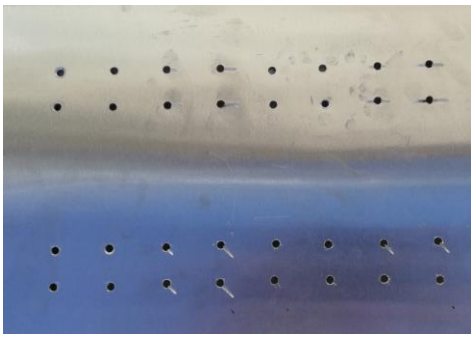
Obrázok 2: Vytvorené nitované spoje (pohľad z hora). Zdroj: Autori.



Obrázok 3: Model nitovanej vzorky vytvorený v programe Catia V5. Zdroj: Autori.

Nitované spoje na kontrolné merania boli vytvorené preplátovaním troch hliníkových plechov, z ktorých každý mal hrúbku 1 mm. Výsledná hrúbka nitovanej vzorky bola teda 3 mm. Otvory pre nity boli vytvorené stĺpovou vŕtačkou. Na vytvorenie otvorov bol použitý vrták s priemerom 4 mm. V plechu, kde dosadali zapustenia hláv nitov do otvorov, bolo potrebné záhlbníkom vytvoriť skosenie diery pre správne zapadnutie hlavičky nitu do plechu. Nitované spoje boli vytvorené ručne, pomocou pneumatického nitovacieho kladiva, v štyroch dvojradových oblastiach, ktoré sú naznačené na obrázku 3, pod položkami 1,2,3,4.

Na nitovanej vzorke boli vytvorené umelé výrezy, ktoré simulovali poruchy nitovaných spojov. Tie boli na nitovaných plechoch vytvorené vybrúsením zárezov v oblasti otvorov pre nity. Dĺžka simulovaných porúch bola 2,4,6 a 8 mm a šírka 1 mm. Hĺbka vybrúsených zárezov sa pohybovala od 0,5 do 1 mm. Hĺbky zárezov v jednotlivých plechoch sa nedajú presne určiť, pretože zárezy boli vytvárané ručne, elektrickou ručnou mikro vŕtačkou (obrázok 4). Poruchy boli orientované pozdĺž otvorov pre nity, prípadne sklonené pod uhlom 45˚.



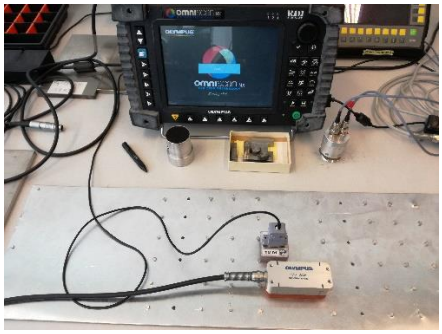
Obrázok 4: Vytvorené umelé poškodenia v oblasti otvorov pre nity. Zdroj: Autori.

V oblasti nitovaných spojov boli simulované aj poruchy spôsobené povrchovou koróziou hliníkového plechu. Na povrch plechu bol nalepený hliníkový prášok, simulujúci rôzne tvary korózie medzi nitovanými plechmi. Na simuláciu korózie bol použitý veľmi jemný hliníkový prášok CAS:7429-90-5. Hliníkový prášok bol na povrch plechu nalepený flexibilným lepidlom s gélovou konzistenciou na báze FLEXTEC polyméru bez obsahu rozpúšťadiel.

Obrázok 5: Hliníkový prášok nalepený na povrch plechu. Zdroj: Autori.

Na merania nitovaných spojov bol použitý prístroj Olympus OmniScan MX. Tento prístroj patrí medzi modulárne a prenosné testovacie jednotky. V prístroji bol použitý modul pre meranie vírivými prúdmi. Prístroj je možné využiť na manuálne, ale aj automatizované kontroly. Počet kanálov prístroja je 32 s vnútornou multiplexáciou, prípadne 64 kanálov s externou multiplikáciou. Konektor OmniScan má funkciu ID sondy, ktorá umožňuje fyzickú detekciu a rozpoznanie sondy pripojenej

sondy. Táto funkcia má za úlohu nastavenie rozlíšenia C-scan ECA sond a načítanie správnych parametrov sondy.



Obrázok 6: Merací prístroj Olympus OmniScan MX s meracími sondami použitými pri experimentálnych meraniach. Zdroj: Autori.

K meraciemu prístroju boli použité príslušné sondy Olympus ECA s označením SBB-051-150-032 a SAB-067-005-032, ktoré sú vhodné na takúto kontrolu nitovaných spojov (Olympus, 2010).

4. Vyhodnotenie meraní simulovaných porúch a korózie

Pred vykonaním jednotlivých meraní je potrebné najskôr dané sondy kalibrovať na známej materiálovej vzorke s umelými poruchami. Materiálová vzorka s umelými poruchami obsahuje kalibračné poruchy, ktorých rozmery (dĺžka, hĺbka) sú známe. Kalibrácia sondy by sa mala vykonať na čo možno najidentickejších skúšobných vzorkách. Mali by byť z rovnakého materiálu (alebo materiálu s rovnakou vodivosťou) a hrúbky ako časti, ktoré sa majú skúšať, a ak sa má testovať viacvrstvová časť, každá vrstva by mala byť z rovnakého materiálu (alebo rovnakej vodivosti) a hrúbky ako skúšobné časti. Okrem toho by mali mať reálne alebo umelé chyby simulujúce požadovaný typ, polohu a orientáciu, ako chyby ktoré sa musia odhaliť.

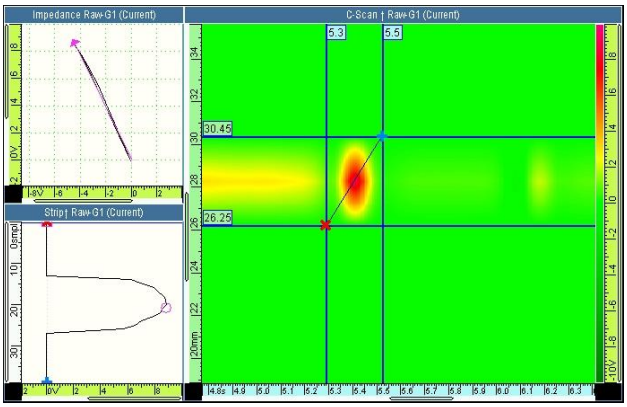
Pred meraním je potrebné zistiť referenčné signály sondy, ktoré sa budú porovnávať so skutočnými nameranými signálmi, v ktorých sa môžu vyskytnúť trhliny, prípadne korózia. Kalibračný proces je potrebné vykonať pred každým meraním. Metóda ECA je tzv. komparatívna metóda. To znamená, že sa musia porovnávať dva signály: bez akéhokoľvek poškodenia (bez trhlín alebo chýb) a signál s vopred známymi poruchami, ktorých parametre poznáme. Diferenciál týchto dvoch signálov dáva rozdielnu odozvu, ktorá je dôležitá na analýzu signálov a ich vyhodnotenie. Na základe porovnania týchto signálov je možné uviesť a potvrdiť záver o akomkoľvek meraní. Všetky kalibračné merania sa vykonali na kalibračných vzorkách. Pod pojmom kalibračné vzorky sa rozumie bloková vzorka z rovnakého materiálu ako je skutočná štruktúra s prítomnosťou trhliny definovaných rozmerov. Výsledné signály sú po excitácii zobrazené a sú základnými signálmi na vyhodnotenie ďalších neznámych signálov získaných meraním skutočnej štruktúry.

Ako prvé meranie bolo uskutočnené meranie otvoru pre nit, ktorý ešte nebol vyplnený nitom. Toto prvotné meranie bolo potrebné uskutočniť pre zlepšenie kalibrácie, nastavenia meracieho prístroja a meracích sond. Meranie taktiež poskytlo detailnejšie informácie o štruktúre nitovanej vzorky, ktorá bude následne kontrolovaná na ostatné simulované poruchy. Výsledok merania otvoru pre nit je zobrazený na obrázku 8. Najkomplexnejší pohľad na kontrolovanú štruktúru poskytuje mód C-scan. C-scan zobrazuje výsledky merania v dvojrozmernom zobrazení ako rovinný pohľad na kontrolovanú štruktúru. Tento pohľad je podobný zobrazeniu ako pri röntgenovom obraze. Farebné spektrum zobrazené pri C-scan predstavuje priebeh amplitúdy. Zobrazené jednotlivé farby predstavujú hĺbku signálov porúch pri prechode sondy po skúšanom povrchu.

Ďalším zobrazením, ktoré poskytuje defektoskop je zobrazenie impedančnej roviny (impedance raw). Toto zobrazenie znázorňuje priebeh impedancie zaznamenanej počas merania.

Posledným zobrazením je zobrazenie grafu priebehu impedancie (strip raw) v čase. Toto zobrazenie sa nachádza pod zobrazením impedančnej roviny.

Určenie rozmerov poruchy je možné odhadnúť zo zobrazenia C-scan, v ktorom je možné použiť kurzory na odčítanie rozmerov poruchy. Výsledný rozmer priemeru otvoru pre nit odčítaný z kurzorov na zobrazení C-scan predstavuje: 30,45 mm – 26,25 mm = 4,2 mm. Hodnota priemeru otvoru pre nit odčítaná z kurzorov na zobrazení C-scan, zodpovedá skutočnému otvoru pre nit, ktorého veľkosť bola 4 mm. Ďalší parameter, ktorý je možný zistiť z obrazovky defektoskopu je hĺbka poruchy, v tomto prípade dĺžka otvoru pre nit. Hĺbka porúch sa určuje z priebehu signálu impedancie v čase (graf strip raw). Meranie bolo uskutočnené na hliníkovom plechu hrúbky 1 mm. Maximálna hodnota impedancie odpovedala približne 9V. V nasledujúcich meraniach bude táto známa hodnota impedancie používaná na odhad hĺbky simulovaných porúch, teda ako porovnávacia hodnota impedancie.



Obrázok 7: Určenie rozmeru otvoru pre nit. Zdroj: Autori.

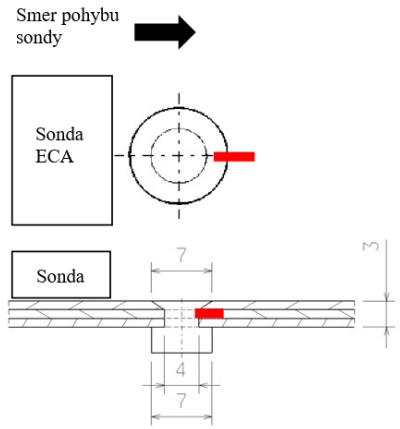
4.1. Simulová porucha v druhej vrstve nitovanej vzorky

Nasledujúce ukážka z merania je zameraná na kontrolu v druhej vrstve nitovanej vzorky. Dĺžka vytvorených porúch v otvore pre nit bola 6 a 8 mm. Na kontrolu bola použitá sonda SBB-051-150-032. Pre vhodné výsledky kontroly druhej vrstvy nitovanej vzorky sa použili nasledovné nastavenia sondy vírivých prúdov:

- budiaca frekvencia 120 kHz,
- zisk 60 dB,
- použitý highpass filter (vysokopriepustný filter).

Pri vykazovaní veľkých odchýlok permeabilty vzniká veľký šum na pozadí zobrazenia C-scan. Zlepšenie zobrazenia a zníženie šumu na pozadí zobrazenia C-scan sa dá dosiahnuť použitím vysokopriepustného filtra. Vysokopriepustný filter by sa mal používať len vtedy, keď sa zisťujú malé poruchy materiálu. Tento

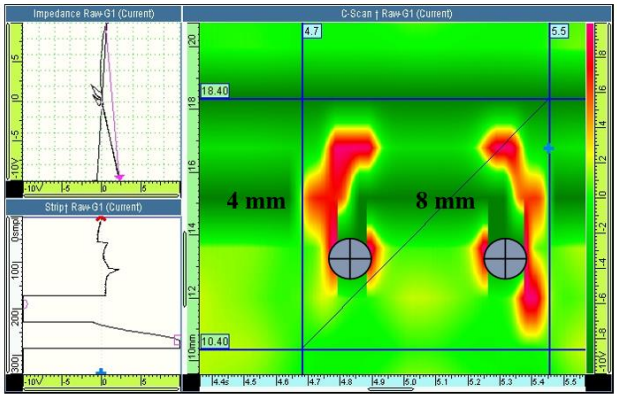
filter nie je vhodné používať pri zisťovaní korózie väčších rozmerov. Filtre s vysokým priepustom majú tiež tendenciu eliminovať pozdĺžne poruchy (paralelne s pohybom skenovania) a zvyšujú kolmé alebo uhlové poruchy. Preto treba pri použití vysokopriepustných filtrov postupovať s rozvahou.



Obrázok 8: Spôsob kontroly nitovaného spoja s vytvorenou poruchou v druhom plechu nitovanej vzorky. Zdroj: Autori.

Výsledok skenovania je zobrazený na obrázku 9. V ľavej časti zobrazenia C-scan je výsledok skenovania poruchy dĺžky 4 mm. Odčítaná dĺžka zobrazenej poruchy z kurzorov zobrazenia C-scan zodpovedá skutočnej dĺžke simulovanej poruchy. V tom istom obrázku na pravej strane C-scan zobrazenia je znázornená porucha dĺžky 8 mm, taktiež zhotovená v druhej vrstve nitovanej vzorky. Odčítaná dĺžka poruchy z obrazovky defektoskopu je približne 7 mm.

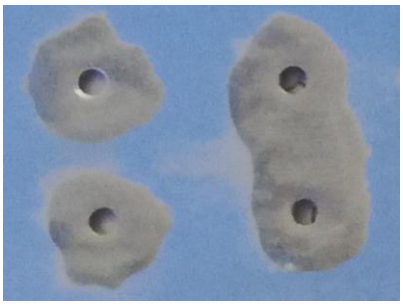
Hodnoty impedancií sa pri skenovaní pohybovali v rozmedzí – 10 V po + 10 V. Na základe priebehu signálu impedancie je možné určiť hĺbku poruchy zobrazenú defektoskopom približne na 1 až 1,5 mm.



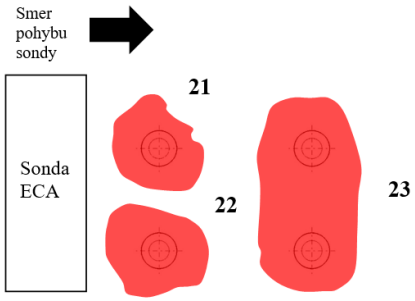
Obrázok 9: Výsledok kontroly simulovanej poruchy dĺžky 4 mm a 8 mm v druhom plechu nitovanej vzorky. Zdroj: Autori.

4.2. Simulovaná korózia v druhej vrstve nitovanej vzorky

Pre simuláciu korózie medzi nitovanými plechmi bol použitý hliníkový prášok, popísaný v predchádzajúcej časti článku. Nasledujúca kontrola bola zameraná na odhalenie takto simulovanej korózie. Skenovanie bolo zamerané na odhalenie prítomnosti hliníkového prášku v druhej vrstve nitovanej vzorky. Tvar nalepeného hliníkové prášku v okolí nitov je zobrazený na obrázku 10.

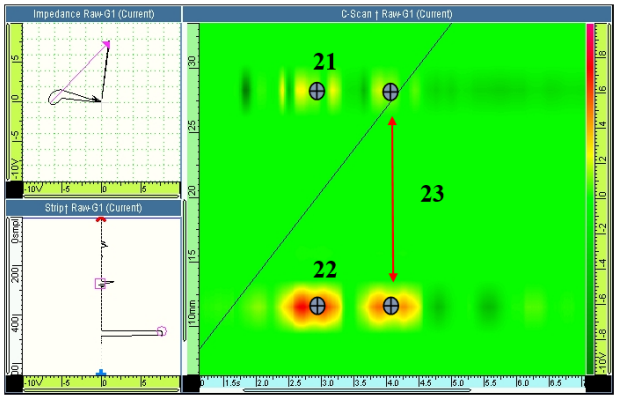


Obrázok 10: Hliníkový prášok skenovaný v druhej vrstve nitovanej vzorky (fotografia pred znitovaním plechov). Zdroj: Autori.



Obrázok 11: Spôsob kontroly nitovaného spoja so simulovanou koróziou v druhej vrstve nitovanej vzorky. Zdroj: Autori.

Výsledok kontroly je zobrazený na obrázku 12. Na skenovanie bola použitá sonda SAB-067-005-032, ktorá je vhodnejšia pre zisťovanie prítomnosti korózie. Najlepšie výsledky sa získali pri nastavení budiacej frekvencie 10 kHz, zisku 75 dB, bez použitia filtra. Pri skenovaní bola simulovaná korózia pomocou hliníkového prášku odhalená s veľmi dobrým rozlíšením. Maximálna hodnota signálu impedancie zodpovedá približne + 9 V a odhadovaná hĺbka porúch na základe tejto hodnoty impedancie je 1 mm.



Obrázok 12: Výsledok kontroly simulovanej korózii v druhej vrstve nitovanej vzorky. Zdroj: Autori.

Hliníkový prášok bol však zachytený len v oblasti nitov. V priestore medzi nitmi hliníkový prášok sondou zachytený nebol (oblasť naznačená červenými šípkami). Takýto výsledok môže byť spôsobený tým, že plechy medzi nitmi k sebe nedoliehajú a je medzi nimi vzduchová medzera. V tejto oblasti nedochádza k zmene vírivých prúdov a hliníkový prášok nie je odhalený.

5. Záver

V súčasnom priemysle majú techniky deštruktívnej a nedeštruktívnej kontroly svoje nezastupiteľné miesto pre zabezpečenie kvality výrobkov. Zatiaľ čo deštruktívne techniky sa využívajú len pri niektorých vzorkách výrobkov, pretože po vykonanej skúške sú tieto výrobky zničené. V moderných priemyselných procesoch sú však nedeštruktívne techniky podstatne výhodnejšie, pretože všetky testovania sú vykonávané bez trvalých zmien skúšaného objektu.

Základy tejto nedeštruktívnej techniky boli položené už pred niekoľkými desaťročiami, výskum a vývoj nových sond, techník a prístrojového vybavenia je neustále vykonávaný výrobcami a výskumnými skupinami po celom svete. Na splnenie čoraz vyšších štandardov kvality, ktoré sa vyžadujú v takmer každom priemysle, sú vyvíjané nové sondy a skúma sa použitie nových supravodivých quantovo-interferenčných prístrojov. Neustály vývoj sond je taktiež zameraný na optimalizáciu detekcie trhlín a prevádzkových premenných, ako sú frekvencia a pomer signálu k rušeniu vírivých prúdov.

Pre veľký počet simulovaných porúch na nitovanej vzorke v článku nie sú podrobne vyhodnotené výsledky všetkých meraní. Kontrolované však boli všetky simulované poruchy vyhotovené na nitovanej vzorke. Parametre nastavenia meracieho prístroja boli pre ostatné poruchy v prvej, druhej a tretej vrstve nitovanej vzorky totožné ako pri vyhodnotených meraniach uvedených v článku. Pri meraniach boli všetky simulované poruchy nitovanej vzorky spoľahlivo odhalené. Menšie nepresnosti pri meraniach boli zaznamenané v treťom plechu nitovanej vzorky. V tomto prípade sa meracia sonda dostala na hranicu hĺbky prieniku vírivých prúdov.

Na záver je možné zhrnúť, že nedeštruktívne testovania na báze vírivých prúdov poskytujú priemyslu spoľahlivé informácie o výskyte rôznych nežiadúcich anomálií materiálov a súčiastok. S vývojom nových materiálov používaných aj v leteckej technike prebieha neustály vývoj nových techník na spoľahlivú kontrolu týchto materiálov. V priebehu posledných rokov boli dosiahnuté vynikajúce zlepšenia tejto nedeštruktívnej techniky a možno vysloviť, že zlepšovanie bude naďalej pokračovať.

Referencie

Bugaj, M. 2012. Basic step of applying reliability centered maintenance in general aviation. Transport Problems, Volume 7, p. 77-86.

Bugaj, M., Pecho, P., & Janovec, M. 2018. Maintenance reliability monitoring system. In Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita, 2018. ISBN 978-80-554-1418-8. s. 52-55.

Bugaj, M., Rostáš, J. 2016. Diagnostika lietadlovej techniky. In: Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve 2016: medzinárodná vedecká konferencia organizovaná v rámci riešenia projektu Základný výskum tarifnej politiky na špecifickom trhu letiskových služieb VEGA 1/0838/13: Zuberec, 27.-29. január 2016. Žilina: Žilinská univerzita. 2016. ISBN 978-80-554-1143-9. s. 64-66.

Janoušek, L., et al. 2016. Diagnosis of real cracks from eddy current testing signals using parallel computation. In: Nondestructive Testing and Evaluation, published online 17 Oct 2016, ISSN 1058-9759, 9 p.

Janovec, M., Bugaj, M. 2017. Nedeštruktívne metódy kontroly konštrukcie lietadiel. In Aero-Journal: international scientific journal of air transport industry. 2017. ISSN 1338-8215. č. 1, s. 32-37.

Janovec, M., Smetana, M., Bugaj, M. 2019. Eddy Current Array Inspection of Zlin 142 Fuselage Riveted Joints. Transportation Research Procedia 40, pages 279–286. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.042

Lamarre, A. 2019. Eddy current array technology for the inspection of aircraft and engine during maintenance. Dostupné na Internete (cit. 10.12.2018): https://ndt.aero/images/docs/Eddy%20current%20array.pdf

Lüthi, T. 2013. Non-Destructive Evaluation Methods, Dostupné na Internete: https://www.pdfdrive.com/non-destructive-evaluation-methods-d38650200.html

Olympus. 2010. Eddy Current Probes and Accessories. Dostupné na Internete (cit. 23.01.2019): http://www.epsilon-ndt.com/upload/file/eddy-current-problari.pdf

Škeřík, M., Mařánek, P. 2014. Skripta NDT metody. Praha: Advanced Technology Group.

THE MEASUREMENT OF PILOT WORKLOAD

MERANIE PRACOVNEJ ZÁŤAŽE PILOTOV

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

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

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

Branislav Kandera
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
kandera@fpedas.uniza.sk

Abstract

The article is focused on objective measurement of pilot workload during IFR flight. For the purpose of our research, we decided to use eye monitoring technology to record eye movements to determine the pilot's performance. Eye monitoring provides data on the number of eye movements,number of visual intakes, number of saccades, number of blinks, fixations and the durations of these. Our study incorporated overall six pilots divided into two groups: the experienced and inexperienced. The measurements were performed on the ELITE S923 flight simulator located at Žilina airport, Dolný Hričov. Measurement and analysis of the data showed that the pilots showed significant deviations when comparing the two pilot samples. We also demonstrated various scanning techniques during ILS and NDB approaches. The conclusion of our work summarizes the measurement results and the use of eye track technology in the future.

Keywords

Pilots Performance, Eye Tracker, Aircraft Instruments, Flight simulator, Pilot

1. Úvod

Letecká doprava je najmladšou dopravou a jej prvotné výskumy boli prioritne zamerané na technický stav lietadiel a najmä zvýšenie bezpečnosti a spoľahlivosti. Na základe technologického rozvoja avioniky a pozemnej infraštruktúry, s neustálym napredovaním v letectve sa lietadlá stávali menej náchylné na mechanické zlyhania a percentuálny podiel leteckých nehôd súvisiacich so zlyhaním ľudského faktora narastal. Aktuálne vedecké výskumy sa venujú najmä riešeniu problematiky mentálnej záťaže pilotov, spojenej so zavádzaním rôznych technologických inovácií a následnej adaptácií pilota, ale taktiež na druhej strane s nedostatočným stupňom aktivácie a dostatočnej motivácie spojenej s automatizáciou. Stresové stavy vznikajú pri preťažení, ako aj pri zníženej pracovnej záťaži, resp. pri monotónnej činnosti. V podrobnom rozbore stresových stavov pri práci a ich vplyve na cievne a mentálne poruchy je preukázané, že ide o konfliktné situácie pri práci alebo o preťaženie, čo vedie k zvýšeniu neurotických stavov, anxiety, k zmenám kardiovaskulárneho systému a mentálnym poruchám.

Mentálna záťaž pilota je hlavným aspektom pri navrhovaní a prevádzke moderných leteckých systémov. V minulosti pilot získaval potrebné letové informácie na základe pozorovania vonkajšieho sveta. S postupným technologickým rozvojom sa však lietadlo stávalo čoraz zložitejšie, počet potrebných informácií narastal a limitujúcim faktorom sa stalo rozloženie kokpitu. „Dosiahol sa vývojový bod, v ktorom nie je možné zvýšiť počet ukazovateľov, čísel a signalizácií alebo zlepšiť ich rozloženie“ (Coombs, 1990).

Ľudský vizuálny systém je jedným z najzložitejších systémov. Je súčasťou nášho nervového systému a je hlavným senzorickým mechanizmom, ktorý je zodpovedný za snímanie nášho okolia a koordináciu našich aktivít. Tento systém spája senzorický vstup prichádzajúci zo sietnice očí do časti mozgu, ktoré riadia pohyb a polohu očí, označované ako okulomotorické ovládanie.

Niektorí ľudia môžu vykonávať súčasne niekoľko činností, pretože sú schopní po jednej až dvoch líniách s veľkou pravdepodobnosťou predpokladať, ako sa bude rozvíjať proces ďalej a tým uvoľniť kapacitu pozornosti pre inú činnosť.

2. Analýza súčasného stavu

Meranie pracovného zaťaženia pilota je subjektívna metóda, ktorá je ťažko merateľná v reálnom čase. Vďaka predošlým výskumom bolo preukázané, že existuje úzke prepojenie medzi mentálnym zaťažením pilota a očnými pohybmi.

Podľa týchto štúdií ak pilot nemá prispôsobené optimálne podmienky, alebo sa počas letu stretáva s určitými ťažkosťami, výkon sa zhoršuje a činnosť pohybov očí sa mení. Vo väčšine prípadov sa menia parametre fixácie, najmä dĺžka a frekvencie fixácií. Dĺžka fixácie je prvým parametrom, ktorý sa mení pôsobením stresu na pilota (Causse, 2011) (Wickens, 2004). Z tohto dôvodu sme sa rozhodli naše merania zamerať na pôsobenie mentálneho zaťaženia, ktoré je spôsobené nedostatočným výcvikom a skúsenosťami. Preto sme sa rozhodli porovnať dve vzorky participantov, ktorí boli rozdelení do dvoch skupín podľa počtu nalietaných IFR hodín a skúsenosťami s lietaním. Neskúsení piloti, ktorí sa zúčastnili našich meraní absolvovali teoretický IFR výcvik, avšak ešte nezačali praktický IFR výcvik. Neznalosť a zlé návyky sú s najväčšou pravdepodobnosťou najčastejšími prípadmi tých mentálnych pochybení, ktoré majú najhoršie následky. Výchova a výcvik leteckého personálu je významný nástroj prevencie proti leteckým nehodám a incidentom. Výcvik obsahuje aktivity vykonávané pod dozorom príslušného oprávneného inštruktora, ktoré sú zamerané na praktický nácvik v danej problematike a smerujúce k vydaniu alebo obnove platnosti oprávnenia alebo kvalifikácie.

Zámerne sme sa rozhodli pre dve rozdielne priblíženia (NDB a ILS), s rôznou obťažnosťou prevedenia. Rozhodli sme sa zamerať na najnebezpečnejšiu fázu letu a to samotné pristátie. Khatwa a Helmreich (1999) uvádzajú, že 287 z 621 (46%) smrteľných nehôd v rokoch 1980 až 1996 sa udialo počas fáz priblíženia a pristátia lietadla. Podľa údajov Bakera, Lamb, Li a Dodd (1996) sa výcvikové lety stretávajú s viac ako 300 nehodami ročne (štatistiky zaznamenávajú obdobie v rozmedzí rokov 1989 a 1992), že 51% nehôd sa odohralo počas sólových výcvikových letov (Baker et al, 2001), Pri tak veľkom počte nehôd, ku ktorým došlo počas pristátia, je dôležité zlepšiť metódy výcviku pilotov počas tejto zraniteľnej fázy letu (Khatwa a Helmreich, 1999).

3. Očné pohyby a fixácia počas letu

Ako už bolo v úvode spomenuté počet sakád y dĺžka fixácie sú prvé parametre, ktoré sa menia pri pôsobení stresu a zvýšenej mentálnej záťaži u pilota.

Človek v každodennom živote využíva striedavo skokovité a kontinuálne očné pohyby, ktoré prenášajú objekt pozornosti do fovei. (Lovejoy a kol., 2009). Sakáda je definovaná ako rýchly pohyb očí medzi dvoma fixáciami. Sakadické potlačenie je pojem, vďaka ktorému je percepcia stabilná, počas rýchlej zmeny očných pohybov (sakadických pohybov), ktoré prerušujú normálne videnie. Tým pádom je zredukovaná citlivosť. Hlavné charakteristiky sakády sú: rýchlosť a trvanie, tvar a trajektória a latencia. Vzťah medzi veľkosťou, rýchlosťou a trvaním je označovaná ako vzťah hlavnej sekvencie.

Latencia alebo reakčný čas sakadických očných pohybov je približne 100-300 ms. Toto je časový interval medzi prvou prítomnosťou stimulu a skutočným začatím pohybu oka, ktorý je určený časom, kedy mozog potrebuje iniciovať sakadický pohyb (Enderle a Bronzino, 2012).

Fixácia je definovaná ako stav, počas ktorej jedinec vizuálne zhromažďuje a interpretuje informácie dostupné vo foveálnom rozsahu oka, v určitom časovom horizonte, ktorý je dlhší ako 80 ms (Holmqvist a kol., 2011).

Fixácia, alebo pozorovanie jedného prístroja je jednou z najčastejších chýb u pilotov, ktorí začínajú s lietaním podľa prístrojov. Pilot sa na začiatku zameria na jeden prístroj a následne vykonáva úpravy spojené s indikáciou tohto prístroja. Napríklad pri zameraní sa na umelý horizont je dôležité si uvedomiť, že na správne prevedenie letu je potrebné využívať umelý horizont s primárnymi a sekundárnymi nástrojmi, v závislosti od danej fázy letu. Aby sa predišlo tejto chybe, je dôležitá správna skenovacia technika s čo najkratšími fixáciami na jednotlivé prístroje.

4. Metodika merania

Predmetom skúmania je objektívne meranie záťaže vybranej vzorky pilotov počas letu na simulátore s využitím rôznych meracích metód. Pred samotným meraním sme sa venovali analýze súčasného stavu a hľadali najvhodnejšiu metódu merania záťaže. Meranie mentálnej záťaže pilotov je veľmi subjektívne. Preto sme sa rozhodli zamerať na objektívne metódy merania, ktoré nebudú počas letu rozptyľovať pilota a pre relevantnosť informácií zaznamenávať viacero parametrov. Namerané údaje sme analyzovali a porovnávali počas jednotlivých fáz letu.

Meraní sa dobrovoľne zúčastnilo šesť pilotov, ktorí sú súčasne pilotmi vo výcviku na LVVC. Vek účastníkov sa pohyboval od 21 do 28 rokov (priemerný vek 23,8). Všetci participanti boli vopred oboznámení s priebehom celého merania a vopred sa naň pripravili. Pre potreby meraní sme sa vopred rozhodli pilotov rozdeliť do dvoch základných skupín podľa počtu nalietaných hodín a skúsenosti s IFR lietaním. V prípade skúsených pilotov sa jednalo a pilotov, ktorí už absolvovali IFR výcvik. V prípade neskúsených pilotov, participanti absolvovali len teoretický IFR výcvik. Piloti boli požiadaní, aby vykonali dve merania podľa pripraveného scenáru. Celková doba letu spolu s prípravou nepresiahla 15 minút.

Piloti postupne zaleteli prístrojové priblíženie NDB a ILS pre vzletovú a pristávaciu dráhu 06 na letisku Žilina, Dolný Hričov. Merania sa uskutočnili na letovom simulátore ELITE S923 FNPT II MCC s využitím meracieho zariadenia na zaznamenávanie očných pohybov.

Obrázok 10: Letový simulátor ELITE S923 FNPT II MCC. Zdroj: Autori.

Hlavnou meracou metódou bolo využitie technológie na sledovanie a zaznamenávanie očných pohybov Eye Track. Pre potreby merania sme využili okuliare na sledovanie očných pohybov SMI 2 Wireless (SMI ETG 2w), ktoré zaznamenávajú prirodzený ľudský pohľad v reálnom čase. Na Obr. 2 je vidieť umiestnenie troch kamier: (a) – kamera zaznamenávajúca prostredie, (b) – dve kamery zaznamenávajúce očné pohyby.

Obrázok 11: SMI ETG 2w. Zdroj: (Holmqvist a kol., 2011).

Obrázok 12: Snímanie očí zariadením Eye Track. Zdroj: (Holmqvist a kol., 2011).

5. Analýza údajov a výsledky meraní

Eye track zariadenia zaznamenávajú rozmanité množstvo údajov, ktoré je možné rozdeliť na merania zohľadňujúce priestorové, časové, frekvenčné a sekvenčné dimenzie. Priestorové a časové parametre vyjadrujú, v akej šírke zorného poľa sa oči pohybujú, ktoré časti obrazu sú fixované a v akom čase sa toto odohráva. Frekvenčné parametre vyjadrujú, koľkokrát bol sledovaný bod fixovaný a po akú dlhú dobu, a napokon sekvenčné parametre slúžia na vyjadrenie vzorcov, ktoré reflektujú prechody medzi viacerými časťami sledovaného materiálu alebo scény (Holmqvist a kol., 2011).

Surové dáta získane zo zariadenia Eye Track počas merania sme spracovali pomocou softvéru BeGaze. Softvér ponúka množstvo výstupov a pre naše merania sme sa zamerali najmä na počet vizuálnych vstupov, počet jednotlivých sakád a dĺžky fixácií.

Ako sme už vyššie spomenuli meranie pracovného zaťaženia počas letu objektívnou metódou je možné vďaka úzkemu prepojeniu mentálnej záťaže s očnými pohybmi pilota.

Rozhodli sme sa preto uskutočniť testovacie meranie na overenie našej hypotézy, že okuliare na sledovanie očných pohybov nevplývajú na pozornosť pilota a môžu byť používané pri meraní mentálnej záťaže počas letu. Merania sa zúčastnilo šesť pilotov, ktorí boli rozdelení do dvoch skupín: na skúsených a neskúsených- podľa počtu nalietaných hodín.

Pred samotným meraním sme si stanovili hypotézu; „Neskúsení piloti budú mať menej sakád a dlhšie doby fixácií ako skúsení piloti.“ Vychádzali sme z viacerých prieskumov a článkov, ktoré sa venovali tejto problematike. [3] Podľa týchto štúdií ak pilot nemá prispôsobené optimálne podmienky alebo sa počas letu stretáva s určitými ťažkosťami, výkon sa zhoršuje a činnosť pohybov očí sa mení.

5.1. Počet prenosov (sakád) za minútu

Prvým parametrom, ktorý sme počas letu zaznamenávali bol počet vizuálnych vnemov a počet prenosov (sakád) počas letu.

Tabuľka 2: Počet vizuálnych vstupov, prenosov (sakád) a žmurknutí počas ILS letu. Zdroj: Autori.

Skúsení piloti	Dĺžka letu	Počet vizuálnych vstupov	Počet vizuálnych vstupov/min	Počet sakád	Počet sakád/min	Počet žmurknutí
S1	0:04:32	740	163	702	155	23
S2	0:04:35	706	154	672	147	36
S3	0:04:26	653	147	635	143	24
Neskúsení piloti	Dĺžka letu	Počet vizuálnych vstupov	Počet vizuálnych vstupov/min	Počet sakád	Počet sakád/min	Počet žmurknutí
N1	0:04:43	588	125	554	117	33
N2	0:04:13	383	91	393	93	16
N3	0:04:36	598	130	581	126	24

Priemerný počet prenosov (sakád) za minútu počas ILS priblíženia u skúsených pilotov je 148. Priemerný počet prenosov (sakád) za minútu počas ILS priblíženia u neskúsených pilotov je 112. Hypotéza, ktorú sme si stanovili sa potvrdila, keďže skúsení piloti mali v priemere od 143 do 155 prenosov za minútu a neskúsení piloti od 93 do 126 prenosov za minútu.

Tabuľka 3: Počet vizuálnych vstupov, prenosov (sakád) a žmurknutí počas NDB letu. Zdroj: Autori.

Skúsení piloti	Dĺžka letu	Počet vizuálnych vstupov	Počet vizuálnych vstupov/min	Počet sakád	Počet sakád/min	Počet žmurknutí
S1	0:04:30	676	150	658	146	12
S2	0:04:48	702	146	659	137	76
S3	0:04:27	646	145	582	131	59
Neskúsení piloti	Dĺžka letu	Počet vizuálnych vstupov	Počet vizuálnych vstupov/min	Počet sakád	Počet sakád/min	Počet žmurknutí
N1	0:04:38	467	101	432	93	34
N2	0:04:32	424	94	406	90	17
N3	0:04:39	572	123	525	113	45

Priemerný počet prenosov (sakád) za minútu počas NDB priblíženia u skúsených pilotov je 138. Priemerný počet prenosov (sakád) za minútu počas NDB priblíženia u neskúsených pilotov je 98. Hypotéza, ktorú sme si stanovili sa potvrdila, keďže skúsení piloti mali v priemere od 131 do 146 prenosov za minútu a neskúsení piloti od 90 do 113 prenosov za minútu.

Rozdiel týchto hodnôt je spôsobený najmä tým, že skúsení piloti dokázali prijímať informácie v kratšom čase. Tým, že piloti porovnávali hodnoty prístroja s predchádzajúcimi, obnovovali si, interpolovali význam parametra za dobu prestávky. Vďaka interpolácií vyplnili prestávky medzi susednými parametrami, čo vyvolalo dojem neustálej kontroly. Výsledkom je, že piloti predvídali zmeny polôh na určitý čas dopredu.

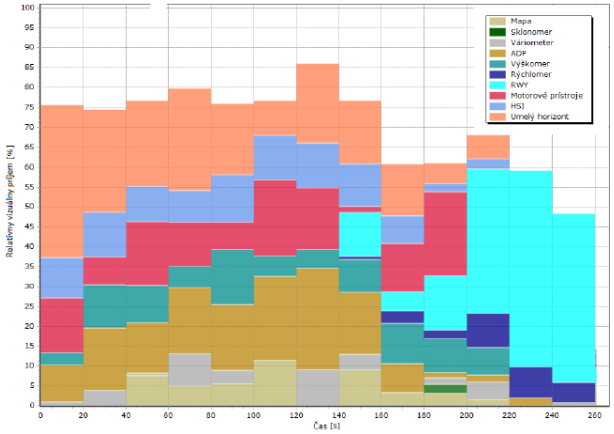
Ako sme už vyššie spomenuli skúsení piloti dokázali prijímať informácie v kratšom čase. Kratšie zotrvanie na jednom prístroji umožnilo skúsenejším pilotom skenovať ostatné oblasti záujmu. Taktiež mali viac času na detekciu prípadných chýb a následne zahájenie opravy.

Rozdiel v počte prenosov u skúsených pilotov pri ILS a NDB priblížení, je spôsobený najmä tým, že piloti majú viacej skúsenosti s ILS priblížením a majú nacvičené postupy ILS priblíženia pre dráhu 06 na letisku Žilina, Dolný Hričov. Z tohto dôvodu dokázali piloti dopredu predvídať jednotlivé hodnoty prístrojov a prechádzanie pohľadu po jednotlivých prístrojoch bolo oveľa kratšia a slúžilo len ako kontrola jednotlivých ukazovateľov.

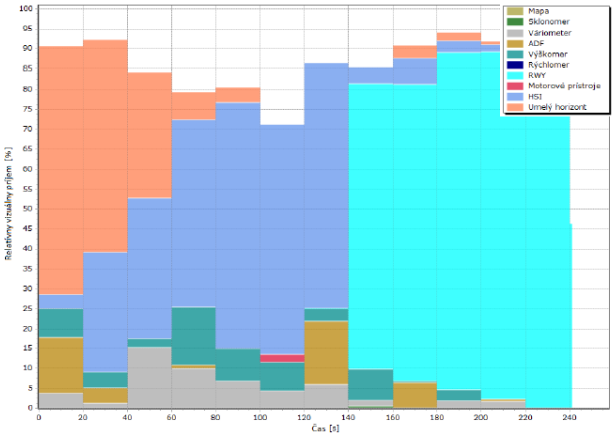
5.2. Dĺžka fixácie počas letu

Ďalším parametrom, ktorý sme počas letu zaznamenávali a následne porovnávali, bola celková doba zotrvania na jednotlivých ukazovateľoch.

Cieľové oblasti, ktoré nás zaujímajú, sa nazývajú oblasti záujmu (areas of interest alebo regions of interest). Pomocou softvéru sme vytvorili graf, na ktorom je zobrazený percentuálny podiel celkovej doby zotrvania na danej oblasti záujmu v určitých časových úsekoch.



Obrázok 13: Percentuálny podiel celkovej doby zotrvania na jednotlivých oblastiach záujmu počas NDB priblíženia u skúseného pilota. Zdroj: Autori.



Obrázok 14: Percentuálny podiel celkovej doby zotrvania na jednotlivých oblastiach záujmu počas NDB priblíženia u neskúseného pilota. Zdroj: Autori.

Pri porovnaní je možné vidieť, že skenovacie postupy pilotov sú rozdielne. Neskúsený pilot sa najmä v poslednej fáze priblíženia zameral na dráhu pred sebou a nepokračoval v skenovacej technike ostatných prístrojov. V nasledujúcej tabuľke je možné vidieť percentuálny podiel doby zotrvania na jednotlivých AOI, v našom prípade sa jedná o umelý horizont (primárny prístroj) a sledovanie vonkajšieho okolia (konkrétne RWY). V prípade NDB priblíženia je rozdiel najväčší, kedy v prípade neskúsených pilotov sa jedná o dvojnásobné hodnoty v porovnaní so skúsenými pilotmi.

Tabuľka 4: Porovnanie celkovej doby zotrvania (fixácie) na umelom horizonte a sledovaní vonkajšieho okolia (RWY) počas NDB a ILS priblíženia. Zdroj: Autori.

	ILS		NDB	
Skúsení piloti	Umelý horizont	RWY	Umelý horizont	RWY
S1	34,7	8,1	22,3	17,2
S2	28,3	14,7	18	14,7
S3	29	9,5	19,4	19,2
Neskúsení piloti				
N1	34,3	10,1	27,9	40
N2	16,3	8,3	13,7	38,2
N3	34,5	13,5	25,6	37,6

Ako už bolo spomenuté nesprávna skenovacia technika môže najmä u neskúseného pilota viesť ku zahlteniu informáciami čo môže spôsobiť zvýšenú únavu pilota. Táto únava a emočné napätie sa prejaví v chybnej činnosti a spomalených reakciách a môžu viesť ku vzniku klamných pocitov za letu.

Na začiatku výcviku bude pilot prijímať veľké množstvo informácií z viacerých prístrojov. Preto je nevyhnutné osvojiť si metódu selektívneho pozorovania a znížiť tým pracovnú záťaž pilota.

6. Záver

Zo všetkých zmyslov je videnie najdôležitejšie pri poskytovaní informácií na udržanie bezpečného letu. Očné pohyby poskytujú informácie o pracovnej záťaži a situačnom povedomí pilota. Pilotovanie je zložitým uvedomelým aktom, ktorý obsahuje procesy vnímania informácie, sformovania obrazu letu na základe vnímaných informácií a nakoniec vyplnenie motorickej činnosti. Správna optimalizácia výstupov prístrojovej dosky ako je intenzita podsvietenia, audiovnemov a komfort pilotáže ako komplex, vplýva na pracovnú výkonnosť a prípadný stres posádky (Turiak a kol, 2014) Stresové prostredie môže mať negatívny dopad na rozhodovací proces. Nesprávna interpretácia informácií z leteckých prístrojov spôsobená zlým nastavením osvetlenia, môže byť zdrojom mnohých pochybení (Novák a Mrázová, 2015).

Neustále zvyšovanie bezpečnosti v leteckej doprave sa v súčasnosti najviac orientuje práve na ľudský faktor, ktorý je najčastejšou príčinou leteckých nehôd. Pomocou moderných technológií je možné objektívne merať viacero parametrov počas letu ako sú napr. koncentrácia, reakčný čas pilota, rozloženie pozornosti a pod. Kvôli bezpečnosti sa tieto merania uskutočňujú na letových simulátoroch. Nadmerné zaťaženie pilota môže spôsobiť zhoršenie vnímavých schopností, predĺžiť reakčný čas a zvýšiť pravdepodobnosť nesprávneho rozhodnutia, čo môže následne viesť k nebezpečným situáciám. Z tohto dôvodu môže výskum zameraný na mentálnu záťaž pilota prispieť k zvýšeniu bezpečnosti v leteckej doprave. Pre vývoj tejto oblasti je nevyhnutné hľadať nové systémy a metódy monitorovania záťaže pilota (Brezoňáková a kol, 2019).

Článok experimentálne overil využitie technológie na sledovanie očných pohybov ako vhodnú metódu pre objektívne meranie pracovnej záťaže pilotov počas letu. Veľkou výhodou tohto

zariadenia je jeho minimálny vplyv na pozornosť pilota a možnosť zaznamenávania očných pohybov a následná analýza. Výsledkami meraní sú grafy zobrazujúce počet vizuálnych vstupov, počet sakád a dĺžku fixácie počas priblíženia. Analýzou sledovaných parametrov sa potvrdili vopred stanovené hypotézy, že skúsení piloti budú mať väčší počet sakád s kratšími fixáciami. Záverom a výsledkom článku je potvrdenie počiatočnej hypotézy a teda potvrdenie vplyvu efektívneho praktického výcviku na zníženie pracovnej záťaže počas letu.

Poďakovanie

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

Baker S. P., Lamb M. W., Grabowski J. G., Rebok G., Li, G. 2001. Charakteristics of general aviation crashes involving mature male and female pilots, Aviat Space Environ Med

Brezoňáková, A., Škvareková, I., Pecho, P., Davies, R., Bugaj, M., Kandera, B. 2019. The effects of back lit aircraft instrument displays on pilots fatigue and performance. In: Transportation Research Procedia 40, pp. 1273-1280.

Causse, M., Dehais, F., Arexis, M., Pastor, J. 2011. Cognitive aging and flight performances in general aviation pilots. Aging, Neuropsychology, and Cognition: A Journal on Normal and Dysfunctional Development, 18.5, 544-561.

Coombs, L. F. E. 1990. The Aircraft Cockpit - From stick-and-string to fly-by-wire. In: Patrick Stephens Limited, Wellingborough.

Enderle, J. D. and Bronzino, J. D. 2012. Introduction to biomedical engineering. Academic Press.

Holmqvist, K., Nystrom M., Andersson R., Dewhurst R., Jarodzka H. 2011. Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures. Oxford University Press

Lovejoy L. P., Fowler G. A., Krauzlis R. J. 2009. Spatial allocation of attention during smooth pursuit eye movements

Khatwa R., Helmreich R. L. 1999. Analysis of critical factors during approach and landing in accidents and normal fight

Novak, A., Mrazova, M. 2015. Research of physiological factors affecting pilot performance in flight simulation training device. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 17.3, 103-107.

Turiak, M., Novák Sedláčková, A. & Novák, A. 2014. Portable electronic devices on board of airplanes and their safety impact.

Wickens, C., Lee, J., Liu, Y. & Becker, S. 2004. An Introduction to Human Factors Engineering.

THE IMPACT OF TEMPERATURE AND WEAR ON LI-PO ACCUMULATORS DISCHARGE CHARACTERISTICS

Tomáš Kubáč
Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Prague, Czech Republic

Jakub Hospodka
Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Prague, Czech Republic
hospojak@fd.cvut.cz

Abstract

The goal of this paper was to find out how the ambient temperature affects the discharge characteristics and the useful energy density of lithium polymer accumulators. Also, to identify how these parameters are affected by age and wear of these accumulators. Li-Po accumulators are the most used energy source for small unmanned aerial vehicles. It is very important to know limitations of this energy source to allow efficient and safe usage. Especially these days, when these machines are being introduced into many industries. It has been found that low temperatures have a negative impact on the available accumulator capacity, especially the older ones. High temperatures, on the other hand, only slightly increased the capacity of the new accumulator. The old accumulator was affected more, higher temperatures helped to increase its available capacity. Using information gathered form this paper would help them use Li-Po accumulators more efficiently and save money on new ones because of increased life time.

Keywords

Lithium-Polymer, accumulator, battery, energy density, capacity, temperature, unmanned aerial vehicles

1. Introduction

Unmanned aerial vehicles (UAV) are experiencing significant growth around the world and in many sectors of human activity. There are various types of designs and types of propulsions on the market. With the technology development process, these machines have become very quickly available and suitable for the general public and for various industries and services. The use in industrial applications is particularly attractive due to the promise of reduced costs compared to other solutions. In order to use unmanned vehicles effectively, we need to know the limitations of their propulsions and energy sources. This paper is based on master's thesis of first author.

This paper will be focused on the definition of influence of environment temperature and age and wear on Li-Po accumulator discharge characteristics. Lithium-Polymer accumulators are currently the most used energy source in electromotor driven unmanned aerial vehicles. Especially because this type of propulsion and power source combination is very user-friendly.

A comparison between Li-Po accumulators and other energy sources for electric motors can be found in Tab. 1. As we can see, energy density and specific energy of Li-Po accumulators is the best among compared energy sources.

Table 1: energy density and specific energy of electromotor energy. Source: (Buchmann, 2018), (Engineering ToolBox, 2001), (AA Portable Power Corp, 2008), (Engineering ToolBox, 2001b), (Eaton, 2017).

Energy source	Energy density [MJ/m^3]	Specific energy [MJ/kg]
Li-Po accumulator	1 440 – 2 628	0.54 – 0.936
NiMH accumulator	720	0.216 – 0.432
Pb accumulator	100 – 900	0.04 – 0.140
Supercapacitor	50 – 60	0.01 – 0.036

As we can see in Tab. 1, there is no justification to use any other accumulator than a lithium based one. NiMH (nickel metal hydride) accumulators are good substitute in case if a price is a bigger factor than energy density. We can also observe, that lead (Pb) accumulators are absolutely not appropriate for use in applications, where weight and dimensions are limited. Supercapacitors have high energy density in comparison with normal capacitors, but they can not be compared to Li-Po or even NiMH accumulators. Their utilization belongs mostly in combined systems as energy storage with capability to discharge large currents. For example, in combination with proton exchange membrane fuel cells as main energy source.

Of course, energy density and specific energy are not the only parameters that make Li-Po accumulators the most widely used ones. They have comparatively big nominal cell voltage of 3.7 V, no memory effect, low self-discharge, easy state of charge indication through voltage (almost linear voltage decreases with discharging) and they are not dangerous to the environment (no lead or cadmium content). There is wide variety of Li-Po accumulator types. Each with specific advantages and shortcomings (Buchmann, 2018).

It is important to note difference between lithium ion and lithium polymer accumulators. Li-Ion use liquid electrolyte and the Li-Po ones use polymer electrolyte. Li-Po are also more expensive, but they are lighter and do not need hard shell. They can be manufactured in many different shapes.

It is important to know limits of technology, that is to be used, because then we can choose correctly according to our application needs. The objectives of practical measurements can be summarized as follows:

- How does the ambient temperature affect discharge characteristics and energy density?
- Does age and accumulator wear affect these characteristics?

2. Materials and methods

The measurements were carried out in cooperation with the non-destructive testing and diagnostics laboratory (NDT) and the calibration of flight recorders of the Department of Air Transport of Faculty of Transportation Sciences Czech Technical University in Prague.

For the measurements were used accumulators PECKA-POWER LiPo – 3S 2200 mAh 11.1 V 3S1P 35 C. Thus, these accumulators have 3 cells connected in series with nominal voltage of 11.1 V and the indicated capacity of 2200 mAh which is 24.42 Wh (as indicated on packaging).

$$\mathrm{I\,[A]} = \mathrm{Cr} * \mathrm{C\,[Ah]} \qquad (1)$$

where I is current in Amperes, Cr is the given value C of accumulator and is electric charge of the accumulator in Ampere hours (or in other words accumulator capacity). The accumulator manufacturer specifies a maximum continuous discharge current of 35 C and a maximum peak current of 50 C. This corresponds to a current of 77 A and 110 A respectively for peak load according to (1). It is therefore suitable for most UAVs used for recreational or commercial purposes. The maximum charge current is listed as 1 C, i.e. 2.2 A. The accumulator dimensions are 105 x 35 x 23 mm and its weight is 190.6 g, including packaging and cables (both power and balance ones). However, the weight and size thus given complicates the calculation of energy density and specific energy which values are then lower.

$$E\,[J] = 3600 * E\,[Wh] \qquad (2)$$

where E is the energy in Joules and Watt hours. The stated energy of the 24.42 Wh can be converted using equation (2) to 87 912 J. This value can then be adjusted to 0.087912 MJ. Using this value, weight and dimensions of accumulator, we obtain a specific energy of 0.46124 MJ/kg and an energy density of 1040.07 MJ/m3. These values are considerably lower than those indicated in Tab. 1. This may be due to the packaging of the particular manufacturer and to the aforementioned cables. Balance cables allow protection against discharge below recommended voltage and to charge to higher than recommended voltage (both cases would lead to significant reduction of accumulator useful cycles and possibly to destruction). However, this depends on the settings of the charger or appliance. Balance cables will only get information about voltage of each individual cell to the charger or appliance. Manufacturer of our accumulator does not know and does not mention the sub-type of Li-Po accumulator.

Two accumulators were used. One brand new and one few years old and quite worn. The old accumulator has already suffered from inflation, which indicates considerable degradation. This wear condition also indicates that the accumulator was not ideally handled (in terms of charging, discharging and storing). Such considerably different accumulators allowed us to compare well observed characteristics.

For charging and discharging was used Robbe Power Peak I4 EQ-BID 8507. Charger is able to charge 1 to 12 Li-Po cells with current from 0.1 to 10 A (maximum 210 W) and discharge them from 0.1 to 5 A (maximum 50 W). It also has the option of connecting a battery balancer, ensuring even charge of individual cells. During charging and discharging it can discontinue when pre-set voltage limit is reached (low or high) by any of the cells. Charging of Li-Po cells works automatically on the principle of constant current – constant voltage method (CC-CV). Using this method, the accumulator is first charged with a constant maximum possible current (CC), which is adjustable (determined by the C parameter of the accumulator). At the same time voltage increases. When the voltage reaches the maximum cell voltage, which is pre-set for Li-Po cells to 4.2 V/cell and is also generally accepted voltage as maximum possible, charging switches to constant voltage mode (CV). In this mode, the charger outputs this maximum voltage and gradually decreases the current. As soon as any cell reaches 4.2 V, the charger discharges this cell by several hundredths of V using balancing cables and then continues charging the entire battery. This process may take a long time (a maximum current of 300 mA is used during balancing), especially for older and worn accumulators, that have a significant cell voltage difference. Once the voltage of all cells is within range, charging is terminated. The charger and accumulator connection have been accomplished with appropriate connectors of sufficient length to allow for safe placement of the charger. The temperature measurement function with an external sensor connected to the charger was not used due to the low temperature range it can sense.

The charger also has a USB mini port. With this port, the charger was connected to a personal computer with Microsoft Windows 10 operating system. The installed Logview software enabled monitoring of current accumulator parameters such as: individual cell voltage, total voltage, charging or discharging current, transmitted energy and time. Logview can export these values to .csv format. The data was then processed in Microsoft Excel.

The charger required an input voltage if 11 to 15 V DC. For this purpose was used a switched power supply Power X-40 supplying 13.8 V and a maximum of 40 A (approximately 550 W).

Initially, a series of charging and discharging cycles with both old and new accumulators was conducted. These test measurements were used to gain experience and resolve any process deficiencies.

During the measurement, the main observed parameters were total voltage, cell voltage and transferred energy converted to the capacity given in mAh. The accumulators were left for a few hours at rest, room temperature and charged before each experiment. The first step in the measurement was to ensure that the accumulator was fully charged (4.2 V/cell) by plugging it into charge and turning on the charging process. Once the charging process was complete, the accumulator was left for 10 minutes. This is due to the internal temperature of the accumulator, which may increase during charging. This time was chosen because during the last charging phase, the temperature in the accumulator is basically not rising, due to the very small charging currents (the charger is balancing the cells). After this, the charger was set to start the discharging program with setting to discharge at 48 to 50 W and a maximum of 5 A. Thus, only with a C value of about 2.27, which is safely below the maximum value of the accumulator. Discharging was automatically stopped as soon as any cell of the accumulator reached 3 V. After 5 minutes, charging to a maximum cell voltage of 4.2 V was initiated. Data were exported in Logview and saved to .csv format.

Measurements were conducted in following temperatures:

- 60°C
- 50°C
- Room temperature (circa 22°C)
- 5°C
- -18°C

60°C and 50°C was achieved with a water bath. Since water could cause a short circuit and therefore damage to accumulators or injury, it was necessary to test this procedure carefully before using accumulators themselves. A pot was used as a container. In order to create a sufficient gap between the bottom of the pot, the heat source and accumulator, a stand was used to allow the accumulator to stand at a sufficient distance from the bottom. Sealed plastic containers filled with water have been used to prevent the accumulators form moving and slipping in the bath. Various packaging materials have been experimented with for the accumulator itself to isolate it from water. Therefore, a latex case of suitable shape was finally used, which kept the moisture out of the accumulator without any problems. It was very thin and had a high thermal permeability. After satisfactory tests, the measurements were carried out at these temperatures. The accumulators were left in the bath for 10 minutes before discharge was started. Temperature was maintained by means of gas burner under the pot. Burner was manually controlled. The temperature was read from a mercury thermometer with a range of up to 200°C and a scale of 1°C. The temperature was maintained at ± 3°C from the target during all experiments.

Measurement at room temperature was conducted as described in the general description above.

5°C was reached using a kitchen refrigerator that maintains this temperature. The accumulator was placed in the refrigerator for about 2 hours. Then the accumulator was connected to the charger, the refrigerator door closed again, and the discharge program was started. Good refrigerator sealing provided no or negligible entry of warm air, which was compensated for without problem.

Stable -18°C was achieved by inserting the accumulator into kitchen freezer that maintains this temperature steadily. Due to the physical properties of the Li-Po accumulators, it can not be completely frozen and expected to function. The chemical reaction inside the cells would stop and the accumulator would virtually lose all capacity. Of course, in real conditions, it is not possible to use Li-Po accumulators whose internal temperature is so low. They must be warmed up before use. The aim of this measurement was to find out how would accumulators be affected with a certain amount of time spent in such a freezing environment. This simulates a real example of using accumulators that are normally carried in a pocket, a car, or placed in a different environment where temperatures are not so low and are inserted into the appliance just before use. Therefore, these experiments aim to find out how much must the user rush to start using appliance after exposing accumulators to low temperatures. Assumption was, that after the current was drawn from accumulators, the internal resistance would start to heat them up and low temperatures would not compromise function. The accumulator was inserted into the freezer with cables and after specified time has elapsed, the discharging program was started.

Further measurements were taken at a room temperature after individual experiments at temperatures other than room. Mainly due to the need to verify that these extreme temperatures had no impact on further measurements and thus on the long-term capacity of the accumulators.

3. Results

Here will be presented results of measurements.

Table 2: capacity of accumulators during individual measurements. Source: Authors.

	Capacity [mAh]	
Measurement	**Old accum.**	**New accum.**
50°C	1516	2257
60°C	1530	2250
room temperature second time	1479	2249
room temperature after 50°C	1378	2245
room temperature	1599	2236
room temperature after 5°C	1556	2230
room temperature after 60°C	1288	2230
room temperature after -18°C for 25 minutes	1291	2223
room temperature after -18°C	1230	2223
room temperature after -18°C for 20 minutes	1368	2222
5°C	1465	2172
-18°C	963	2134
-18°C for 10 minutes	1134	2126
-18°C for 25 minutes	17	2111
-18°C for 25 minutes second time	802	2106
-18°C for 20 minutes	974	2103
-18°C second time	950	-
-18°C for 30 minutes	3	-
room temperature after -18°C for 10 minutes	1420	-
room temperature after -18°C for 30 minutes	1309	-

In Tab. 2 we can see a summary of the old and new accumulators capacities for each measurement. The old accumulator had more measurements because it was measured first, and some results had to be verified by a second attempt to make sure the experiment was correct.

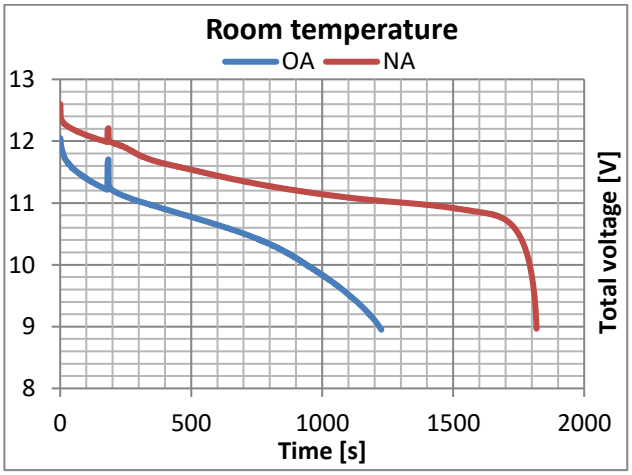


Figure 1: voltage drop over time at room temperature. Source: Authors.

In Fig. 1 we can observe the total accumulator voltage in V in dependence on time in seconds at room temperature (circa 22°C). The abbreviation OA stands for old accumulator and the abbreviation NA stands for new accumulator. These abbreviations will also be used in all of the following figures. Between 180 and 200 s we can see a short abrupt increase in voltage. This occurs in all experiments and is the result of the accumulator discharging process of charger.

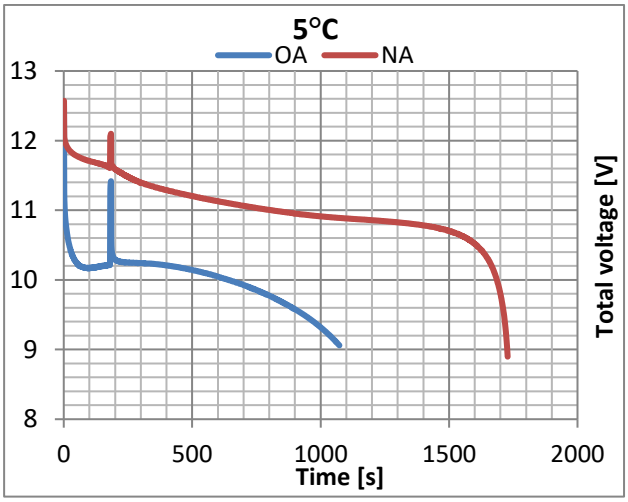


Figure 2: voltage drop over time at 5°C. Source: Authors.

Figure 2 depicts drop in voltage over time at stable 5°C.

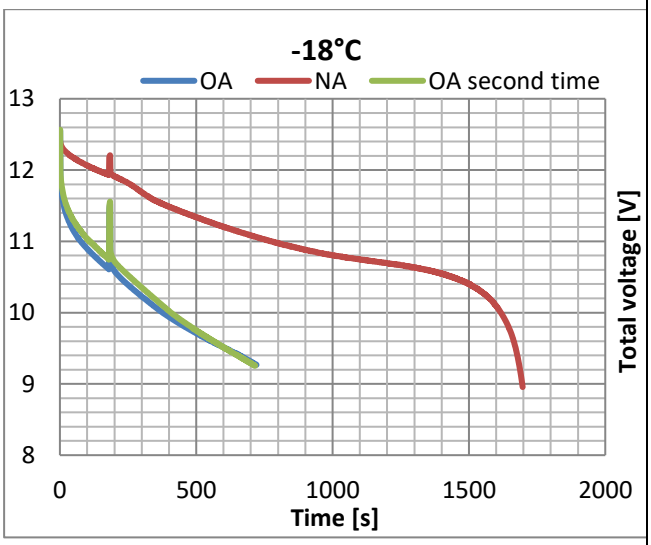


Figure 3: voltage drop over time at -18°C. Source: Authors.

In Fig. 3, we can see the same dependence at -18°C, when discharging took place immediately after insertion of accumulators into this environment.

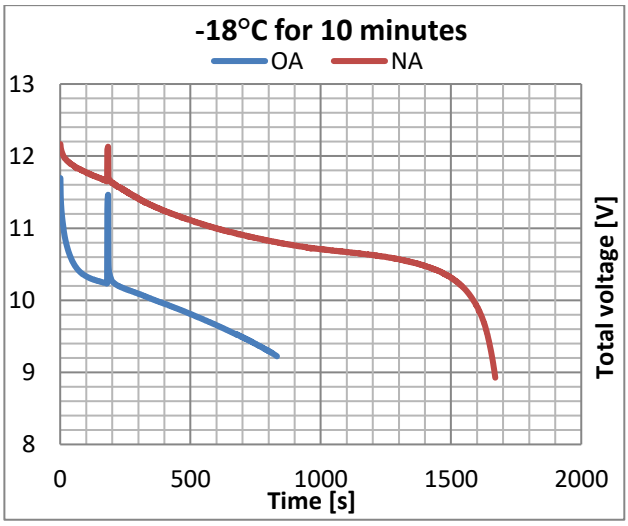


Figure 4: voltage drop over time at -18°C (inserted 10 minutes before discharge). Source: Authors

For measurements shown in Fig. 4, the accumulators were inserted into -18°C environment and after 10 minutes, the discharge program was initiated (as described in previous chapter).

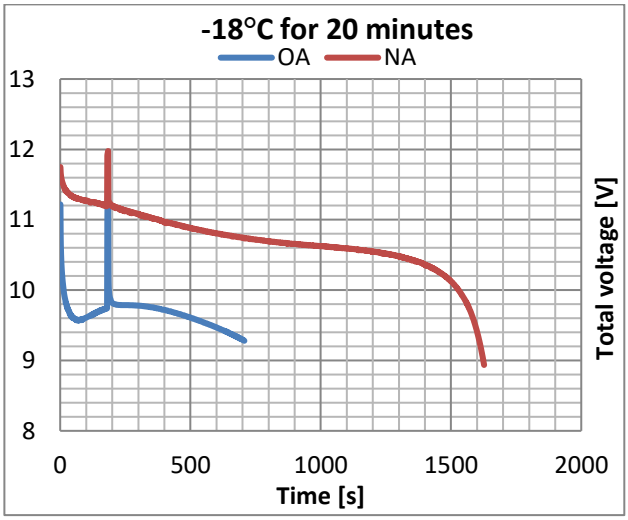


Figure 5: voltage drop over time at -18°C (inserted 20 minutes before discharge). Source: Authors.

Figure 5 shows the same kind of experiment, except that the accumulators were inserted for 20 minutes before discharge.

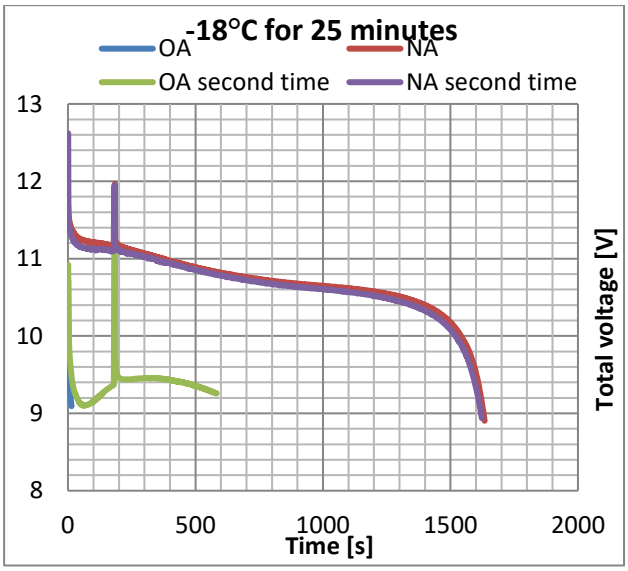


Figure 6: voltage drop over time at -18°C (inserted 25 minutes before discharge). Source: Authors.

In Fig. 6, we can see four measurements at -18°C with accumulators inserted into this temperature 25 minutes before the discharge. Two measurements were made for each accumulator.

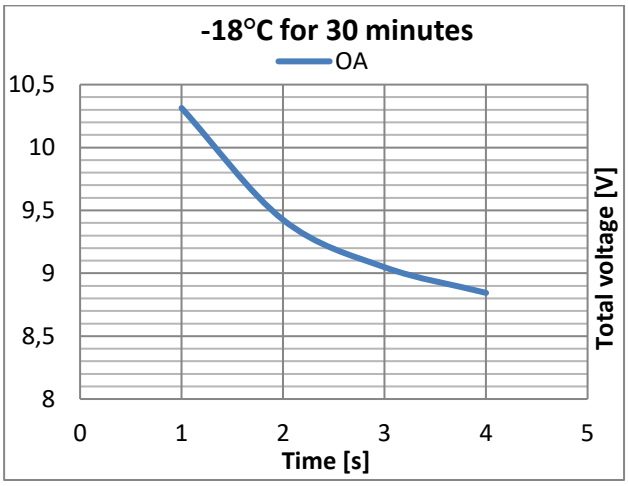


Figure 7: voltage drop over time at -18°C (inserted 30 minutes before discharge). Source: Authors.

Figure 7 contains only the data measured when discharging the old accumulator inserted to -18°C 30 minutes before discharge. During these repeated attempts with old accumulator, was found that the voltage drops immediately below the selected limit. Therefore, the new accumulator was not measured. The main reason was the need to preserve its relatively good condition for further use by the department.

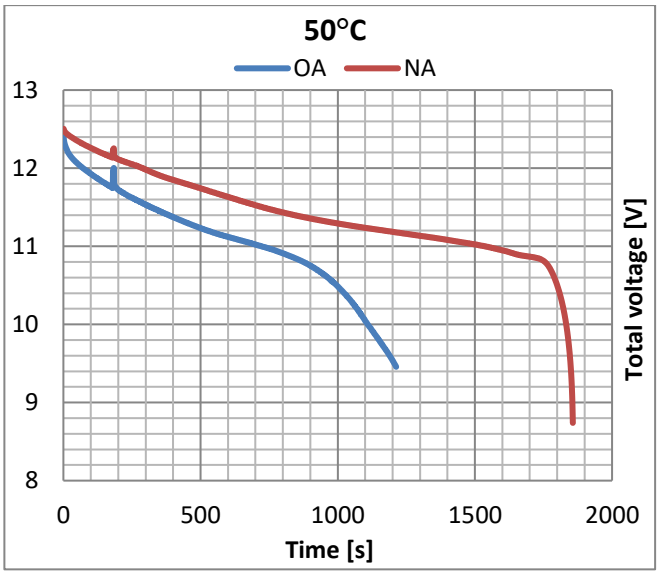


Figure 10: voltage drop over time at 50°C. Source: Authors.

Figure 8 presents the voltage drop at 50°C as described in the previous chapter.

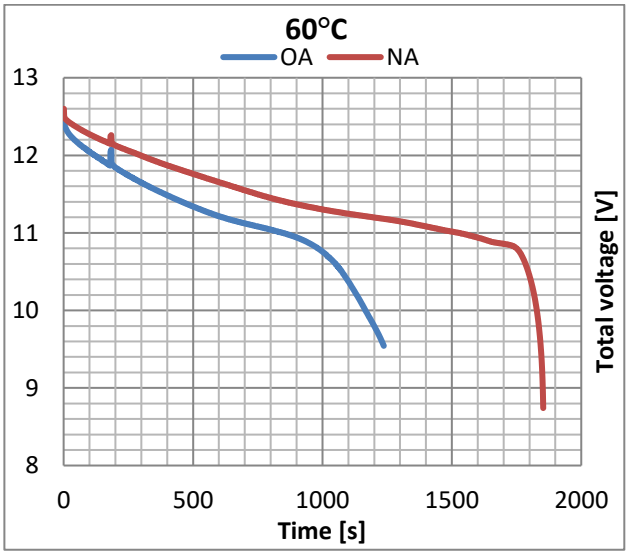


Figure 9: voltage drop over time at 60°C. Source: Authors.

Figure 9 displays measurement at 60°C.

Measurements made after each selected temperature measurement are not shown here but can be found in authors thesis.

4. Discussion

The difference between the new and the old accumulator is obvious from Tab. 2 at first glance. The capacity of the new one is around its declared capacity of 2200 mAh. While the old and already worn accumulator has actual capacity at room temperature of about 1500 mAh during the first measurements, which is only about 68% of the declared capacity. This result was expected.

The capacity of the old accumulator has been decreasing as measurements have been made. Table which shows

measurements sorted as they were made is not shown here but can be found in authors thesis. Staying in extreme conditions was degrading for it. The effect of degradation will be further discussed for the individual results, that have been affected. On the other hand, the new accumulator retained its declared capacity at room temperature even after extreme temperatures. These results indicate that the age and wear of the accumulator has a significant impact on its ability to withstand extreme environments without consequences for future use. Conversely, a new accumulator will survive a limited number of cycles in these environments without further consequences.

The discharge characteristics themselves can be observed very well on Fig. 1. There is a distinct difference between the new and the old accumulator. The new one has a nearly linear drop in voltage over time to the point where the voltage starts to drop steeply. Therefore, for a longer accumulator life, it is preferable to set a higher discharge cell voltage limit than 3 V used in the experiments. With such a steep drop in voltage at the end of the curve, there is a risk of exceeding the 3 V threshold and degrading the cells. If we would end the discharge at the beginning of this severe voltage drop, at about 10.7 V and thus about 3.56 V/cell, the capacity used would be 2088 mAh at that time. This capacity is equal to 94.9% of the declared 2200 mAh capacity and 93.4% of the actual 2236 mAh capacity obtained in this experiment. For only 5.1 to 6.6% capacity, such a low threshold does not pay off and at least 3.5 V limit for normal use can be recommended. This will reduce wear on the accumulator, which is prone to undercharge and thus the service life increases. It should be remembered, that this limit varies according to the type of Li-Po accumulator. However, this applies only to the new accumulator. As we see on the second curve of Fig. 1 belonging to the old accumulator, 10.7 V is achieved very quickly. The accumulator has no significant drop at the end of the curve, but we see a steeper almost linear decline. For older and worn accumulators, it is worth setting a lower cell voltage limit when discharging. Apart from the obvious reason for the very low capacity at the higher limit, also for the economic reasons. The accumulator should be replaced (in normal use case) ion foreseeable future (inflation risk, loss of capacity). Lower capacity may prevent use for the purpose for which it was originally intended. The lower limit will therefore help us to use it a little longer for this purpose. As the accumulator capacity begins to drop significantly, it is advisable to gradually reduce the cell voltage limit for discharge. This general rule can work well with any Li-Po accumulator type.

Measuring at 5°C a result with a slightly lower available capacity was expected. Figure 2 and Tab. 2 show this decrease in units of percentage. Approximately 1.3% for the new accumulator compared to the declared capacity and 2.8% when compared to measured actual capacity (for further will be used as reference). At room temperature. 8.4% is then the capacity drop of old accumulator compared to measured capacity at room temperature. By comparing Fig. 1 and Fig. 2 we can observe a fundamental difference at the beginning of the curves. Here for the new accumulator, the voltage quickly dropped to 11.8 V compared to 12.2 V at room temperature after the start of the discharge process. The old accumulator drop is even more pronounced, reaching down to 10.2 V opposed to 11.5 V at room temperature. This decline can be expected to be much more distinct at lower temperatures (as will be seen in discussion later). Interestingly, the capacity difference is no more than 8.4% for the old accumulator despite a significant initial voltage drop. The explanation can be found in the next section of the curve. This decrease is followed by a slight increase in voltage despite the continuous discharge. The increase in voltage is caused by the heat generation inside the accumulators due to internal resistance. This internal resistance is a generally undesirable phenomenon that manufacturers are trying to minimize because it reduces the efficiency of accumulator energy transfer. But here it helps to warm up the accumulator and thus increase its usable capacity. If the effect did not exist, we could expect a similar or steeper curve than at room temperature measurement. Here we can see a significant difference between the new and old accumulators in the ability to withstand lower temperatures. The temperature increase inside the new accumulator cannot be detected on the curve. Thus, the internal heating provided us with similar curve as in the room temperature measurement case. The capacity reduction can be seen on the curve in the initial voltage drop. After discharging was complete, the accumulators were subjectively warm (as well as after room temperature measurements). It can therefore be said that this heating alone reduces the effect of an ambient temperature of 5°C.

When evaluating Fig. 3, which depicts the measurement at -18°C, it is necessary to emphasize the difference from the measurement at 5°C. Into -18°C (Fig. 3), the accumulators were inserted, and the discharge program was initiated immediately. In contrast, accumulators were put into 5°C temperature for several hours to allow them to reach this temperature fully. We can see a further decrease in available capacities. It is only 4.6% for the new accumulator, but 35.8% for the old accumulator from the room temperature reference measurements. This result again demonstrates the new accumulator's high ability to withstand adverse temperature conditions. The worn accumulator had a very significant drop in accumulator in capacity. On the curve of the new accumulator we can see a steeper course than on the Fig. 1. However, the shape of the curve remains similar. We may also notice, that there has not been a sharp initial drop in voltage. Thus, if there is no hypothermia of the accumulator and the discharge process starts immediately after the transition to low temperatures, we can expect such good results. There were two measurements with the old accumulator in this experiment. There is no significant initial drop in in voltage as in Fig. 2, but it is nevertheless larger than at room temperature (Fig. 1). Of course, there is a noticeable steep decrease in voltage across the curve. The curve misses the characteristic arc seen in the previous figures. The measurement of the old accumulator was conducted as the 14th and 16th respectively and is affected by the degradation of the accumulator (as stated in the beginning of the paper).

Figure 4 shows the measurement when the accumulators were inserted into -18°C for 10 minutes before discharging. New accumulator has registered a 5% drop in capacity and the old 25% drop of reference value. The capacity drop for the new accumulator was not significant compared to the Fig. 3. We can explain this again by looking at the curve. We can see a rapid initial voltage drop to approximately 11.9 V. However, the next course of curve is very similar to the 5°C measurement apart from its steeper profile resulting in a shorter discharge time and lower capacity. The old accumulator also experienced a rapid initial voltage drop to 10.4 V. The initial voltage drop of both the old and the new accumulators compared to a drop of 5°C

suggests that the accumulators did not cool down sufficiently in these 10 minutes at -18°C. However, it is clear from the further comparison of the curves, why the total capacity is lower. The reason for this is the inability of the heat generated by the internal resistance to compensate for the continuous residence at lower temperature. The curves are therefore steeper, and the capacity is lower. Especially in the case of the old accumulator curve we can observe the absence of voltage increase during the discharge (after initial drop), which is present in the Fig. 2. In Fig. 4, the curve after the initial decrease is rather linear.

Figure 5 shows measurement at -18°C with the accumulators inserted 20 minutes before the start of discharge. We can see a further reduction in capacity of both accumulators in Tab. 2. 6% for the new and 35% drop (from the reference values) for the old accumulator. Again, a significant initial voltage drop can be observed. For new accumulator to 11.3 V and for the old even to 9.6 V. After this drop, the new accumulator's curve is similar to other measurements at -18°C. The old accumulator has a significant increase in voltage after approximately 0.2 V and the curve is like that in Fig. 2 (5°C). Here again, the contribution of internal resistance can be emphasized. 20 minutes was enough time to cool the accumulators to display a significant drop in voltage. Thus, caution is needed when using older accumulators at high currents, which could drop voltage below set limit.

Figure 6 depicts the discharge od the accumulators kept at -18°C for 25 minutes before initiation. In this case, both accumulators were measured twice. For the new one, there was a decrease from the reference capacity of 5.6 and 5.8%. For the old then 98.9 and 46.5%. It is again confirmed, that the new accumulator is well resistant to low temperatures. 5 minutes more than the previous attempt, it did not reduce its useful capacity. We can observe the standard curve we expect here at -18°C. An initial voltage drop of approximately 11.2 V was expected. The old one had even worse results with these additional 5 minutes in the freezing environment. In one of these two measurements, the old accumulator's voltage dropped below the set limit and had essentially zero capacity. The drop in the second measurement was to about 9.1 V. Which is similar to one, where cell voltage limit was reached. However, none of the cells crossed the limit value here, but one went down to 3.002 V. Only another 2 mV away from reaching the limit before the voltage began to rise. In both experiments, the voltage is so close to this limit that it would be enough to increase the current draw and the cell voltage limit would surely be exceeded. The second attempt with the old accumulator is again marked by a significant increase in voltage after the initial drop, caused by internal resistance and heat generation. This time it the increase is by about 0.4 V. It is interesting to observe that the total voltage in time of end of discharge (when some cell drops below limit) is higher than during the initial drop.

Table 3: voltage limit values of old accumulator during -18°C for 25 minutes discharge measurement. Source: Authors.

	Total voltage [V]	Cell 1 voltage [V]	Cell 2 voltage [V]	Cell 3 voltage [V]
Initial drop	9,116	3,009	3,21	3,002
Discharge end	9,258	3	3,357	3,007

As we can see in Tab. 3, this phenomenon is due to the higher voltage of cell 2. This cell is in better condition than the other two and has better performance at this temperature. However, this is irrelevant for the total accumulator capacity. The whole accumulator depends on the properties of the worst (or weakest) cell. It can be assumed that cell 2 is in the center of the accumulator between cells 1 and 3. Thus, it is much more heated during discharging. We can mark this time of stay at -18°C as the limit for the older accumulator and it cannot be recommended for real environment usage at all. Higher temperature or shorter time should reduce the effect. But any temperature below 0°C should be treated with respect. Especially for the effect of initial voltage drop. If we do not draw sufficient current from the beginning of use, the accumulator will not heat up, and this will virtually prolong time spent in the freezing environment. Conversely, if we take too much current, there is an immediate drop below the set limit. It is therefore necessary to find a compromise and start discharging as soon as possible, but gradually. This will reduce accumulator wear and increase usable capacity. The older the accumulator is, more worn it is or more "inflated" it is, the more it will be prone to the phenomena described.

Figure 7 displays a measurement with an old accumulator at -18°C stored there for 30 minutes before beginning of discharge. For the reasons described in the previous chapter, only the old accumulator has been tested. As we can see, the voltage dropped immediately below the limit value and discharge was terminated. The capacity was almost nonexistent.

In Fig. 8 we can observe the curves for measurement at 50°C. Capacity increases were expected from measurements at higher temperatures. The new accumulator showed an increase of 0.94% from the reference value and 2.6% from declared value. The old accumulator then had increased capacity by 1%. From the reference value. However, it is important to note that this measurement of the old accumulator was done when some degradation was already noted. If we take, as a reference for the older accumulator, the value of the last measurement at room temperature, then the increase is 10.8%. The first thing that can catch our attention on the curves is their greater similarity to room temperature ones. The curve of the new accumulator is steeper at the end and therefore hold the voltage at the nominal level longer. The old accumulator has a more pronounced drop in voltage at the end of the curve and is more alike new accumulator curve (not observed in lower temperature measurements). Of course, as we can see, the accumulator did not maintain the voltage as long as the new one. But it can be seen that, the higher temperature was positive for the discharge process. The initial voltage drop we observed in previous measurements Is also present, but its effect is considerably smaller. Even smaller than at room temperature. For the new accumulator drop is to only 12.4 V and for the old one to 12.15 V. So, there is no risk of crossing the limit value for end of discharge even for older accumulator and with strong initial load.

The last Fig. 9 shows the measurement at 60°C. As in the previous case, there was an increase in capacity. For the new accumulator this increase was 0.6% form reference value and 2.6% from the declared value. 2% was the increase in capacity of the old accumulator. However, since the last measurement at room temperature, the increase is 11%. The difference between 50 and 60°C is therefore not so pronounced. Both curves are

similar in shape to 50°C ones. There is almost imperceptible drop in voltage at the beginning of the discharge. For the new accumulator, the voltage dropped to approximately 12.45 V and for the old to about 12.25 V, which are better values than for room temperature measurements.

5. Conclusion

In general, we can say, that higher temperatures improve chemical reactions inside cells and in particular help older accumulators to increase their useful capacity. However, they do not have such great effect on newer accumulators. Nevertheless, periodically exposing Li-Po accumulators to high temperatures for which they are not designed, reduces life time. Even at 45°C there is a reduction of cycles by up to 50% compared to usage at 20°C (Buchmann, 2018c).

Conversely, in case of low temperatures, chemical reactions inside the accumulators slow down and internal resistance increases as well. Increased internal resistance reduces energy transfer efficiency, but also causes the cells to heat up significantly. As we saw, the cell voltage also increases at that moment, although discharging has been underway. The effect of heating is reduced internal resistance, which in turn increases the efficiency of the energy transfer. During longer stays at low temperatures, the accumulators suffered a rapid voltage drop at the beginning of the discharge, which was very pronounced for the old accumulator. Measurements before which we kept the accumulators cold for a longer period of time resulted in the old accumulator no longer showing any available capacity, because the voltage dropped below the set limit immediately after the start of the discharge. Thus, the older accumulator is generally sensitive to extreme temperatures and the new one is much more tolerant.

This paper serves as overview of environment temperature effects on Li-Po accumulators. Also, it shows how older and new ones react to different temperatures. This could prove to be beneficent for users of UAVs, who are relying on these accumulators. Using information gathered form this paper would help them use Li-Po accumulators more efficiently and save money on new ones because of increased life time. Further measurements could be made in one chosen temperature with more accumulators, to have more statistical background.

References

AA Portable Power Corp. (n.d.). (2008). Battery Knowledge. Retrieved May 25, 2019, from https://www.batteryspace.com/batteryknowledge.aspx

Buchmann, I. (2018). Types of Lithium-ion Batteries – Battery University. Retrieved May 25, 2019, from https://batteryuniversity.com/index.php/learn/article/types_of_lithium_ion

Buchmann, I. (2018c, January 25). Discharging at High and Low Temperatures. Retrieved May 28, 2019, from https://batteryuniversity.com/learn/article/discharging_at_high_and_low_temperaturesDennis, N., 2007. End of the free lunch? The responses of traditional European airlines to the low-cost carrier threat. J. Air Transp. Manag. 13, 311–321. doi:10.1016/j.jairtraman.2007.04.005

Eaton. (2017). XL60 Supercapacitor data sheet. Retrieved May 25, 2019, from https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/electronic-components/resources/data-sheet/eaton-xl60-supercapacitors-cylindrical-cells-data-sheet.pdf

Engineering ToolBox, (2001). Energy Storage Density. Retrieved May 25, 2019, from https://www.engineeringtoolbox.com/energy-density-d_1362.html

Engineering ToolBox, (2001b). Rechargeable Batteries - Battery Life Calculator. (2009). Retrieved May 25, 2019, from https://www.engineeringtoolbox.com/rechargeable-batteries-d_1219.html

ADS-B MESSAGES AS A SOURCE OF OPERATIONAL DATA IN AVIATION

Tomáš Noskievič
Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Prague, Czech Republic

Jakub Kraus
Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Prague, Czech Republic
kraus@fd.cvut.cz

Abstract

Automatic dependent surveillance has been becoming one of the technologies for aircraft surveillance. ADS-B messages which are broadcast from the aircraft to the ground contain many valuable information about the state and position of the aircraft. This paper presents more options for airline and airport operators how to utilize the information derived from the ADS-B messages. Particularly it deals with unstabilized approach detection, evaluation of the navigation integrity and arrivals and departures recording.

Keywords

ADS-B message, unstabilized approach, navigation integrity category, arrivals and departures recording

1. Introduction

The utilization of ADS-B messages as a source of surveillance data is just a tip of an iceberg of all possible options what to use them for. Receiving of ADS-B messages can be beneficial not only for the air traffic services but also for both airline and airport operators. This study shows the utilization of ADS-B messages for detection of unstabilized approaches, for evalutaion of the navigation integrity and for getting records of arrivals to and departures from a given airport. The aim of the study is to show examples of operational data that can be derived the ADS-B messages.

2. Unstabilized Approach Detection

There are over 100 000 landings at airports all over the world every day. (IATA, 2017) Although flight safety has been kept on a high level; the critical phases of flight which are in this case approach and landing are still risk. During a stabilized approach, aircraft is flying in the right configuration, it is flying at required velocity, engines are producing the required power and the aircraft is established on the right vertical and lateral path. Having one of these conditions breached means the approach is not stabilized and the risk of incident or accident during landing grows. In case an approach is not stabilized, a missed approach procedure shall be conducted.

Flying a stabilized approach at 1000 ft above the aerodrome level makes the flight crew able to pay a full attention to the instruments, to keep the situational awareness and to keep the mental capacity for situations in which any extraordinary or unexpected actions are required during this critical phase of flight.

According to (IATA, 2017), an unstabilized approach was a contributing factor in 16 % of aircraft accidents that happened during approach or landing between 2012 and 2016.

The approach is not stabilized when one of the defining parameters is excessed as shown in Table 1.

Table 1: Excessive flight parameter deviation criteria. Source: (Airbus, 2006).

Parameter	Not stabilized approach criteria
Airspeed	Lower than V_{APP} – 5 kt or greater than V_{APP} + 10 kt
Vertical Speed	Greater than –1000ft/min
Pitch Attitude	Pitch limits are given in airline Standard Operating Procedures
Bank Angle	Greater than 7 degrees
LOC deviation	¼ dot
Glide Slope deviaton	1 dot

Aviation authorities or airline flight safety departments may be interested in having the opportunity to detect the unstabilized approaches on their own based on the ADS-B data received. An algorithm to detect the unstabilized approaches has been introduced during this study.

To be able to compare all flights it is necessary to find comparable parameters which are the same for all flights. The only clear and comparable parameter is the vertical velocity which should not be greater than 1000 ft/min while descending. Other parameters are dependent on the aircraft size or on the airline procedures which may differ.

The detection was done using ADS-B data received on 31st May 2018 between 2140 UTC and 2200 UTC. The data used were obtained by ADS-B receivers owned by the Faculty of Transportation Sciences of the Czech Technical University in Prague. One aircraft was detected as it was performing an unstabilized approach when its vertical velocity was still greater than 1000 ft/min (orange arrows in Fig. 1) below 1000 ft (blue arrow in Fig. 1) above the airport. The aircraft can be identified with ICAO address 49D14C (A319).

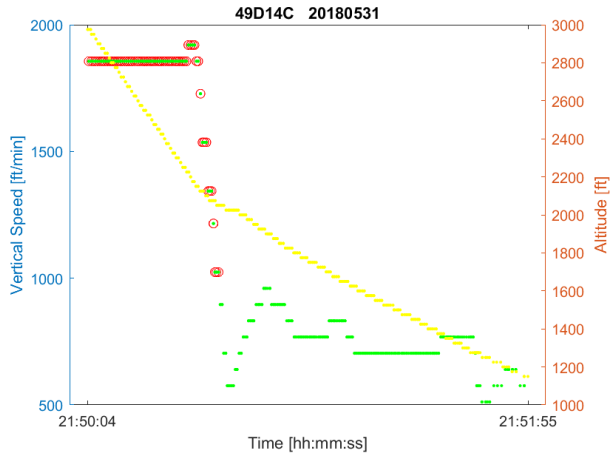


Figure 1: Vertical speed (in green, red circle marks exceeding values) and altitude (in yellow) of the aircraft with ICAO address 49D14C. Source: Authors.

3. Evaluation of the Navigation Integrity

Integrity is an important attribute of every system. It is the system´s ability to identify incorrect input information which may cause an erroneous behavior of the system. Regarding the position information derived from the ADS-B messages, the navigation integrity category (NIC) shall be known. There are 12 navigation integrity categories (Table 2) for which a Radius of Containment RC is defined.

Table 2: Navigation Integrity Categories and Radius of Containment. Source: (RTCA).

	Radius of Containment R_C
NIC0	R_C unknown
NIC1	R_C < 20 NM (31,04 km)
NIC2	R_C < 8 NM (14,816 km)
NIC3	R_C < 4 NM (7,408 km)
NIC4	R_C < 2 NM (3,704 km)
NIC5	R_C < 1 NM (1852 m)
NIC6	R_C < 0,6 NM (1111,2 m)
	R_C < 0,5 NM (926 m)
NIC7	R_C < 0,2 NM (370,4 m)
NIC8	R_C < 0,1NM (185,2 m)
NIC9	R_C < 75 m
NIC10	R_C < 25 m
NIC11	R_C < 7,5 m

Radius of containment defines a circle out of which the actual position of the aircraft can be found with a probability given by the Source Integrity Level (SIL) value. SIL is a constant value given for each aircraft based on offline analysis of its avionics and the value can also be derived from the ADS-B messages. (ICAO,2011)

This part of the study provides a statistic based on ADS-B data showing the percentage ratio of the navigation integrity categories within a given sample of data. Moreover, the airborne situation is displayed in a map of the Czech Republic. Comparing more airborne situations it can be decided whether there is an area in which aircraft´s position data integrity is degraded as a result of some external factor (eg. GNSS jamming).

An analysis of data from 17th March 2019 was performed. Table 3 shows the percentage of the navigation integrity categories in a period of three minutes after every second UTC hour.

Table 3: Percentage ratio of the navigation integrity categories from 17th March 2019. Source: Authors.

UTC	*00 00*	*02 00*	*04 00*	*06 00*	*08 00*	*10 00*	*12 00*	*14 00*	*16 00*	*18 00*	*20 00*	*22 00*
NIC 0				6	2	5	2	1,3	4	5	7	
NIC 1												
NIC 2												
NIC 3												
NIC 4												
NIC 5				0,1								1
NIC 6				3	2	0,01	0,9	2,9		4	1	
NIC 7	28		0,9	50,9	27	11,7	28	24,7	0,01	28	20	1
NIC 8	72	100	99,1	34	63	79	64	67,9	91	59	68	93
NIC 9					5	4	5	3,1	5	1		5
NIC 10				6	1	0,29	0,1	0,1	0,39	3	4	
NIC 11												

Most of the position data received from aircraft belong to navigation integrity category 8. Only after 0600 UTC most of the data belong to category 7.

Data that belong to categories 0-6 shall not be used for establishing of separation between aircraft. Only few percent of data belong to these categories.

Figure 2 shows an example of the data from 17th March 2019 between 0600 UTC and 0603 UTC displayed in the map of the Czech Republic.

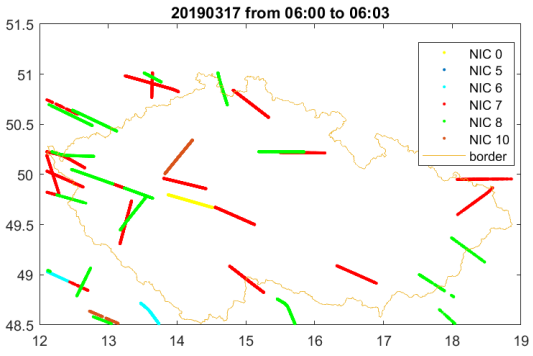


Figure 2: A map of the Czech Republic showing flight trajectories that are coloured according to the navigation integrity category. Source: Authors.

An area in which aircraft would provide position data with degraded integrity as a result of an external factor was not identified during this study.

4. Arrivals and Departures Recording

This part of the study shows that ADS-B data can also be used to make records of aircraft that landed at a given airport or took off. The record contains:

- ICAO address to identify the aircraft;
- Aircraft category;

- Aircraft registration or flight callsign;
- Information whether it is arrival or departure;
- Date and time of the event.

An example record (Figure 3) is introduced based on the data from 17th March 2019 between 1600 UTC and 1620 UTC and it shows arrivals and departures to and from the Prague Václav Havel airport.

	1	2	3	4	5
1	424377	Large	AFL2015_	Departure	20190317_16:03
2	3C6DCB	No Category Info	EWG9TU__	Arrival	20190317_16:05
3	44CDC2	No Category Info	BEL3PR__	Arrival	20190317_16:08
4	4CA2D4	Large	RYR62EV_	Arrival	20190317_16:11
5	49D056	No Category Info	CSA481__	Arrival	20190317_16:16
6	471E16	No Category Info	CSA726__	Departure	20190317_16:18
7	4CA806	No Category Info	RYR58K__	Arrival	20190317_16:19

Figure 3: Final record [1]. Source: Authors.

5. Discussions

Unstabilized approaches may result in aircraft incident or accident during landing. Therefore, it is key to detect them and to identify the reasons why they happen. To help aviation authorities or airline flight safety departments to detect this kind of approaches, an ADS-B derived data detection has been introduced.

Knowing the integrity of the position data that are broadcast via ADS-B is key to determine whether the position data is suitable to be used for establishing separation between aircraft. The navigation integrity category is being broadcast within the ADS-B messages and can be obtained by decoding them.

Finally, airport operators may benefit from having own ADS-B receiver as it has come out that it is possible to make records about the aircraft movements at the airport.

6. Conclusion

Receiving of the ADS-B data can be beneficial for operators of airlines or airports. They can use the ADS-B derived information to evaluate operational situations. Three different operational areas have been introduced in this paper showing that the utilization of the ADS-B data is much wider than only for air traffic services and surveillance purposes.

First, ADS-B data analysis have been done to evaluate approaches and to identify approaches that are not stabilized. During the observed period one aircraft was found flying an approach which was not stabilized.

Second, navigation integrity has been evaluated on the basis of the information provided within ADS-B messages. A statistic showing percentage ratio of the navigation integrity categories has been obtained based on the data analysis.

Furthermore, it was shown that ADS-B messages can be used to create records of departures and arrivals at a given airport.

The results show that it is possible to use ADS-B messages to obtain operational data and to evaluate different operational situations.

References

AIRBUS. 2006. Flight Operations Briefing Notes – Flying Stabilized Approaches [online]. 2006. Available: https://www.scribd.com/document/21127427/Airbus-Flight-Operation-Briefing-Notes-Approach-Techniques-Flying-stabilized-approaches

IATA. Unstable Approaches. 2017. [cit. 2019-04-01]. Available: https://www.iata.org/whatwedo/safety/runway-safety/Documents/IATA-Guidance-Unstable-Approaches.pdf

ICAO. 2011. ADS-B Implementation and Operations Guidance Document [online]. 2011. Available: https://www.icao.int/APAC/Documents/edocs/adsb_aigd4.pdf

RTCA. DO-260B - Minimum Operational Performance Standards for 1090 MHz Extended Squitter Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B) and Traffic Information Services - Broadcast (TISB) [online]. Available: http://www.anteni.net/adsb/Doc/1090-WP30-18-DRAFT_DO-260B-V42.pdf

[1] First column contains the a/c ICAO address, the second column contains the a/c category, the third column shows the callsign, the fourth column states whether it is arrival or departure and the fifth column contains the date and time.

ANALYSIS OF JET ENGINE COMPONENTS HEAT RESISTANCE IMPROVEMENT BY TBC COATING

ANALÝZA ZLEPŠENIA ŽIARUVZDORNOSTI KOMPONENTOV TURBÍNOVÉHO MOTORA POMOCOU TBC POVLAKU

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

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

Miroslava Cúttová
Department of Mechanical Engineering
Armed Forces Academy of gen. M.R. Štefánik
Demänová 393,
031 01, Liptovský Mikuláš
miroslava.cuttova@aos.sk

Abstract

The operation of jet engines in aviation is a very challenging task also in view of the high demands on the safety of such an operation. One of the most dangerous phenomena that affects the safe operation of these engines is the unstable work of the compressor. The object of the research in this article is to find appropriate and simple way to improve heat resistance of the MPM-20 experimental engine components, suffered by high thermal load, which resulted in the destruction of its gas turbine. A metallographic and microscopic analysis was carried out on the experimental specimens improved by TBC coating for decreasing of thermal conductivity. The results of experiments with TBC coatings shows decrease of the sample temperature for samples covered with TBC coating comparing to samples withou it. This fact can contribute to the development of new surface treatment of jet engine components with higher heat resistance and better reliability.

Keywords

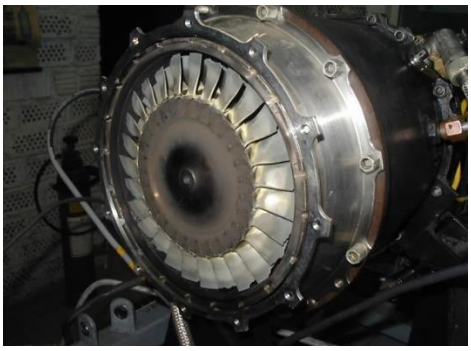
Turbine damage, heat resistance, safe operation, TBC coating

1. Úvod

Plynové turbíny sú progresívnymi zdrojmi mechanickej energie súčasnosti aj budúcnosti. Snaha zvyšovať ich účinnosť je nevyhnutne spojená so zvyšovaním pracovnej teploty plynov generovaných v spaľovacej komore. Je zrejmé, že tento aspekt dáva vysoké požiadavky na tepelnú odolnosť materiálu lopatiek statora a rotora turbíny, ktoré sú horúcimi plynmi obtekané. Preto sa v prevádzke nevyhnutne stretávame s haváriami týchto zariadení, ktoré majú rôzne príčiny. K všeobecným príčinám patria podľa niektorých prameňov (Carter, 2005), (Galieriková, 2018): tečenie, tepelná únava (nízkocyklová únava), Termomechanická únava (vysokocyklová únava), korózia, Erózia, Oxidácia, Poškodenia cudzím telesom. Poškodenia lopatiek nie sú len problémom turbínových leteckých motorov, ale tiež aj parných lopatkových turbín využívaných v energetike. Pre ne sú typické únavové porušenia sprevádzané ulomením lopatky, ktorá následne väčšinou zničí ostatné lopatky turbíny (Davies,2000), (Pecho, 2018). Takéto porušenia sa vyskytujú v určitých prípadoch aj u leteckých turbokompresorových motorov, aj napriek tomu, že je snaha sa únavovým lomom vyhnúť (Bugaj, 2012), (Catlos, 2018).

Najmä motor MPM-20 je zvlášť citlivý na zmeny termodynamických parametrov, ktoré vyústili do zničenia motora. S objasnením hlavných príčin havárií tohto motora jednoznačne súvisí aj potreba objasnenia zmien v štruktúre materiálu pracovných častí rotorových lopatiek, vystaveného extrémnym teplotám a agresívnemu prostrediu (Hocko,2003).

U tohto motora, ktorý nebol pôvodne skonštruovaný na dlhodobú prevádzku, pri zvýšených teplotách nastalo rapídne zmenšenie medzery medzi koncom lopatky a plášťom turbíny. Dochádzalo k treniu a tým aj k deformácií koncových častí. Toto prispelo k ďalšiemu zvýšeniu celkového namáhania zoslabenej lopatky a k vzniku zárodkov trhlín, ktoré vedú až k deštrukcii turbín, ako na obr. 1.



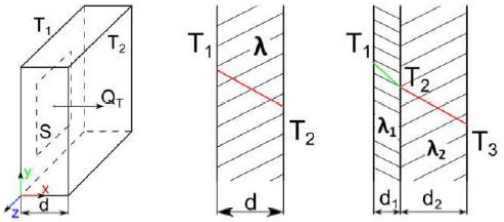
Obrázok 1: Zničená plynová turbína motora MPM-20. Zdroj: Autori.

Snaha o zvyšovanie efektívnej účinnosti plynových turbín súvisí so zvyšovaním teploty horúcich plynov, ktoré cez turbínu pretekajú. Aj keď dnes používané palivá umožňujú zvýšiť teplotu plynov takmer na hranicu 3000 °C, je zrejmé, že limitujúcim faktorom tohto úsilia sú materiály, z ktorých sú spaľovacie komory a turbínové lopatky vyrobené. Žiaruvzdorné a žiarupevné zliatiny niklu a kobaltu majú maximálne prevádzkovú teplotu bez chladenia stanovenú na 1200 °C (Davies, 2000). Pri tejto teplote je zaručená ešte dostatočná pevnosť a oxidačná odolnosť spomenutých zliatin. Preto je snaha vytvoriť kompozitný materiálový systém, kde by základný materiál žiaruvzdornej zliatiny bol chránený vrstvou materiálu s vyššou tepelnou odolnosťou. Takými materiálmi sú vrstvy tepelných bariér (TBC vrstvy), ktoré pozostávajú z dvoch a viac vrstiev (Clarke, 2012). Prvá vrstva je založená na *NIAl, NiCr,*

NiCrAlY alebo *CoCrAlY.* Jej úlohou je chrániť základný materiál pred oxidáciou a zlepšiť adhéziu následnej keramickej vrstvy. Tá pozostáva často z kombinácie materiálov ZrO_2+Y_2O_3, ktorá vysokým teplotám a má nízky koeficient tepelnej vodivosti. Predpokladá sa, že takéto vrstvy dokážu zvýšiť prevádzkovú teplotu žiaruvzdorných zliatin až o 300 °C (Clarke, 2012).

2. Teória prenosu tepla vedením tuhou stenou

Podľa všeobecne známej teórie (Lienhard,2008) je pri vedení tepla stenou ovplyvnený tepelný tok Q_T daný Fourierovým zákonom. Ustálený tepelný tok na obr. 2 skrz definovanú časť rovnobežnej steny s hrúbkou d a koeficientom tepelnej vodivosti λ sa tvorí v prípade, že počiatočná plocha steny (x=0) má konštantnú teplotu T_1 a náprotivná plocha (x=d) má konštantnú teplotu T_2, kde $T_1 > T_2$. Teplota vo vnútri steny teda klesá z počiatočnej teploty na úroveň konečnej teploty proporcionálne k vzdialenosti x.



Obrázok 2: Proces šírenia tepla v tuhej stene Zdroj: (Lienhard, 2008).

Ak poznáme funkčnú závislosť $T(x)$, vieme určiť tepelný tok skrz plochu S nasledovne:

$$Q_T = \frac{\lambda}{d}.(T_1 - T_2).S \qquad (1)$$

Ak uvažujeme so stenou zloženou z dvoch vrstiev, ktorej hrúbka je $d = d_1 + d_2$ a celkový koeficient tepelnej vodivosti je daný súčtom koeficientov jednotlivých častí $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$, potom je tepelný tok daný rozdielom teplôt na hraniciach častí steny, teda T_1, T_2, T_3 pri rovnakej ploche S:

$$Q_T = \frac{\lambda_1}{d_1}.(T_1 - T_2).S + \frac{\lambda_2}{d_2}.(T_2 - T_3).S \qquad (2)$$

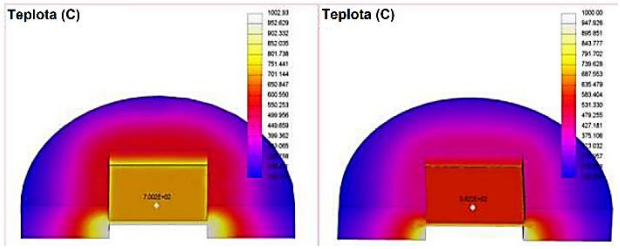
3. Simulačná analýza šírenia tepla

Simulačný model šírenia tepla cez vzorky materiálu s povlakom TBC bol spracovaný v 3D kresliacom softvéri CREO 3.0 v geometri fyzicky pripravených vzoriek. Ich materiálové vlastnosti pre účely simulácie boli stanovené na základe tabuľkových hodnôt uvedených v tab. 1.

Tabuľka 2: Fyzikálne vlastnosti materiálov použitých v experimente. Zdroj: (Fozo, 2017).

Fyzikálne vlastnosti	Hustota (g/cm^3)	E (GPa)	α ($m/m.K)x10^{-6}$	μ	C_p (J/kg.K)	λ (W/m.K)
EI 435	8,49	195	12,2	0,3	405	14,6
TBC vrstva	6,05	149	9,91	0,25	420	2,1
Epoxidová živica	1,30	2,99	5,99	0,37	1047,6	0,188

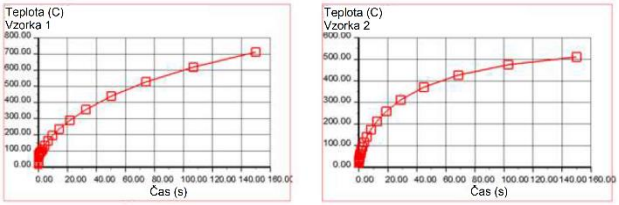
Pre lepšiu viditeľnosť boli modely rozrezané stredovou rovinou. Takto pripravené modely boli v tepelnej simulácii vystavené pôsobeniu tepelného zaťaženia o intenzite 27 000 mW, čo zodpovedalo pôsobiacej teplote na povrchu horúcej strany vzorky približne 1000 °C. Opačná, chladná strana vzorky bola stanovená na počiatočnú teplotu 20°C koeficient tepelného vyžarovania na hodnotu 0,01 W/(m^2.K). Výsledky simulácie na obr. 3 ukazujú rozloženie teploty vo vzorkách v čase 150 s od začiatku pôsobenia tepla.



a) b)

Obrázok 3: Simulácia šírenia tepla vo vzorkách povlakovaného a nepovlakovaného materiálu. Zdroj: (Fozo, 2017).

Výsledky ukázali, že model s vrstvou TBC, pri rovnakých podmienkach tepelného zaťaženia, vykazoval teplotu chladnej strany vzorky 582,2 °C, kým model bez povlaku TBC vykazoval teplotu tej istej strany 700,2 °C. Grafické znázornenie závislosti teploty a času zo simulačného modelu je na obr. 4. Tu je zrejmý postupný logaritmický nárast teploty v čase, no kým u vzorky bez povlaku rastie teplota s časom strmšie, u vzorky s povlakom TBC sa po strmom náraste postupne nárast zmierňuje a nasvedčuje v blízkej dobe dosiahnutie svojho maxima.



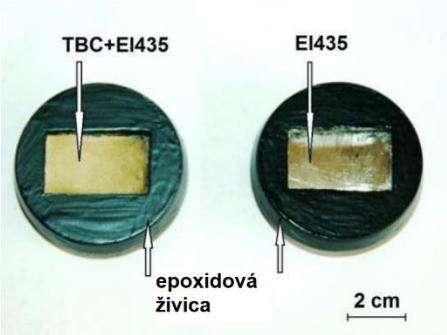
a) b)

Obrázok 7: Rast teploty vzoriek počas simulácie: a) vzoriek bez TBC povlaku, b) vzoriek s TBC povlakom. Zdroj: (Fozo, 2017).

Následne museli byť tieto výsledky konfrontované s praktickým meraním na skutočných vzorkách pomocou termovíznej kamery FLIR A40M, schopnej merať a zaznamenávať teplotu v reálnom čase.

4. Popis experimentu

V rámci tejto štúdie bola vykonaná aj praktická analýza zlepšenia tepelnej odolnosti žiaruvzdornej zliatiny, označenej podľa ruskej normy GOST ako EI 435 (Maslenkov, 1983). Táto zliatina sa využíva na konštrukciu niektorých častí turbínových motorov a v rámci experimentu bola v niektorých verziách pokrytá vrstvou TBC. Takéto vzorky s rozmermi 4x3 cm boli zaliate do epoxidovej živice do podoby na obr. 5. Následne boli skúšané v laboratórnej zostave na obr. 6, ktorá pozostáva z držiaka vzorky s prístupovými otvormi z oboch strán, kde bolo možné pôsobiť plameňovým horákom, ktorý simuloval proces v spaľovacej komore motora.



Obrázok 5: Vzorky pre experiment. Zdroj: Autori.

Náprotivná strana vzorky bola sledovaná pomocou infračervenej kamery, schopnej merať povrchovú teplotu vzorky. Vzdialenosť horáka a vzorky bolo možné počas experimentu meniť. Merania tak prebehli pri pozícii horáka 10 (teplota 1070 °C na horúcej strane vzorky), 15cm (600°C) a 20 cm od držiaka vzorky (300°C na horúcej strane vzorky).

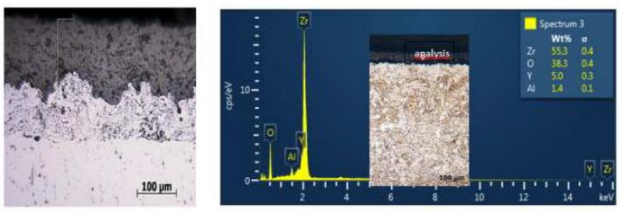
Obrázok 6: Zostava experimentu (Zdroj: autor)

Predpísané chemické zloženie zliatiny EI 435 je dané normou a uvedené v nasledujúcej tabuľke 2.

Tabuľka 2: Chemické zloženie zliatiny EI 435 podľa normy. Zdroj: (Fozo, 2017).

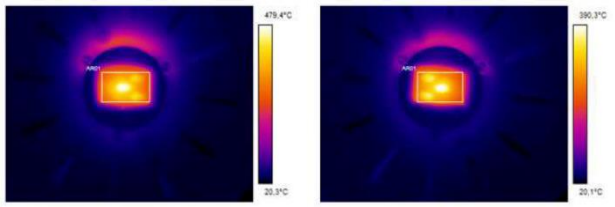
Prvok	Ni wt%	Cr wt%	Si wt%	Mn wt%	Ti wt%	Fe wt%	C wt%
EI 435	70-77	22	<0,8	<0,7	0,35	<6	<0,12

Po nanesení bola vrstva TBC analyzovaná pomocou elektrónového mikroskopu pre presné určenie hrúbky a tiež chemického zloženia využitím metódy EDX (energy dispersive X-ray). Ako je zrejmé z obr. 7, vrtva TBC s hrúbkou približne 250 µm pozostáva z prvkov Zr, Y a atomárneho kyslíka, čo zodpovedá keramickému povlaku na báze ZrO_2 stabilizovaného 7% prídavkom Y_2O_3 (7YSZ keramika)(Clarke, 2005. Spodná vrstva pozostáva z 50 µm hrubej vrstvy zliatiny NiAl.



Obrázok 7: Analýza a vzhľad povlaku TBC na základnom materiáli vzoriek (Zdroj: Fozo, 2017)

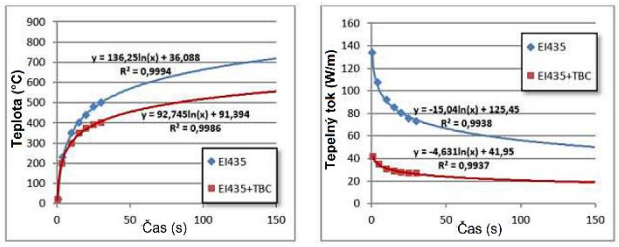
Následné merania pomocou termovíznej kamery ukázali vysokú mieru podobnosti s výsledkami simulačného modelu. Experimenty na vzorkách s povlakom a bez neho, pomocou horáka umiestneného vo vzdialenosti 10 cm od držiaka vzorky (približne 1000 °C na povrchu horúcej časti vzorky) boli zaznamenané termovíznou kamerou v podobe, aká je zobrazená na obr. 8 s označením miesta merania teploty.



a) b)

Obrázok 8: Infračervený záznam počas experimentu: a) vzorky bez TBC povlaku, b) vzorky s TBC povlakom. Zdroj: (Fozo, 2017).

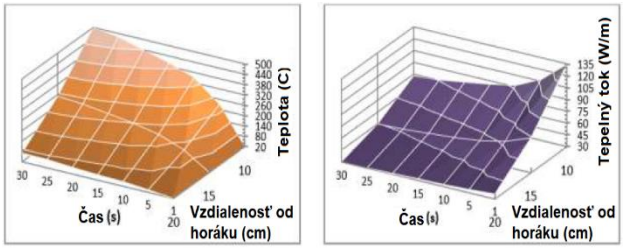
Zo zaznamenaných nameraných hodnôt teploty v mieste merania teploty bolo následne možné vytvoriť grafické závislosti nárastu teploty v čase, ako aj dosadzovaním do vzťahu (2) vytvorenie grafickej závislosti tepelného toku skrz materiál vzoriek. Príklad takýchto závislostí je na obr. 9. Trendové čiary predstavujú predpoveď ďalšieho nárastu teploty, ktorý už nebolo možné merať kamerou vzhľadom na jej technické obmedzenia (max merateľná teplota 500 °C).



a) b)

Obrázok 9: Trendové čiary: a) nárastu teploty vzoriek, b) tepelného toku cez vzorky povlakovaného a nepovlakovaného materiálu. Zdroj: (Fozo, 2017).

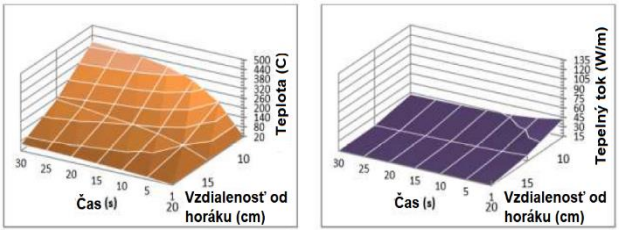
Spojením grafických závislostí rastu teploty s časom a poklesu tepelného toku s časom pri všetkých pozíciách horáka voči držiaku vzorky bolo možné vytvoriť trojrozmerné grafické závislosti na obr. 10 pre vzorky bez TBC povlaku. Tu je možno vidieť exponenciálny pokles úrovne dosiahnutej maximálnej teploty v danom čase, ktorý súvisí s nárastom vzdialenosti horáka. Rovnako je to aj v prípade tepelného toku.



Obrázok 10: Rast teploty a pokles tepelného toku v čase v závislosti od vzdialenosti nepovlakovanej vzorky od horáku. Zdroj: (Fozo, 2017).

Podobný efekt je viditeľný aj v prípade vzoriek s TBC povlakom, ktorých trojrozmerné grafy teploty a tepelného toku sú na obr. 11. V porovnaní so vzorkami bez TBC povlaku je v tomto prípade

nižšia maximálna dosiahnutá teplota pre všetky pozície horáka a tomu zodpovedajúci oveľa nižší tepelný tok materiálom vzoriek.



Obrázok 11: Rast teploty a pokles tepelného toku v čase v závislosti od vzdialenosti povlakovanej vzorky od horáku. Zdroj: (Fozo, 2017).

5. Záver

Na základe uvedených zistení z experimentov a simulácií je možné konštatovať nasledujúce závery:

- Počítačová simulácia použitím zodpovedajúceho softvéru ukázala pozitívny efekt povlaku TBC na zníženie úrovne prehrievania základného materiálu EI 435.
- Vzorky s povlakom tepelnej bariéry vykazovali pri každej polohe horáka menšie prehrievanie ako vzorky bez TBC, pričom rozdiely teplôt dosiahli 20 – 120 °C.
- Na základe nameraných hodnôt bolo možné vytvoriť trend s vysokou hodnotou presnosti, ktorý sa po logaritmickej krivke približoval k svojmu maximu.
- Kým zohrievanie vzoriek počas simulácie aj experimentu vykazovalo logaritmický nárast, tepelný tok naopak klesal zodpovedajúco exponenciálne.

Na základe toho, môžeme jednoznačne hovoriť o pozitívnom vplyve TBC vrstiev na ochranu materiálu voči vysokým teplotám a s tým súvisiacou oxidáciou v plynnom prostredí za vysokých teplôt.

Referencie

Bugaj, M. 2012. Failure analysis-basic step of applying reliability centered maintenance in general aviation. Transport Problems 7(1), p. 77-86.

Carter, T., 2005. Common failures in gas turbine blades, Engineering Failure Analysis 12 (2005) p. 237–247

Catlos, M., Kurdel, P., Novák-Sedláčková, A., Labun, J. & Ceskovic, M. 2018. Continual Monitoring of Precision of Aerial Transport Objects. NTAD 2018 - 13th International Scientific Conference - New Trends in Aviation Development, Proceedings 8551683, p. 76-81

Davies, J.R., 2000. Nickel, Cobalt and their alloys, ASM Specialty Handbook, ASM International, 2000, p. 421. ISBN: 0-87170-685-7

Davies, J.R., 2012. Thermal barier coatings for more efficient gas-turbine engines. MRS Bulletin, Vol. 37, 2012, Material Research Society, p. 891-898. doi:10.1557/mrs.2012.232

Fozo, L. et al, 2017. Effect of TBC on heat transfer into nickel based refractory alloy, SAMI 2017, IEEE 15th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, January 26-28, 2017, Herľany, Slovakia, p. 435-438

Galieriková, A., Materna, M. & Sosedová, J. 2018. Analysis of risks in aviation. Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October, p. 1427-1431.

Hocko, M., 2003. Malý prúdový motor MPM – 20. J. Vojenská letecká akadémia gen. M. R. Štefánika, Katedra leteckého inžinierstva, 1. Vydanie, 2003, p. 135

Lienhard, J. H., 2008. A heat transfer textbook, third edition, Phlogiston Press, Cambridge, USA, 2008, p. 762

Malsenkov, S.B., 1983. Zaroprocnye stali i splavi –Spravocnik, Metalurgija, Moskva 1983, p. 96.

Pecho, P., Wylie, M. & Bugaj, M. 2018. Vibration fault detection of fuel pump using Recurrence Quantification Analysis. Transportation Research Procedia 35, p. 287-294.

CHANGES IN THE FIELD OF BACKROUND CHECK

ZMENY V OBLASTI PREVIERKY OSOBY

Karol Lysina,
Air Navigation Services and Aerodromes Section
Transport Authority
Letisko M.R. Stefanika
823 05 Bratislava
Karol.Lysina@nsat.sk

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

Abstract

The Aviation Security system, like other areas of civil aviation and almost all other human activities in life, is tied to skills, knowledge and experience. This is a look at changes in the field of background check.

Keywords

Aviation Security, Regulation, Background Check, Interval, Evidence, Criminal Records, Employment, Education, Gap, Intelligence Information

1. Úvod

Previerka osoby, ako jeden z nástrojov ochrany civilného letectva ustanovený Európskou úniou (v spojení s nadväzujúcou národnou legislatívou), prechádza ďalším svojím „vývojom". Oproti súčasnému stavu „pritvrdzuje", rozširuje svoje zameranie, oblasť požadovaných informácií pre jej vyhodnotenie, a najmä časovú obnovu, resp. interval opakovaného preverovania. Tu je teda prehľad, aké je to dnes, a aké by to malo byť „zajtra".

2. Súčasný stav vykonávania previerky osoby v podmienkach SR

V Slovenskej republike sa vykonáva previerka osoby ako posúdenie bezúhonnosti a spoľahlivosti. Bezúhonnosť posudzuje zamestnávateľ na základe ustanovenia § 41 ods. 6 písm. c) zákonníka práce [2] v spojení s ustanoveniami § 34a leteckého zákona [3] a spoľahlivosť Dopravný úrad na základe leteckého zákona.

Vykonávacie nariadenie (EÚ) 2015/1998[4] v ustanovení 11.1.3. ustanovuje:
„V súlade s platnými pravidlami Únie a vnútroštátnymi právnymi predpismi previerka osoby prinajmenšom:
a) potvrdí totožnosť osoby na základe listinného dôkazu a
b) zahŕňa trestné záznamy vo všetkých štátoch pobytu počas najmenej 5 predchádzajúcich rokov a
c) zahŕňa zamestnanie, vzdelanie a akékoľvek časové medzery v nich počas najmenej 5 predchádzajúcich rokov.".

Preto, i keď ustanovenia § 34a leteckého zákona pojednávajú aj o spoľahlivosti (ustanovené za účelom splnenia požiadaviek nariadenia (ES) č. 2320/2002[5] a jeho vykonávacích predpisov, no v tej dobe Európska únia nešpecifikovala bližšie požiadavky pre vykonanie previerky osoby), nie sú v rozpore splatnými nariadeniami Európskej únie.

V súčasnosti Európska únia nevyžaduje previerku osoby u všetkých osôb vykonávajúcich bezpečnostné kontroly /umožňuje vykonať len „previerku pred nástupom do zamestnania" (ktorá je postavená len na čestnom vyhlásení)/. Štát má povinnosť určiť, či sa vyžaduje „previerka pred nástupom do zamestnania" alebo previerka osoby, no NCASP[6] vyžaduje u tejto kategórie osôb jedno aj druhé.

V zmysle ustanovenia § 34a ods. 6 leteckého zákona sa posúdenie bezúhonnosti a spoľahlivosti vykonáva raz za 5 rokov.

Pozrime sa bližšie na ustanovenia § 34a ods. 4 leteckého zákona:

„Za spoľahlivú nemožno považovať osobu, ktorá
a) je alebo bola spoločníkom špiónov, teroristov, sabotérov alebo iných osôb v minulosti odôvodnene podozrievaných z týchto aktivít,
b) je alebo bola členom alebo podporovateľom akejkoľvek organizácie, ktorá sa násilnými, podvratnými alebo inými nezákonnými prostriedkami usiluje odstrániť demokratický spoločenský poriadok,
c) je pod preukázateľným nátlakom príbuzných alebo blízkych priateľov, ktorí sú zneužiteľní teroristickou skupinou, nelegálnou organizáciou, rizikovou skupinou alebo obdobným jedincom,

[2] Zákon č. 311/2001 Z. z. z 2. júla 2001 zákonník práce v znení neskorších predpisov.
[3] Zákon č. 143/1998 Z. z. z 2. apríla 1998 o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.
[4] Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) 2015/1998 z 5. novembra 2015, ktorým sa stanovujú podrobné opatrenia na vykonávanie spoločných základných noriem bezpečnostnej ochrany letectva
[5] Nariadenie (ES) č. 2320/2002 Európskeho parlamentu a Európskej Rady zo 16. decembra 2002 o ustanovení spoločných pravidiel v oblasti bezpečnostnej ochrany civilného letectva.
[6] Národný program ochrany civilného letectva pred činmi protiprávneho zasahovania.

d) preukázateľne nadmerne požíva alkoholické nápoje alebo preukázateľne požíva iné omamné alebo psychotropné látky,
e) je pod preukázateľným nátlakom v dôsledku finančnej situácie,
f) je alebo bola zainteresovaná na akejkoľvek forme sexuálneho konania, ktoré vedie k vydieraniu a nátlaku,
g) vážne alebo opakovane porušila bezpečnostné predpisy tým, že sa snažila neoprávnene prenikať do zabezpečených komunikačných alebo informačných systémov,
h) bola v posledných piatich rokoch uznaná za vinnú zo spáchania niektorého z priestupkov vyskytujúcich sa na viacerých úsekoch správy, na úseku ochrany pred alkoholizmom a inými toxikomániami, na úseku používania výbušnín, na úseku všeobecnej vnútornej správy, proti verejnému poriadku, proti občianskemu spolunažívaniu zo spáchania ublíženia na zdraví z nedbanlivosti inému alebo z úmyselného uvedenia nesprávneho alebo neúplného údaja pred štátnym orgánom, orgánom obce s cieľom získať neoprávnenú výhodu, úmyselného narušenia občianskeho spolunažívania, drobného ublíženia na zdraví, priestupku proti majetku alebo priestupku na úseku zbraní a streliva,
i) prijíma neoprávnené platby, dary alebo iné výhody alebo zneužíva postavenie alebo funkciu na získanie neoprávnených požitkov,
j) disponuje s majetkom, ktorého hodnota je neprimeraná priznaným príjmom a ktorého legálnosť pôvodu nie je schopná alebo ochotná preukázať, alebo
k) z iných dôvodov neposkytuje záruku, že bude pri výkone bezpečnostnej ochrany dodržiavať právne predpisy a plniť povinnosti vyplývajúce z rozhodnutí a iných opatrení vydaných podľa tohto zákona.“.

Dopravný úrad vykonáva posúdenie spoľahlivosti osoby podľa ustanovenia § 34a ods. 5 leteckého zákona, no pri posudzovaní si nemôže vytvoriť vlastný úsudok a vyhodnotiť, či a akým spôsobom má daný priestupok vplyv na ochranu civilného letectva. Ustanovenie § 34a ods. 4 taxatívne vymedzuje, koho nemožno považovať za spoľahlivú osobu.

Z ustanovenia § 34a ods. 4 písm. h) je zrejmé, že stačí, aby osoba bola uznaná za vinnú zo spáchania jediného priestupku, ktorý je v tomto ustanovení citovaný, a osoba je v zmysle leteckého zákona nespoľahlivá.

3. Budúci stav (od 31.12.2020)

Ustanovenie 11.1.1. vykonávacieho nariadenia (EÚ) 2015/1198: „Osoby, ktoré sa prijímajú do zamestnania, aby vykonávali alebo aby boli zodpovedné za vykonávanie detekčnej kontroly, kontroly vstupu alebo iných bezpečnostných kontrol vo vyhradenom bezpečnostnom priestore, úspešne absolvujú posilnenú previerku osoby.“.

Ustanovenie 11.1.2. vykonávacieho nariadenia (EÚ) 2015/1198: „Osoby, ktoré sa prijímajú do zamestnania, aby vykonávali alebo aby boli zodpovedné za vykonávanie detekčnej kontroly, kontroly vstupu alebo iných bezpečnostných kontrol mimo vyhradeného bezpečnostného priestoru, alebo ktoré majú nesprevádzaný prístup k leteckému nákladu a poštovým zásielkam, k poštovým zásielkam leteckého dopravcu a materiálom leteckého dopravcu, dodávkam potrebným počas letu a letiskovým dodávkam, pri ktorých sa vykonali požadované bezpečnostné kontroly, musia mať úspešne absolvovanú posilnenú alebo štandardnú previerku osoby. Pokiaľ nie je v tomto nariadení stanovené inak, príslušný orgán v súlade s platnými vnútroštátnymi predpismi určuje, či je potrebné absolvovať posilnenú alebo štandardnú previerku osoby.“.

Ustanovenie 11.1.3. vykonávacieho nariadenia (EÚ) 2015/1198: „V súlade s platnými pravidlami Únie a vnútroštátnymi právnymi predpismi posilnená previerka osoby prinajmenšom:
a) potvrdí totožnosť osoby na základe listinného dôkazu;
b) zahŕňa trestné záznamy vo všetkých štátoch pobytu počas najmenej 5 predchádzajúcich rokov;
c) zahŕňa zamestnanie, vzdelanie a akékoľvek časové medzery v nich počas najmenej 5 predchádzajúcich rokov;
d) zahŕňa spravodajské a všetky ďalšie relevantné informácie, ktoré majú príslušné vnútroštátne orgány k dispozícii a ktoré považujú za potenciálne relevantné z hľadiska vhodnosti danej osoby na funkciu, ktorá si vyžaduje posilnenú previerku osoby.“.

Štandardná previerka obsahuje v zmysle ustanovenia 11.1.4. vykonávacieho nariadenia (EÚ) 2015/1198 to isté, okrem písm. d) ustanovenia 11.1.3 vykonávacieho nariadenia (EÚ) 2015/1198.

Ustanovenie 11.1.6. vykonávacieho nariadenia (EÚ) 2015/1198: „Posilnené alebo štandardné previerky osoby sa považujú za neúspešné, ak nie sú uspokojivo splnené všetky prvky uvedené v bodoch 11.1.3, resp. 11.1.4, alebo ak sa kedykoľvek ukáže, že tieto prvky neposkytujú potrebnú mieru uistenia o spoľahlivosti* danej osoby. Členské štáty sa usilujú o zriadenie vhodných a účinných mechanizmov na zabezpečenie výmeny informácií na vnútroštátnej úrovni, ako aj s inými štátmi, na účely vypracovania a vyhodnotenia informácií, ktoré majú význam pre previerku osoby.“.

* „*reliability*“ v kontexte znení ustanovení nariadenia

Ustanovenie 11.1.7. vykonávacieho nariadenia (EÚ) 2015/1198: „Na previerky osoby sa vzťahuje:
a) mechanizmus priebežnej kontroly prvkov uvedených v bodoch 11.1.3 a 11.1.4, pričom sa **príslušnému orgánu, prevádzkovateľovi**, resp. vydávajúcemu subjektu** bezodkladne oznámi akákoľvek skutočnosť, ktorá môže ovplyvniť spoľahlivosť danej osoby. Konkrétne podmienky oznamovania, výmeny informácií a obsahu týchto informácií vymieňaných medzi príslušnými orgánmi, prevádzkovateľmi a subjektmi sa stanoví a monitoruje v súlade s vnútroštátnymi právnymi predpismi; **alebo**
b) opakovanie previerok osoby v pravidelných intervaloch – najviac **12-mesačných pri posilnených previerkach** a najviac 3-ročných pri štandardných previerkach.“.

** V niektorých členských štátoch je v súčasnosti v súlade s vnútroštátnymi predpismi možné vykonanie „previerky osoby“ prevádzkovateľom letiska na základe výpisu z registra trestov pre vydanie IDC pre osoby, ktoré neplnia úlohy bezpečnostnej ochrany.

4. Záver

Previerka osoby sa bude vzťahovať na všetky osoby zodpovedné za vykonávanie, alebo vykonávajúce bezpečnostné kontroly a ďalšie osoby určené v nariadení. Vzhľadom na budúci stav bolo nevyhnutné vyvolať stretnutie s dotknutými orgánmi verejnej správy a s Ministerstvom dopravy a výstavby Slovenskej republiky za účelom splnenia nových požiadaviek Európskej únie, ktoré sa uskutočnili koncom roka 2019 a začiatkom roka

2020, kde boli navrhnuté a dohodnuté postupy pre zabezpečenie plnenia nových požiadaviek Európskej únie.

Na predmetnom stretnutí Dopravný úrad navrhol minimálne nasledujúce zmeny:

1. Zmeniť ustanovenia § 34a leteckého zákona a NCASP – najmä § 34a ods. 4 písm. h) leteckého zákona.

2. Zmeniť filozofiu – žiadosť o previerku osoby bude podávať fyzická osoba (ako napr. o cestovný pas) a toto konanie doplniť do ustanovenia § 55 ods. 2 leteckého zákona.

3. Aby previerku osoby ako celok vykonával Dopravný úrad.

Poďakovanie

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

[1] Nariadenie (ES) č. 2320/2002 Európskeho parlamentu a Európskej Rady zo 16. decembra 2002 o ustanovení spoločných pravidiel v oblasti bezpečnostnej ochrany civilného letectva.

[2] Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 300/2008 z 11. marca 2008 o spoločných pravidlách v oblasti bezpečnostnej ochrany civilného letectva a o zrušení nariadenia (ES) č. 2320/2002.

[3] Národný program ochrany civilného letectva pred činmi protiprávneho zasahovania.

[4] Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) 2015/1998 z 5. novembra 2015, ktorým sa stanovujú podrobné opatrenia na vykonávanie spoločných základných noriem bezpečnostnej ochrany letectva.

[5] Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) 2019/103 z 23. januára 2019, ktorým sa mení vykonávacie nariadenie (EÚ) 2015/1998, pokiaľ ide o objasnenie, harmonizáciu, zjednodušenie a posilnenie určitých špecifických opatrení bezpečnostnej ochrany letectva.

[6] Zákon č. 143/1998 Z. z. z 2. apríla 1998 o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.

[7] Alena Novák Sedláčková, Denisa Švecová: The regional airports´ problems in the Slovak Republic [electronic] : the case study of Žilina airport [Problémy regionálnych letísk v SR: prípadová štúdia letiska, In: 19th International Scientific Conference - LOGI 2018 [electronic]. London: Édition Diffusion Presse Sciences, 2018. - s. [1-8] [online].

WHICH FACTORS ARE BEHIND THE EXISTENCE OF REGIONAL AIR CARRIERS IN THE EUROPEAN UNION MEMBER COUNTRIES?

KTORÉ FAKTORY SÚ ZA EXISTENCIOU REGIONÁLNYCH LETECKÝCH DOPRAVCOV V ČLENSKÝCH KRAJINÁCH EÚ?

Anna Tomová jr.
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
tomova.anna@gmail.com

Alena Novák Sedláčková
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
alena.sedlackova@fpedas.uniza.sk

Abstract

This paper provides the design of two econometric models using the quantitative factors such as the existence of the low-cost carrier(s) in examined countries, GDP per capita, the area of countries, the number of inhabitants and other factors to answer the question which factors are behind the existence of regional air carriers in the EU´s member countries. One model (aimed at the existence of regional air carriers) was tested. The results of the test point to the necessity to work with the second version of the model in future. Such model would be aimed at the number of regional air carriers including also other variables (for instance old vs new member countries).

Keywords

Regional air carrier, European Union, Econometric model

1. Úvod

Služby regionálnych leteckých dopravcov, či už pravidelnej alebo nepravidelnej dopravy, nie sú v Európskej únii upravené ako špecifické služby. Nariadenie EP a Rady 1008/2008 o spoločných pravidlách prevádzky leteckých dopravných služieb v Spoločenstve obsahuje len pojem letecká služba. To vyplýva z liberalizácie leteckej dopravy v Európskej únii a zo zjednotenia predtým fragmentovaných národných trhov so službami leteckej dopravy. Regionálni leteckí dopravcovia preto môžu poskytovať služby komerčnej leteckej dopravy, len ak disponujú prevádzkovou licenciou a majú takto status „dopravcov Spoločenstva“ (Regulation (EC) No 1008/2008). Uvedené nariadenie obsahuje ustanovenia o službách vo verejnom záujme, ktoré v Európskej únii častokrát poskytujú práve regionálni dopravcovia. Z historického hľadiska regionálni leteckí dopravcovia existovali v niektorých (najmä väčších) európskych krajinách aj pred liberalizáciou, iní vstúpili na trh po liberalizácii. Liberalizácia priniesla konkurenciu medzi regionálnymi leteckými dopravcami navzájom, ale aj medzi regionálnymi a nízko-nákladovými leteckými dopravcami (TOMOVÁ et al., 2017). Z hľadiska portfólia poskytovaných služieb sa regionálni leteckí dopravcovia zameriavajú na kratšie letecké trasy a menšie trhy, čomu zodpovedá ich flotila (TOMOVÁ&NOVÁK SEDLÁČKOVÁ,2018). Regionálni leteckí dopravcovia môžu prevádzkovať aj nepravidelné (charterové) lety, či lety v segmente biznis letectva. To, že v niektorých členských krajinách sú a v iných nie sú licencovaní regionálni leteckí dopravcovia, nebolo doposiaľ vysvetlené. V tomto článku sa zaoberáme možnosťou ekonometrického modelovania zameraného na zodpovedanie otázky, ktoré faktory sú za (ne)existenciou regionálnych leteckých dopravcov v členských krajinách.

2. Návrh ekonometrického modelu

V prvom modeli bude vysvetľovanou premennou samotná existencia regionálnych leteckých dopravcov licencovaných v členskej krajine EÚ (Model E), v druhom modeli budeme pracovať s počtom licencovaných regionálnych leteckých dopravcov v členskej krajine EÚ (Model P). Za regionálneho leteckého dopravcu budeme považovať akéhokoľvek dopravcu, ktorý sa deklaruje ako regionálny a ktorého flotila zodpovedá „špecifickosti“ lietadlového parku ako základnej vlastnosti modelu podnikania regionálnych leteckých dopravcov. Ako s regionálnymi dopravcami budeme pracovať aj s dcérskymi spoločnosťami leteckých spoločností zameranými na služby regionálnej leteckej dopravy. Pre zaradenie bude dôležité to, či regionálny letecký dopravca poskytuje služby pravidelnej leteckej dopravy.

Ako determinujúce faktory (nezávislé premenné) budú v oboch modeloch vystupovať:

- Rozloha členskej krajiny EÚ
- Počet obyvateľov krajiny EÚ
- Existencia nízko-nákladového dopravcu licencovaného v členskej krajine EÚ
- Ostrovné oblasti s letiskom patriace členskej krajine EÚ
- HDP/obyv. v parite kúpnej sily členskej krajiny EÚ
- Existencia tradičného leteckého dopravcu licencovaného v členskej krajine EÚ
- Existencia vysokorýchlostnej železnice (nad 200 km/hod.) v členskej krajine EÚ

https://doi.org/10.26552/zbk.Z.2020.1.14

- Dĺžka diaľnic v členskej krajine EÚ
- Dĺžka železničných tratí členskej krajine EÚ.

Rozloha krajiny a počet obyvateľov vyjadrujú veľkosť trhu ako faktor dopytu po službách regionálnych leteckých dopravcov. Existencia nízko-nákladových a tradičných dopravcov vyjadrujú „organizáciu" trhu ako faktor ponuky, niektorí nízko-nákladoví dopravcovia vo svojej ponuke majú služby povahy regionálnej leteckej dopravy, sú konkurentom pre regionálnych leteckých dopravcov. Existencia tradičného dopravcu je takisto faktorom ponuky. Vysokorýchlostná železnica, dĺžka diaľnic a železničných tratí sú indikátormi možných substitútov voči službám regionálnej leteckej dopravy a v modeli reprezentujú ponuku substitútov voči regionálnej leteckej doprave. Existencia letiska na odľahlom ostrove bude považovaná za faktor, ktorý môže generovať služby regionálnej leteckej dopravy, najmä v oblasti služieb vo verejnom záujme. Takéto služby sú v Európskej únii dôležité pre dosiahnutie cieľov súdržného rastu a rozvoja Európskej únie. Premenné v modeli označíme tak, ako to obsahuje Tabuľka 1.

Tabuľka 1: Premenné v modeloch (Model E a Model P. Zdroj: Autori.

Premenné	Názov	Použitý symbol
Vysvetľované	Existencia regionálneho leteckého dopravcu licencovaného v danej členskej krajine EÚ	E
	Počet regionálnych leteckých dopravcov licencovaných v danej členskej krajine EÚ	P
Vysvetľujúce	Rozloha členskej krajiny EÚ v km^2	R
	Počet obyvateľov	D
	HDP/obyv. v parite kúpnej sily v danej členskej krajine EÚ	HDP/obyv.
	Existencia nízko-nákladového dopravcu licencovaného v danej členskej krajine EÚ	NND
	Ostrovné oblasti s letiskom patriace danej členskej krajine EÚ	O
	Existencia tradičného dopravcu licencovaného v danej členskej krajine EÚ	TD
	Existencia vysokorýchlostnej železnice (nad 200 km/hod.) v danej členskej krajine EÚ	HSR
	Dĺžka diaľnic v danej členskej krajine EÚ v km	HW
	Dĺžka železničných tratí v km v danej členskej krajine EÚ	RW

Model E bude mať nasledujúci základný tvar:

$$E = f(R, D, \frac{HDP}{obyv.}, \text{TD, NND, O, HSR, HW, RW, } u)$$

Model P bude mať nasledujúci základný tvar:

$$P = f(R, D, \frac{HDP}{obyv.}, \text{TD, NND, O, HSR, HW, RW, } u)$$

V oboch modeloch predstavuje „u" náhodnú zložku. Následne musíme pokračovať voľbou analytického modelu. Z typov ekonometrických modelov predpokladáme aditívny a lineárny tvar horeuvedených modelov:

Model E:

$$E = b_0 + b_1 . R + b_2 . D + b_3 . TD + b_4 . NND + b_5 . O + b_6 . HSR + b_7 . HW + b_8 . RW + u$$

Model P:

$$P = b_0 + b_1 . R + b_2 . D + b_3 . TD + b_4 . NND + b_5 . O + b_6 . HSR + b_7 . HW + b_8 . RW + u$$

Znamienka v modeloch sú predpokladané nasledovne:

- Kladné znamienko v prípade premenných rozloha, počet obyvateľov, existencia tradičného dopravcu, existencia ostrovných oblastí s letiskom, HDP/obyv.)
- Záporné znamienko v prípade premenných existencia nízko-nákladového leteckého dopravcu, vysokorýchlostnej železnice a dĺžka železničných tratí, dĺžka diaľnic.

Kladné znamienka v modeli vysvetľujeme tak, že väčšie trhy (veľkosť krajiny a počet obyvateľov) indikujú vyšší dopyt aj po službách leteckej dopravy, podobne ako vyšší príjem vyjadrovaný HDP/obyv. Podobne vysvetľujeme kladné znamienko v prípade existencie ostrovných oblastí mimo hlavnej časti krajiny s letiskom. V prípade existencie tradičného dopravcu v krajine kladné znamienko indikuje tiež veľkosť domáceho trhu a predpoklad pre vyšší dopyt aj po službách pravidelnej leteckej dopravy regionálneho charakteru. Záporné znamienka v modeli vysvetľujeme tak, že existencia vysokorýchlostných železníc, dĺžka diaľnic a železničných tratí vyjadrujú predpoklad pre možné substitúty voči regionálnej leteckej doprave (železničná doprava a cestná doprava), a teda ide o faktory znižujúce predpoklady pre pravidelnú leteckú dopravu regionálneho charakteru. V prípade existencie nízko-nákladových dopravcov záporné znamienko v modeli vychádza z toho, že nízko-nákladoví dopravcovia často konkurujú regionálnym leteckým dopravcom, a že tradiční leteckí dopravcovia využívajú spoluprácu s regionálnymi leteckými dopravcami, aby konkurovali nízko-nákladovým dopravcom (čo čiastočne vysvetľuje aj premennú TD a jej predpokladaný vplyv na vysvetľovanú veličinu).

3. Overenie modelov

Overenie modelov je náročné, lebo vyžaduje vytvorenie databázy príslušných dopravcov, čo je v podmienkach Európskej únie veľmi náročná úloha. Vzhľadom na túto skutočnosť bol pokusne overený len Model E. Využijeme údaje uvedené v prílohe. Údaje o HDP na obyvateľa sú za rok 2017 v cenách roku 2010 v USD prepočítané v parite kúpnej sily (v tzv. medzinárodných USD) a sú získané z databázy Svetovej banky. Ostatné údaje sú z Eurostatu, ide o posledné uvádzané údaje v

Eurostate, ktoré sa však z hľadiska času líšia, napríklad údaje o počte obyvateľov sú k 1.1. 2018, údaje o dĺžke diaľnic z roku 2016. Model „P“ sme neoverovali vzhľadom na nedostatok informácií o počte regionálnych dopravcov v členských krajinách Európskej únie a dvoch krajinách EZVO zaradených do analýzy. Existencia regionálnych dopravcov bola zistená na základe vlastného výskumu na základe viacerých internetových zdrojov. Údaj o existencii ostrovných okrajových oblastí krajiny (mimo jej hlavnej časti) bol stanovený takisto v súlade s metódami výskumu a na základe zdrojov z internetu. Informatívne uvádzame aj to, či v krajine je alebo nie je tradičný alebo nízko-nákladový dopravca.

Vzhľadom na binárny charakter vysvetľovanej premennej v Modeli „E“ (nadobúda len hodnoty 0, t. j. v krajine nie je regionálny letecký dopravca alebo 1, t. j. v krajine je regionálny letecký dopravca, sme využili model logit („logistic regression“) spracovaný softwarom GRETL. Výstupy (výsledky) pokusného overenia modelu „E“ uvádzame v tabuľke 2.

Tabuľka 2: Výsledky pokusného overenia modelu „E“ – štatistická významnosť vysvetľujúcich premenných. Zdroj: Autori.

Model 41: Logit, using observations 1-30
Dependent variable: ExistenciaregionAla
QML standard errors

	Coefficient	Std. Error	z	p-value	
const	−5,62825	2,37533	−2,369	0,0178	**
RozlohavAkmAtv	2,39763e-05	1,31000e-05	1,830	0,0672	*
PoAetobyvateAovk112018	−0,00013645	6,52314e-05	−2,092	0,0365	**
HDP2017obyvvAPKSinternati	6,30473e-05	3,76606e-05	1,674	0,0941	*
OstrovnAoblastikrajinyslet	1,78624	1,28429	1,391	0,1643	
Dialnice	0,00151325	0,000782784	1,933	0,0532	*

Mean dependent var	0,566667	S.D. dependent var	0,504007
McFadden R-squared	0,491034	Adjusted R-squared	0,198735
Log-likelihood	−10,44753	Akaike criterion	32,89505
Schwarz criterion	41,30224	Hannan-Quinn	35,58458

Number of cases 'correctly predicted' = 25 (83,3%)
f(beta'x) at mean of independent vars = 0,504
Likelihood ratio test: Chi-square(5) = 20,1589 [0,0012]

Ostrovné oblasti s letiskom sa ukázali ako štatisticky nevýznamná premenná, ostatné vysvetľujúce premenné majú menšiu štatistickú významnosť. Aj keď model správne predpovedal výsledok v 25 z 30 pozorovaní (83,3 %), hodnota 0,198735 (adjusted R-squared) poukazuje na to, že model vysvetľuje vysvetľovanú premennú nedostatočne, a že je možné ho (v tejto overovanej podobe) spochybniť. Vidíme, že predpokladané znamienka v modeli sa nepotvrdili pre vysvetľujúcu premennú diaľnice v km a počet obyvateľov, čo sa dá len ťažko interpretovať, v prípade diaľnic v km by sme mohli nájsť vysvetlenie, že dĺžka diaľnic poukazuje na potenciál pre regionálnu dopravu vo všeobecnosti, v prípade počtu obyvateľov v čase nie je možné nájsť ani intuitívne ani teoretické vysvetlenie. Pokusné overenie modelu ukázalo na náročnú interpretovateľnosť výsledkov aj vzhľadom na binárny charakter vysvetľovanej premennej, nepotvrdili sa predpoklady znamienok pre niektoré vysvetľujúce premenné a „opačnosť“ vplyvu týchto vysvetľujúcich premenných považujeme za problém modelu. To ale aj znamená, že model samotný v tomto stave nie je správny (zdravý), v ďalšom kroku je potrebné zmeniť jeho charakter na dynamický a pracovať s väčším počtom vstupných dát, prípadne do modelu zaviesť aj parameter oneskoreného vplyvu („lag“). Ďalšou alternatívou je rozšírenie počtu vstupných dát o ďalšie faktory (existencia vysokorýchlostnej železnice, tradícia regionálnych leteckých dopravcov, nová vs stará členská krajina EÚ atď.), ktoré môžu podmieňovať existenciu, resp. počet regionálnych leteckých dopravcov v krajine. Inou možnosťou je zmeniť tvar vysvetľovanej premennej v binárnej podobe na premennú „počet regionálnych dopravcov“ v členskej krajine EÚ (Model P), čo však predstavuje veľký problém, najmä ak by sa pracovalo s dynamickým modelom.

4. Záver

Kvantitatívny výskum faktorov podmieňujúcich existenciu regionálnych dopravcov v členských krajinách Európskej únie predstavuje zaujímavú výzvu z hľadiska budúceho vývoja jednotného trhu so službami leteckej dopravy najmä pre tie krajiny, ktoré nemajú vlastných (v príslušnej krajine licencovaných) leteckých dopravcov poskytujúcich služby pravidelnej leteckej dopravy. Pre tieto krajiny by takýto kvantitatívny výskum mohol pomôcť vo formovaní cieľov dopravnej politiky krajiny v oblasti letectva, takýto výskum by ale mal byť doplnený aj kvalitatívnym výskumom, ktorý by bol zameraný na to, aký model podnikania leteckých dopravcov v pravidelnými leteckými službami regionálnej povahy by bol v podmienkach jednotného trhu EÚ dlhodobejšie udržateľný. Zároveň by to bol faktor podmieňujúci existenciu, respektíve finančno-ekonomické zdravie regionálnych letísk v Slovenskej republike.

Poďakovanie

Tento článok je súčasťou aktivít v rámci projektu **VEGA 1/0624/18** – *„Modely podnikania regionálnych letísk v kontexte dopravnej politiky štátu a Európskej únie“*.

Referencie

Regulation (EC) No 1008/2008 of the European Parliament and of the Council of 24 September 2008 on common rules for the operation of air services in the Community

Tomová, A. et al., 2017. Ekonomika leteckých spoločností: pravidelná osobná doprava. ISBN 978-80-554-1359-4.

Tomová, Jr., A., Novák Sedláčková, A., 2018. Lietadlový park regionálnych leteckých dopravcov v Austrálii. Aerojournal, 1/2018, s. 31- 35.

Tomová Jr., A. Služby regionálnych leteckých dopravcov. Písomná práca k dizertačnej skúške. KLD FPEDAS ŽU v Žiline 2019. (Školiteľka Alena Novák Sedláčková).

https://en.wikipedia.org/wiki/Logistic_regression

https://analytics4all.org/2016/04/06/logistic-regression-with-gretl/

https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KD?locations=EU

https://ec.europa.eu/eurostat/data/browse-statistics-by-theme

Príloha 1. Vstupné dáta Model E,

Členská krajina EÚ	Existencia regionála	Rozloha v km štv.	Počet obyvateľov k 1.1. 2018 v tis. eurostat	Existencia nízko-nákladového dopravcu licencovaného v krajine	Ostrovné oblasti krajiny s letiskom	HDP 2017/obyv. v PKS international dollars, 2011 prices, World Bank	Existencia tradičného LD licencovaného v krajine k 1.1.2018	Diaľnice v km
Francúzsko	1,00	643801,00	67221,90	1,00	1,00	38605,67	1,00	11612,00
Nemecko	1,00	357386,00	82850,00	1,00	1,00	45229,25	1,00	12996,00
Veľká Británia	1,00	242495,00	66238,00	1,00	1,00	39753,24	1,00	3674,00
Maďarsko	0	93030,00	9778,40	1,00	0,00	26777,56	0,00	1924,00
Slovenská republika	0	49035,00	5443,10	0,00	0,00	30155,15	0,00	463,00
Česká republika	0	78865,00	10610,10	0,00	0,00	32605,91	1,00	1222,66
Poľsko	0	312679,00	37976,70	0,00	0,00	27343,36	1,00	1640,00
Švédsko	1,00	450295,00	10120,2	0,00	0,00	46949,28	1,00	2118,00
Taliansko	1	301338,00	60484	1,00	1,00	35220,08	1,00	6943,00
Belgicko	0	30528,00	11413,1	1,00	0,00	42658,58	1	740,00
Holandsko	1	42508,00	17181,10	1,00	1,00	48472,54	1,00	2756,00
Luxembursko	0	2586,00	602	0,00	0,00	94277,97	1,00	161,00
Grécko	1	131957,00	10738,9	1,00	1,00	24574,38	1,00	2500,00
Španielsko	1	505990,00	46659,3	1,00	1,00	34272,36	1,00	15444,00
Portugalsko	1	92212,00	10291	1,00	1,00	27936,9	1,00	3065,00
Írsko	1	70273	4838,3	1,00	0,00	67335,29	1,00	916,00
Slovinsko	0	20273	2066,9	0,00	0,00	31400,84	1,00	773,00
Rakúsko	1	83879	8822,3	1	0,00	45436,69	1	1719,00
Fínsko	1	338424	5513,1	0,00	1,00	40585,72	1,00	890,00
Bulharsko	0	110994	7050	0,00	0,00	18606,03	1,00	740,00
Rumunsko	1	238397	19523,6	1	0,00	23501,55	1	747,00
Estónsko	0	45227	1319,1	0,00	1,00	29481,25	1,00	145,00
Lotyšsko	0	64589	1934,4	0,00	0,00	25063,71	1,00	0,00
Cyprus	0	9251	864,2	1,00	0,00	32415,13	1,00	272,00
Malta	0	316	475,7	0,00	0,00	36505,41	1,00	0,00
Dánsko	1	2221	5781,2	1,00	1,00	46682,51	1	1255,00
Chorvátsko	0	56594	4105,5	0,00	1,00	22828,37	1	1310,00
Litva	1	65589	2808,9	1,00	0,00	29524,14	0,00	314,00
Nórsko	1	385252	5295,6	1	1,00	64800,06	1,00	392,00
Island	1	103000	348,5	1	0,00	46482,96	1,00	11,00

NEW TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL AERIAL WORKS

NOVÉ TECHNOLÓGIE V LETECKÝCH POĽNOHOSPODÁRSKYCH PRÁCACH

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

Abstract

Aerial works in agriculture have began in the early 50s, by converting existing aircrafts into aircrafts capable of applying solid or liquid. Since then, aircraft have undergone major changes regarding airframes, engines and avionics. These changes allows them to continue to compete with ground machinery, which in some areas of the world has completely pushed out aviation technology.

Keywords

aircraft, aerial works, UAV, avionics

1. Úvod

Využívanie lietadiel začalo práve pre ich rýchly zásah na veľkých plochách. V tej dobe zásah pozemnej techniky bol ešte zdĺhavý a prichádzalo k veľkým škodám na danej plodine. Ako išla doba sa pozemná technika vyvíjala, až predbehla, vďaka, novým automatizovaným strojom leteckú aplikáciu.

S dobou sa vyvíjala aj letecká technika avšak pre komplikovanosť implementácie nových systémov do letectva oproti pozemnej techniky sa tieto technológie dostali do letectva neskoršie. S použitím nových systémov je letecká aplikácia rovnako účinná ako pozemná aplikácia. Jednou z ich najväčšou prednosťou je, že nerobia koľaje od kolies a tým neničia časť úrody a samozrejme rýchlosť aplikácie.

Vo východnej Európe vývoj leteckej aplikácie ukončili 90 rokoch 20teho storočia. Najväčší rozvoj pokračuje v Kanade, USA, Brazílii, Austrálii, na Novom Zélande a väčšine štátov v južnej Ameriky. Z Európy sú to krajiny Španielsko, Portugalsko.

Základný rozvoj leteckej techniky môže rozdeliť do štyroch kategórii t.j. lietadlo, avionika, pilot a predpisy. Najviac sa budeme zaoberať prvými dvoma kategóriami. Treba si však uvedomiť jedna bez druhej nemá moc využitie napr. pokiaľ pilot nevie dobre ovládať avioniku neurobí kvalitnú prácu a naopak avionika bez kvalitného postreku je vám zbytočná. A nakoniec môžete mať najnovšie lietadlo, najlepšieho pilota s najlepšou avionikou, ale pokiaľ vám to zákon daného štátu nepovolí, je vám to zbytočné.

2. Lietadlá

Vývoj lietadiel môžeme rozdeliť do viacerých kategórii napr. drak , krídla, motor, postrekovacie zariadenie

Drak

Drak bol prispôsobený na každodenné ťažké zachádzania a na desiatky pristáti za deň na nespevnených plochách. Využívajú sa antikorózne nástreky proti chemickým látkam. Nakladací priestor bol zväčšovaný až na 3000 litrov aplikačnej látky.

Krídla

Krídla sú dimenzované na vysoké rýchlosti pri nízkych letoch, ako aj na nízke rýchlosti na pristátie na čo najkratšej možnej ploche a na vzlet z čo najkratšej možnej plochy. Majú čo najlepšie prúdenie, aby vyvíjali čo najmenšie turbulencie pri aplikácii danej látky a aby tým bola aplikácia čo najpresnejšia. Na koncoch krídla sa montujú winglety pre presnejšiu aplikáciu, keď nechceme, aby postrek bol zasiahnutý koncovými vírmi.

Motor

V danej dobe sú traja najväčší výrobcovia lietadiel a dvaja z nich prešli výlučne na turbovrtuľové motory. Turbovrtuľový motor je spoľahlivejší, výkonnejší a má aj väčšie aerodynamickejšie možnosti. Najväčšia nevýhoda je dlhšia odozva na pridanie výkonu, ako u piestových motorov.

Postrekovacie zariadenie

Postrekovacie zariadenie je umiestňovane nižšie a ďalej za odtokovou hranou krídla pre menší možný zásah turbulencie od krídla. Postrekové zariadenie sa nedáva až na koniec krídla, aby sa predišlo koncovým vírom, ktoré môžeme eliminovať wingletmi. Rahná sa vyrábajú v tvare slzy pre lepšie aerodynamickejšie vlastnosti.

Atomizér

Sú to zariadenia ktoré vedia vytvoriť mikrodávky od 0,1 litra / ha. do cca 30litrov/ha. Najčastejšie sa používajú pri znižovaní populácie komárov. U týchto systémov sa používajú skoro neriedené dávky chémie.

Vypínanie postreku

Vypínanie postreku je systém, ktorý môže podľa tvaru poľa alebo mapy vypínať dané trysky, aby nevznikali zbytočné prekrytia postrekov.

https://doi.org/10.26552/zbk.Z.2020.1.15

Väčšie množstvo trysiek na rahne

Väčšie množstvo trysiek na rahne predstavuje lepšie pokrytie aplikačnou látkou za lietadlom. Vytvára sa krajší a súvislejší koberec aplikačnej látky. A pri výpadku trysiek nedochádza k žiadnym škodám pre hustejšie umiestnenie na rahnách.

Vďaka týmto novým tvarom vie lietadlo lietať rýchlejšie a byť presnejšie ovládané. Väčšia rýchlosť znamená viac postriekaných hektárov za menší čas. V tab.č.1 je porovnanie rýchlostí lietadiel Z-137T a AT-402B pri maximálnych rýchlostiach je rozdiel až 60km/hod. Pri veľkých rýchlostiach je komplikované sa orientovať pri daných veľkých poliach a preto sa využíva avionika systému GPS na presnú aplikáciu chemických látok.

Tabuľka 1: Rýchlosť aplikácie. Zdroj: Autor.

Popis	**Z-137A**	**Airtractor 402B**
Pracovná rýchlosť	130-160km/hod	190-220 km/hod

Obrázok 1: AirTractor AT-802A. Zdroj: www.Airtractor.com

3. Avionika

Digitálna avionika nastúpila v polovici 80.rokov, ako GPS pre presné navigovanie a pre presné aplikovanie. Aj avioniku, letecké poľnohospodárske práce, môžeme rozdeliť do niekoľkých systémov napr. GPS, Lightbar, ovládanie prietoku látky.

Obrázok 2: Cocpit Thrush. Zdroj: www.thrushaircraft.com

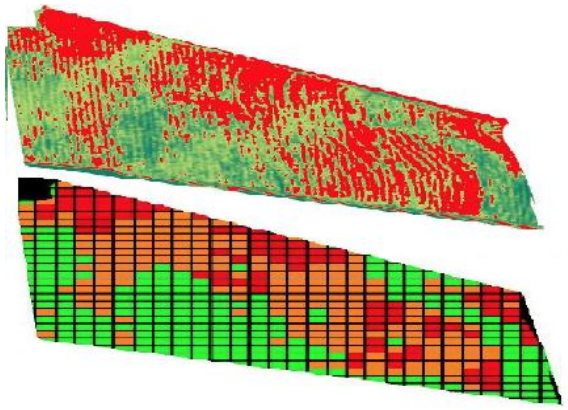
GPS

GPS pre dané lietanie má množstvo funkcií, ako navigovať na danú plochu, zaznamenávať aplikáciu na danej ploche, určovať systém lietania a veľa iných možností, podľa potreby. Ak máme napríklad prístup k satelitným snímkam a vieme upravovať dávku počas letu. Vie nám dané GPS aj upraviť množstvo postreku, podľa daných informácií, zo satelitných / UAS fotiek. (viac v časti drony/UAS). Na obrázku č.3 je satelitná fotka a fotka upravená do štvorčekov podľa množstva aplikovania chemickej dávky. Toto má prínos na šetrení množstva chemických látok, ako aj na peniazoch poľnohospodára, ale hlavne na životné prostredie.

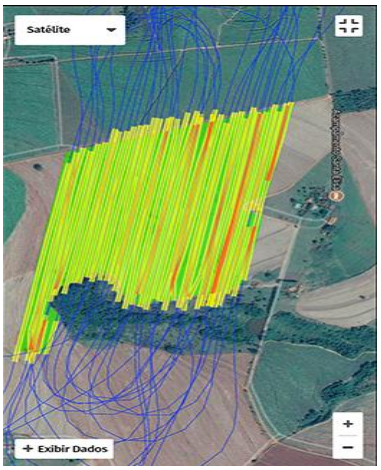
Na obrázku č.2 je vidieť usporiadaný kokpit lietadla, vľavo prístroje motora, napravo GPS, v strede základné tri prístroje a vpredu lightbar pred pilotom.

Lightbar

Lightbar je zariadenie umiestnené medzi vrtuľou a kabínou a má za účel prenášať základné informácie z GPS systému. Pilot nemusí pozerať do kabíny na GPS, ale má informácie z GPS pred sebou a zároveň aj vidí na plochu kam letí. Je to jednoduchý systém, ale veľmi prospešný.



Obrázok 3: Satelitná fotka a fotka upravená pre aplikáciu.



Obrázok 4: GPS záznam z letu s aplikáciou.

Na obrázku 4 je vidieť jeden z možných výstupov po vykonaní letu pre zákazníka. Pre nové systémy je najdôležitejšie získavanie dát, ako napríklad presnú polohu daného poľa, infra-foto pre aplikáciu len na zasiahnutú plochu. Tieto údaje potrebujeme behom 24 hodín aby bol zásah čo najúčinnejší.

4. Piloti

Vzhľadom na nebezpečnosť daného povolania a ťažšiemu možnému získania zárobku, ako je vo veľkej doprave, ubúda počet pilot. Vyškolenie daného pilota nie je také jednoduché

vzhľadom na to, že od začiatku lieta sám a dozor zostáva na zemi. Dvojmiestnych lietadiel daného typu nie je veľké množstvo. V USA vznikol pre tento účel prvý trenažér pre typ Airtractor. Nie je to full-flight simulátor, ale pre začínajúcich pilotov má veľký prínos.

Piloti každoročne prechádzajú preskúšavaním z pilotnej praxe, ako aj s aplikačnej a presnej aplikácie na danú plochu.

Stále je však veľa havárii, vzhľadom na nízke lietanie môže pilot spraviť väčšinou len jedno špatné rozhodnutie

5. Drony (UAS)

Pre väčšinu majiteľov orných pôd je jednoduchšie sa dostať k dronom, ako si urobiť letecký preukaz. Významné miesto v poslednom období, ale aj do budúcnosti zaberajú drony.

Každé pole je jedinečné a každý roľník očakáva veľké výnosy a maximálnu návratnosť z každého hektára. Bezpilotné letecké systémi (UAS) môžu pomáhať v rôznych smeroch. Môžu byť vybavené snímačmi videa / fotografii v blízkosti infračerveného a modrého svetla. Dané informácie sú prenášané na obrazovku, ktorá obsahuje softvér na snímanie z daného dronu. Používa normalizovaný index diferenčnej vegetácie pre výsledné fotografie. Z danej fotografie môže byť následne lepšie určena úroveň fotosyntézy. Vid obrázok č. 3 a č. 6.

Obrázok 5: Dron pre aplikáciu postrekovacie.

Obrázok 6: Využitie drona pre získavanie dát k aplikácii.

Po danom zistení úrovne vegetácie môže majiteľ pôdy poslať k poškodeným častiam poľa dron s aplikačným zariadením. Výhodou je, že nemusí striekať celú plochu, ale len zasiahnutú plochu. Dron nepotrebuje letisko, preto je čas na aplikáciu je kratší.

6. Predpisy

Európa skôr prechádza k zastaveniu leteckej aplikácie, čo je aj evidentné z nariadení EU. Predpisová základňa je negatívna voči vzdušnej aplikácii.

Najznámejšia organizácia, ktorá bojuje za leteckú aplikáciu sa nazýva NAAA (national agricultural aviation association). Má sídlo v USA a združuje viac ako 1.900 prevádzkovateľov po celom svete.

7. Záver

Vo svete sa viac a viac hovorí o nedostatku potravín a o veľkom množstve chémii dávaných do potravín. Nové technológie nám umožňujú daný problém riešiť (nie vyriešiť) a čiastočne eliminovať. S presnou a skorou aplikáciou vieme zachrániť veľké množstvo potravín s menším použitím chémie. Je len na nás, či budeme využívať všetky výdobytky doby tak, aby nám prinášali uspokojenie a potešenie.

Poďakovanie

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

Bugaj, M. 2011. The basic analysis of control systems on commercial aircraft [Základná analýza systémov riadenia v komerčných lietadlách]. Perner´s Contacts vol. 6, 5/2011, s. 29-35. ISSN 1801-674X.

Kandera, B. 2011. Flight laboratories and flight data recorders Perner´s Contacts- Vol. 6, 5/2011, s. 111-117. ISSN 1801-674X.

Kandera, B. 2015. Letecké prístroje. Knižná publikácia, 1. vyd. - Bratislava: DOLIS, 2015. ISBN 978-80-8181-017-6.

www.airtractor.com

www.thrushaircraft.com

UNLAWFUL ACTS IN MARITIME AND AIR TRANSPORT

PROTIPRÁVNE ČINY V NÁMORNEJ DOPRAVE A LETECTVE

Andrea Galieriková
Department of Water Transport
University of Žilina
Univerzitná 8251/1
010 26, Žilina
galierikova@fpedas.uniza.sk

Matúš Materna
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8251/1
010 26, Žilina
matus.materna@fpedas.uniza.sk

Jarmila Sosedová
Department of Water Transport
University of Žilina
Univerzitná 8251/1
010 26 Žilina
sosedova@fpedas.uniza.sk

Abstract

Maritime and civil aviation security is a global problem posed by terrorism and unlawful acts and as such it requires global attention and global solutions that only the respective international organisations (International Maritime Organisation and the International Civil Aviation Organisation) can provide. The terrorist attacks of 11th of September 2001 has started a new period of history. This period can be characterised as instable, unpredictable and reshaping of comples systems, including new types of threats. The main objective of the paper is to analyse and compare the most serious types of unlawful acts (piracy and terrorism) with the regard to the legislative and jurisdiction. Particular consideration is given to unlawful acts on the sea and in airspace above the sea for comparability of legal phenomena.

Keywords

Maritime piracy, terrorism, unlawful acts, civil aviation

1. Úvod

Terorizmus je vnímaný ako najhorší typ protiprávneho činu. Ako spoločenský jav je v súčasnosti prezentovaný ako potenciálne najväčšia hrozba hneď po vojne. Predstavuje ohrozenie bezpečnosti ľudí, ich majetku, štátov, demokratického zriadenia a prirodzeného rozvoja ľudskej spoločnosti. Je nástrojom násilného presadzovania spoločenských záujmov. I keď má veľa podôb, jeho základnou črtou je jeho globálnosť. Prejavy terorizmu sú ovplyvnené ekonomickými, politickými, náboženskými, historickými, sociálnymi, kultúrnymi a inými podmienkami.

Terorizmus v leteckej i námornej doprave predstavuje obrovskú hrozbu nielen pre ľudí, ale taktiež pre svetový obchod. Keďže predpokladom terorizmu je ochromenie svetového obchodu a bezpečnosti bez ohľadu na ľudské životy, je ovplyvnený najmä politickými a náboženskými motívmi. Na druhej strane pirátstvo, v súčasnosti najmä v podmienkach námornej dopravy, predstavuje hrozbu v podobe finančnej ujmy. Novodobí somálski piráti útočia na námorné lode s vidinou obohatenia sa, avšak, oproti teroristom sa snažia vyhnúť zraneniam či zabitiu.

Oba prípady protiprávnych činov na mori i v letectve si vyžadujú trestné stíhanie a potrestanie účastníkov trestného konania. V nasledujúcich kapitolách sa nachádza ucelený prehľad právnych noriem definujúcich protiprávne činy v námornej a leteckej doprave, jurisdikciu a ich posudzovanie.

2. Terorizmus a pirátstvo v námornej doprave

Prepojenia medzi námornými pirátmi a teroristami sú obmedzené, pretože ciele týchto organizácií sa líšia. Piráti majú finančné motívy, zatiaľ čo pohnútkami teroristov je najmä kultúrne, náboženské a politické presvedčenie.

Pri pirátstve, na rozdiel od terorizmu, ide teda prevažne o krádež a obohatenie sa, väčšinou uspokoja s ukradnutým nákladom, majetkom či peniazmi, a takmer vždy dôjde k prepusteniu plavidla a posádky. Na druhej strane terorizmus sa obvykle vzťahuje na násilie bez rozdielu, s cieľom ovplyvniť vládu alebo medzinárodné organizácie pre politické účely.

Spoločnou črtou oboch typov páchateľov sú oblasti, v ktorých sa vyskytujú najčastejšie. Ide o najzraniteľnejšie oblasti, ako je pobrežie Somálska, Červené more (Suezský prieplav), Malajský prieliv a Adenský záliv.

V súčasnosti sú najnebezpečnejšou skupinou pirátov práve somálski piráti. Tí sa, oproti pirátom operujúcim v iných častiach sveta, zaujímajú hlavne o únos lode a členov posádky. Podľa Závešického (2009) somálski piráti operujú v dvoch teritóriách - prvým je voľné more na východ od pobrežia Somálska a v priľahlých vodách Kene, druhým je Adenský záliv.

Piráti sú dobre organizovaní, pracujú v malých skupinách pozdĺž celého pobrežia, platia medzi nimi pravidlá [1] a hierarchia, používajú satelitnú navigáciu a vyspelú komunikačnú techniku, vďaka prekvitajúcemu obchodu so zbraňami v krajine sú vybavení modernými zbraňami. Materské plavidlo, ktoré využívajú na zadržanie rybárskych lodí ich prepraví na otvorené more stovky námorných míľ od pobrežia, do blízkosti hlavných námorných trás, kde zmenia toto plavidlo za ľahké rýchločlny. Tieto člny navigačné systémy na palubách obchodných lodí rozpoznajú len ťažko – pre tieto systémy môže byť rýchločln viditeľný ako rybárska loď. Piráti si vyberajú za cieľ veľké

[1] napríklad používajú vlastný systém spravodlivosti za porušenie „kódexu dobrého konania", ktorý upravuje ich povinnosti voči rukojemníkom (zákaz ich okradnutia, zabitia či znásilňovania žien, ale aj medzi sebou – trest smrti za zabitie, vylúčenie zo skupiny za zranenie iného piráta či trest smrti za zabitie). Rozdelenie odmien z výkupného za unesené plavidlo sú vystupňované podľa miery pričinenia.

námorné plavidlá pohybujúce sa nižšou rýchlosťou, vyznačujúce sa nízkymi bočnicami.

Hoci pirátstvo je somálskym problémom už viac ako 20 rokov, rapídny nárast zaznamenalo od roku 2005. Od roku 2007 piráti presunuli svoje aktivity z prístavnej oblasti Mogadiša do Adenského zálivu a zo svojich základní v Puntlande postupujú ďalej do Indického oceánu. V tejto oblasti sú únosy dôležitým zdrojom príjmu a prácou pre stovky ľudí, vrátane tých, čo dodávajú zásoby paliva a vybavenie pre pirátske lode. Toľko ľudí vďaka nemu prosperuje, že miestne autority nemajú záujem proti nemu zasahovať. S dlhým pobrežím, nefunkčnou vládou, zúfalým a na vojnu zvyknutým obyvateľstvom je Somálsko ideálnym prostredím pre rozvoj a fungovanie pirátstva.

Obrázok 1: Oblasti útokov na mori v roku 2018. Zdroj: (ICC-IMB, 2019).

2.1. Terminológia protiprávnych činov v námornej doprave

Dohovor OSN o morskom práve, UNCLOS (1982), definuje *pirátstvo* ako:

a) akýkoľvek protiprávny čin násilia alebo zadržania; akýkoľvek lúpežný čin spáchaný za súkromným účelom posádkou alebo cestujúcimi súkromnej lodi alebo súkromného lietadla namierený proti:

aa) inej lodi alebo lietadlu, proti osobám alebo majetku na ich palube na voľnom mori[2];

ab) proti lodi, lietadlu, osobám alebo majetku v mieste, ktoré nepodlieha jurisdikcii žiadneho štátu;

b) akýkoľvek čin dobrovoľnej účasti pri použití lode alebo lietadla, ak ten, kto sa ich dopúšťa vie o skutočnostiach, ktoré dávajú tejto lodi alebo lietadlu charakter pirátskej lode alebo lietadla;

c) akýkoľvek čin, ktorý má za účel podnecovať alebo úmyselne uľahčovať čin uvedený v odstavcoch a) alebo b).

Aby mohol byť protiprávny čin podľa UNCLOS klasifikovaný ako pirátstvo, musí spĺňať niekoľko požiadaviek:

- musí ísť o protiprávny čin násilia, resp. spôsobenie fyzickej ujmy, zadržania osôb alebo lúpežný čin,
- protiprávny čin je spáchaný za súkromným účelom[3],
- pri pirátskom čine je podmienkou využitie súkromného plavidla,
- pirátsky čin musí byť spáchaný na inom plavidle. protiprávny čin spáchaný členom posádky lode, nie však proti inej lodi, sa za pirátstvo nepovažuje. Musí byť naplnená tzv. požiadavka dvoch lodí.[4]
- protiprávny čin musí byť spáchaný na voľnom mori alebo na mieste, ktoré je mimo jurisdikcie akéhokoľvek štátu. Činy spáchané v oblasti do 12 námorných míľ sa považujú za ozbrojené lúpeže. [5]

Obrázok 2: Rozdelenie morských zón. Zdroj: (Autori podľa UNCLOS).

Podľa Ranstorpa a WIlkinsona (2005) môže byť *terorizmus* definovaný ako systematické zastrašovanie, slúžiace zvyčajne na politické účely. Pomocou donucovania teroristi vytvárajú atmosféru strachu, pričom obete násilia musia pristúpiť na ich požiadavky, ktoré vedú k naplneniu teroristických cieľov.[6]

Námorný terorizmus je teda podľa SUA (1988) definovaný ako akýkoľvek pokus alebo hrozba, že dôjde k násilnému ovládnutiu lode s cieľom:

- poškodiť alebo zničiť loď alebo prepravovaný náklad,
- zraniť alebo zabiť osobu na palube lode
- akýmkoľvek spôsobom ohroziť bezpečnú lodnú prepravu, vykonávanú z pobrežných vôd jedného štátu do pobrežných vôd iného štátu alebo na voľnom mori.

Častokrát nie je možné jasne definovať, kedy ide o pirátstvo a kedy ide o terorizmus[7]. Zásadným rozdielom je výber cieľa. Zatiaľ čo u pirátov, ktorí sú poháňaní finančným motívom, je to plavidlo prepravujúce cenné zásielky, teroristi si vyberajú plavidlá, ktoré môžu využiť ako zbraň (plavidlá prepravujúce nebezpečné látky).

2.2. Morské zóny vo vzťahu k protiprávnym činom

Dohovor OSN o morskom práve (1982) ustanovil vymedzenie morských zón. Námorná zóna má veľký vplyv na to, či bude pirátsky čin posudzovaný na základe medzinárodného práva (ak

[2] Bahar (2007) tvrdí, že terorizmus na voľnom mori môže byť považovaný za pirátstvo

[3] Podľa UNCLOSu sú útoky na loď a posádku pre politické účely, vrátane terorizmu z definície vylúčené, a teda nie sú „pirátstvom".

[4] Bahar (2007) má na požiadavku dvoch lodí odlišný názor. V prípade, že by sa zamaskovaným pirátom podarilo dostať na palubu lode, a vo vhodnom momente by napadli posádku s cieľom vymáhania výkupného, sa požiadavka dvoch lodí javí ako irelevantná.

[5] To znamená, že z tejto definície je vylúčených veľa prípadov násilia páchaného na lodiach v pobrežných vodách. Akt námorného terorizmu je taktiež vylúčený, pretože v tejto definícií nie sú zahrnuté politické ciele.

[6] Námorný terorizmus nemá medzinárodne používanú a platnú definíciu. V súčasnosti je prijatá dohoda využívať operatívnu definíciu námorného terorizmu na základe Dohovoru o potláčaní protiprávnych činov pre bezpečnosť námornej plavby (1988), i keď sa tento dohovor netýka priamo terorizmu.

[7] Príkladom je incident z roku 2010, kedy somálski piráti prevzali kontrolu nad tankerom Asphalt Venture. Plavidlo bolo zadržiavané v Kulube, na severovýchodnom pobreží Indického oceánu v Somálsku. Po zaplatení niekoľko miliónového výkupného bolo v apríli 2011 plavidlo s 8 členmi posádky prepustené, zatiaľ čo zvyšných 7 členov posádky piráti zadržiavali na brehu. Výmenou za bezpečný návrat zvyšných 7 zadržaných členov posádky požadovali prepustenie 100 pirátov, ktoré indické námorníctvo zadržalo v predchádzajúcich mesiacoch. Po mnohých vyjednávaniach prepustili zvyšných 7 mužov v októbri 2014, paradoxne po uhradení nízkych nákladov na prepravu rukojemníkov na miesto určenia. (Maritime Security Review)

sa uskutoční na voľnom mori); podľa vnútroštátnych právnych predpisov (ak sa uskutoční na voľnom mori) alebo podľa vnútroštátneho práva pobrežného štátu (ak sa útok uskutoční vo vodách pobrežného mora).

Voľné more (high seas)

UNCLOS (1982) definuje voľné more ako tie časti mora, ktoré nie sú zahrnuté do výlučnej ekonomickej zóny, do pobrežného mora alebo do vnútrozemských vôd štátu či do vnútorných vôd súostrovného štátu. V oblasti voľného mora platí šesť základných slobôd:

- sloboda plavby,
- sloboda preletu,
- sloboda kladenia podmorských káblov a diaľkových potrubí,
- sloboda budovania umelých ostrovov a iných zariadení,
- sloboda rybolovu,
- sloboda vedeckého výskumu.

Menovaných 6 základných slobôd vychádza zo zásady, že voľné more má slúžiť spoločnému užívaniu všetkých štátov (res communis omnium) a žiaden štát nesmie vykonávať suverenitu v oblasti voľného mora.

Jurisdikciu nad loďami plaviacimi sa v oblasti voľného mora má zásadne štát vlajky. Vojenská loď (lietadlo) môže len výnimočne zastaviť a kontrolovať obchodnú loď iného štátu, a to len v prípade podozrenia, že ide o pirátsku loď alebo loď slúžiacu k obchodu s otrokmi a obchodu s drogami.

Akcie, ktoré podnikajú vojenské lode a lietadlá proti somálskym pirátom na voľnom mori sú preto v súlade s medzinárodným právom. Právomoc štátov zasiahnuť proti pirátom rozšírili rezolúcie Rady bezpečnosti OSN aj na teritoriálne vody Somálska.

Pobrežné more (territorial seas)

Pobrežné more je pásmo priliehajúce k pevninskému územiu a vnútorným vodám. Jeho šírku môžu štáty stanoviť jednostranným právnym aktom, musia však pritom rešpektovať maximálnu vonkajšiu hranicu pobrežného mora (12 námorných míľ, tj. asi 22 km) meraných od základnej línie[8]. Stanovenie presnej šírky je dôležité, pretože vonkajšia hranica pobrežného mora je štátnou hranicou pobrežného štátu. Na pobrežné more, vzdušný priestor nad ním a jeho morské dno sa vzťahuje územná zvrchovanosť štátu. Táto je však obmedzená v záujme slobody plavby a štát musí dovoliť cudzím lodiam pokojnú plavbu (loď plavbou neohrozuje mier, verejný poriadok alebo bezpečnosť pobrežného štátu) z voľného mora do vnútorných vôd štátu alebo do jeho prístavu alebo naopak. Výlučná moc štátu je obmedzená tiež v oblasti občianskoprávnej a trestnej jurisdikcie. Na plavbu vojnových lodí pobrežnými vodami však platia zvláštne pravidlá.

2.3. Riešenie protiprávnych činov na voľnom mori

UNCLOS (1982) obsahuje niekoľko pravidiel k potlačeniu pirátstva na voľnom mori. Všeobecnou povinnosťou všetkých štátov je v čo najväčšej miere spolupracovať pri potláčaní pirátstva na voľnom mori alebo na inom mieste, ktoré nepodlieha jurisdikcii žiadneho štátu.

Obzvlášť dôležitý je čl. 105 (identický s čl. 19 Dohovoru o voľnom mori (1958)), podľa ktorého na voľnom mori, či na mieste nepodliehajúcom jurisdikcii žiadneho štátu môže štát zhabať pirátsku loď alebo lietadlo využívané pirátmi[9] *a zatknúť osoby a majetok nachádzajúce sa na palube. Súdy štátu, ktorý tieto prostriedky zhabal, môžu rozhodovať o sankciách, ktoré majú byť uložené, ako aj o opatreniach, ktoré majú byť učinené, pokiaľ ide o tieto lietadlá, lode a majetok, s výhradou práv tretích osôb konajúcich v dobrej viere*.

Fakt, že každý štát môže zajať a súdiť osobu obvinenú z pirátstva, robí tento zločin v medzinárodnom práve, ktoré kladie dôraz na suverenitu a jurisdikciu na vlastnom území, výnimočný.

Podľa UNCLOS-u, čl. 105 má krajina, ktorá je účastníkom tohto dohovoru právo, *nie však povinnosť*, prevziať nad pirátskymi činmi jurisdikciu, aj napriek tomu, že s nimi nemá nič spoločné. Štáty, ktoré Dohovor neratifikovali, majú rovnaké oprávnenie, v ich prípade sa však toto odvodzuje od medzinárodného obyčajového práva, z ktorého tento princíp pochádza.

Šturma (2009) tvrdí, že v prípade dôvodného podozrenia využívania plavidla na pirátsku činnosť, majú vojnové lode právo na prehliadku tejto lode. Ide však len o oprávnenie štátu, takisto ako aj o právo na zastavenie takejto lode, jej zhabanie a zatknutie osôb na palube. Môžu ho realizovať len štáty disponujúce vojnovými loďami a lietadlami. Nejde o ich povinnosť, preto nie je zaručené, že aj štáty s dostatočnými námornými silami budú tieto opatrenia realizovať, hlavne keď k pirátskym útokom dochádza vo vzdialených oblastiach od ich pobrežia a mimo sféru ich mocenského záujmu. To oslabuje efektivitu boja proti pirátstvu.[10]

Otázky trestného postihu pirátov medzinárodné právo kodifikované v Dohovore (1982) neupravuje a prenecháva ich na vnútroštátnu trestnú úpravu štátov. Vnútroštátne definície pirátstva sa však nielenže môžu líšiť od medzinárodnej, ale niektoré štáty nemusia mať vo svojom právnom poriadku otázku pirátstva upravenú, a ani Dohovor (1982) im túto povinnosť neukladá. Dohovor (1982) neusiluje ani o unifikáciu prípadnej odlišnej právnej úpravy. *„Hoci by mohla byť väčšina činov spáchaných pirátmi stíhaná aj podľa iných ustanovení trestných zákonov, ani potom by nebolo zaručené, že každý štát bude*

[8] *Základnou líniou* pre meranie šírky pobrežného mora je línia najväčšieho odlivu pozdĺž pobrežia, ako je zakreslená na námorných mapách úradne uznanými pobrežným štátom. (čl. 5 UNCLOS)

[9] Pirátmi ovládnuté plavidlo si môže ponechať svoju štátnu príslušnosť. Jej zachovanie alebo stratu určuje zákon štátu, ktorý túto príslušnosť udelil. Aktom násilia však pirátske plavidlo strácajú ochranu štátu, pod ktorého vlajkou sa plaví, a aj napriek tomu, že používaná vlajka svedčí o jeho skutočnej príslušnosti, je vystavený trestnému postihu zo strany toho štátu, ktorý svojou vojnovou loďou pirátsku loď dopadol.

[10] Podľa UNCLOSu, čl. 107, sa môže zhabanie lode z dôvodu pirátstva uskutočniť výlučne vojnovými loďami alebo vojenskými lietadlami alebo inými loďami a lietadlami takto označenými. V čl. 107 je vyjadrená skôr možnosť ako povinnosť štátu konať. Na druhej strane, čl. 100 kladie štátom za povinnosť spolupracovať pri potlačovaní pirátstva. Keď si oba články spojíme, môžeme z nich vyvodiť, že štáty nemôžu odmietnuť proti pirátom zasiahnuť. To je zvlášť dôležité vzhľadom na pobrežné štáty.

v praxi schopný a ochotný uplatniť svoju jurisdikciu." Ak štát trestá čin pirátstva vo vlastných teritoriálnych vodách, nejde o pirátstvo podľa definície UNCLOS.

2.4. Posudzovanie protiprávnych činov v námornej doprave

Ako už bolo spomínané v kapitole 2.2, pirátstvo podľa definície UNCLOS nezahŕňa činy spáchané za politickým cieľom v prístavoch, vo vnútorných či pobrežných vodách; ani činy zahŕňajúce len jednu loď.

Avšak terorizmus, hoci nemá medzinárodne uznanú definíciu, sa obvykle vzťahuje na násilie bez rozdielu, s cieľom ovplyvniť medzinárodné organizácie či vládu pre politické účely. Niektoré protiteroristické zmluvy sú dostatočne obsiahle a preto sa vzťahujú aj na pirátske činy. Takouto zmluvou je Dohovor o potlačení protiprávnych činov proti bezpečnosti námornej plavby (SUA) a Medzinárodný dohovor proti braniu rukojemníkov (1979). Dohovor SUA rieši problematiku teroristických aktivít na lodiach, špeciálne na boj proti pirátstvu však nie je určený. Dohovor bol vypracovaný Medzinárodnou námornou organizáciou (IMO), v súčasnosti má 151 zmluvných strán vrátane USA.

Podľa tohto dohovoru je možné veľa pirátskych činov posudzovať ako trestný čin. SUA zaväzuje zmluvné štáty, aby kriminalizovali ozbrojenú lúpež na mori. Takže trestný čin nespadajúci pod definíciu pirátstva podľa UNCLOS, môže napĺňať znaky trestného činu podľa SUA. Druhý spomínaný dohovor sa vzťahuje na trestný čin brania rukojemníkov, čo zahŕňa držanie posádky za výkupné, typický postup pirátov v Somálsku.

Cieľom oboch dohovorov je vyžadovať od štátov, aby dodržanie záväzkov plynúcich z medzinárodných zmlúv, a aby boli v ich vnútroštátnom práve trestné činy kriminalizované podľa medzinárodných dohovorov[11] [12]

2.5. Jurisdikcia a trestné stíhanie v námornej doprave

Na základe Dohovoru OSN o morskom práve (1982) je dovolené štátom zadržať pirátske plavidlo. Po zadržaní však prichádza otázka vysporiadania sa s útočníkom, aby boli následné kroky v súčinnosti s medzinárodným právom.

Všeobecné medzinárodné právo prikazuje štátom zločiny trestne postihovať. Túto povinnosť môže štát splniť jedine ak je splnená podmienka teritoriality (čin bol spáchaný na jeho území) alebo personality (jeho príslušníkom).

Podľa Davida, et al. (2008), ak štát neplní svoju povinnosť aj napriek tomu, že sú podmienky pre výkon jurisdikcie naplnené, príp. k činom ešte podnecuje, nastupuje oprávnenie každého člena medzinárodného spoločenstva takéto zločiny postihnúť. Napríklad, v prípade Somálska, kedy ide o štát s nefunkčnou vládou a inštitúciami, pri tomto type pirátov operujúcich na voľnom mori nie je splnená podmienka teritoriality, je možné uvažovať o možnej právomoci Somálska z dôvodu štátnej príslušnosti páchateľov. Nefungujúci štát ale nemá prostriedky ani na ich zadržanie, ani na potrestanie. Podľa čl. 105 dohovoru UNCLOS to teda zostáva na medzinárodnom spoločenstve štátov, ktoré sú k tomu oprávnené aj z princípu univerzality – pravidlo univerzálnej jurisdikcie. [13] Princíp univerzality predstavuje právo každého štátu viesť proces s osobou obvinenou z medzinárodného trestného činu bez ohľadu na národnosť páchateľa alebo obete a na miesto spáchania činu.

Medzinárodné právo dovoľuje každému štátu zadržať a súdiť každého piráta, bez ohľadu na to, či zaútočil na jeho loď, či je pirát jeho štátny príslušník alebo sa ho prípad inak dotýka. Pri útoku na voľnom mori dochádza k stretu rôznych štátnych príslušností a tým pádom k možným dopadom jurisdikcií viacerých štátov.

Je potrebné rozlíšiť pirátstvo podľa vnútroštátneho práva od pirátstva podľa medzinárodného práva. Čin trestný podľa vnútroštátnych noriem, nemusí spadať pod definíciu medzinárodne právnu a neuplatní sa naň princíp univerzálnej jurisdikcie. Bahar (2007) tvrdí, že v prípade trestného činu v pobrežných vodách štátu, ktoré spadajú pod jeho právomoc, nejde o porušenie medzinárodného práva ale o porušenie vnútroštátnych noriem pobrežného štátu a právomoc zasiahnuť proti páchateľovi má len dotknutý štát. Univerzálna právomoc sa neuplatní.[14]

Uplatnenie univerzálnej jurisdikcie v praxi nie je jednoduchý postup. Podľa nej by mal štát pri trestnom stíhaní a potrestaní piráta postupovať podľa svojho vnútroštátneho práva. Často však štáty nemajú do svojho trestného práva zahrnuté princípy medzinárodného práva a ich trestný zákon nepozná trestný čin pirátstva. Ďalším dôvodom je, že nechcú hrať „svetového policajta" a chcú sa vyhnúť problémom spojeným s transportom podozrivých do ich krajiny, s tým spojenými vysokými nákladmi a pod.

Problémy spojené s výkonom jurisdikcie

Odborníci sa zhodujú, že existujúci právny rámec je na boj proti pirátstvu dostačujúci a nie sú potrebné veľké zmeny. Tu sa však naskytuje otázka, prečo je problémom štátov zadržať pirátov a následne ich patrične potrestať, ak im k tomu medzinárodné právo dáva dostatočné oprávnenia.

Podľa medzinárodného práva je lúpežné prepadnutie alebo únos na mori považované za pirátsky čin, len v tom prípade, ak bol vykonaný na voľnom mori. Allesandri (2019) tvrdí, že v prípade, uskutočnenia pirátskeho činu v pobrežných vodách štátu, pôjde o ozbrojenú lúpež a námorné posádky cudzích štátov nemôžu zasiahnuť, pretože k tomu je oprávnený a zároveň povinný jedine pobrežný štát. Výnimkou je Somálsko, ktoré si vzhľadom na neexistenciu pobrežnej stráže a efektívnej vlády, ktorá by si s problémom poradila, rezolúcie Rady bezpečnosti OSN rozšírili právomoc štátov zasiahnuť proti

[11] Tento záväzok je vyjadrený povinnosťou štátov podozrivú osobu vydať alebo ju trestne stíhať (aut dedere aut judicare). Hoci sa tieto dohovory bežne považujú za „protiteroristické", slovo „terorizmus" sa objavuje len v ich preambulách. Teroristický motív nie je zložkou žiadneho trestného činu. Tieto dohovory môžu byť užitočným nástrojom proti pirátstvu v mnohých prípadoch, ale ani v nich nie je pirátstvo klasifikované ako terorizmus.

[12] Problematika námorného pirátstva na mori bola detailnejšie rozpracovaná v ďalších nadväzujúcich dohovoroch. Primárne je to *Dohovor o potláčaní protiprávnych činov proti bezpečnosti námornej plavby (1988).* K tomuto dohovoru bol prijatý *Protokol o potláčaní nezákonných činov proti bezpečnosti pevne ukotvených plošín v pevninskej plytčine (1988).* Do rámca týchto úprav patrí i starší *Medzinárodný dohovor o ochrane podmorských káblov (1884).*

[13] Pôvodne sa používalo práve na prípady námorného pirátstva, kedy bol každý štát oprávnený zajať osobu podozrivú z pirátstva bez ohľadu na jej národnosť a miesto spáchania zločinu. V pozadí tohto odklonu od princípu teritoriality a personality bola potreba spoločne bojovať proti formám kriminality, ktorá sa dotýkala všetkých štátov a ich spoločných záujmov. Moderné trestné právo pravidlo univerzálnej jurisdikcie rozšírilo aj na mučenie, vojnové zločiny a iné trestné činy.

[14] S takýmto postupom nie je problém, pokiaľ pobrežný štát: a) má zákony, ktoré rozoznávajú trestný čin pirátstva; b) má záujem vynucovať ich dodržiavanie; c) je schopný tak robiť, (čo napr. v prípade Somálska nie je)

pirátom aj v pobrežných vodách Somálska, pričom všetky aktivity na území krajiny musia byť v spolupráci s miestnou vládou.

Oprávnenie zasiahnuť proti pirátskym lodiam sú len vojenské a príbuzné lode, ktoré reprezentujú štát. Vojenské námorníctvo je vo svojich aktivitách obmedzené. Môže podozrivú loď podrobiť prehliadke, ale nemôže ju alebo jej posádku zadržať, pokiaľ nemá dostatočný dôkaz o tom, že bola zapojená do pirátskych aktivít (a zbrane na palube dostatočným dôkazom nie sú, väčšina plavidiel plaviacich sa pri pobreží Somálska majú na palube zbrane, väčšinou na sebaobranu proti pirátom) Protiútok má byť primeraný, použitie sily ako prevencie nie je dovolené.

Ak sa podarí pirátov zadržať, objavujú sa otázky o ďalšom postupe, napr. o dobe medzi ich zadržaním a odovzdaním do rúk príslušných orgánov, čo je často otázkou niekoľkých dní. Držanie pirátov na palube vyvoláva otázky aj v súvislosti s ľudskými právami, pretože nie sú naplnené podmienky Európskeho dohovoru o ľudských právach na potrebný štandard pre zadržaného. Ďalším problémom je, že piráti sú často mladiství. Pri protipirátskych akciách musia byť dodržiavané ľudské práva.

Po zadržaní sa naskytuje otázka, kam by mali byť prevezení za účelom vyšetrovania a trestného stíhania.[15] Ako problém sa môže javiť mnohonárodný charakter lode kvôli rozdielnej štátnej príslušnosti pirátov, cestujúcich, majiteľa lode, posádky, vlastníka nákladu, prístavu a vlajky lode. V prípade pirátstva nie je potrebné brať do úvahy tieto faktory, pretože podľa medzinárodného práva majú všetky štáty právo postaviť pirátov pred svoje súdy.

Najväčším problémom je chýbajúca politická vôľa štátov, ich ťažkosti s vedením trestného stíhania kvôli problémom so zhromažďovaním dôkazov a vyšetrovaním a procesom vo všeobecnosti. Rozhodnutie o začatí trestného stíhania môže trvať niekoľko týždňov. Počas tejto doby musia byť podozriví držaní na palube svojej lode alebo lode, ktorá ich zadržala, pričom žiadna z nich nie je navrhnutá tak, aby na nej mohli byť v takýchto situáciách držaní ľudia v bezpečí, ale v ľudských podmienkach. Prieťahy v rozhodnutí o začatí trestného stíhania alebo postúpení veci tretej strane, môžu dať príležitosť k zničeniu dôkazov. Ďalším problémom je zadržanie podozrivého na jednom mieste a stíhanie na inom; to so sebou nesie ťažkosti s použitím správnych pravidiel vyšetrovania, pokiaľ nie je známe, podľa jurisdikcie ktorej krajiny majú postupovať.

Na to, aby bolo trestné stíhanie úspešné, je potrebná medzinárodná spolupráca a dôležité je aj zdieľanie informácií. Identifikácia pirátov je často zložitá, pretože pirátmi môže byť ktokoľvek, od bývalých rybárov až po bývalých členov armády, ktorí vedia bojovať, ovládať vojenský systém, GPS a rádiostanicu. Taktiež treba vziať do úvahy medzinárodný prvok u účastníkov pri prípadnom súdnom procese. Každý z nich môže byť príslušníkom iného štátu, treba zaistiť ich prítomnosť na procese, aby mohli vystúpiť ako prípadní svedkovia a s tým sú samozrejme spojené zvýšené náklady. Ďalším problémom môže byť jazyk podozrivých z pirátstva a potreba tlmočníka.

3. Protiprávne činy v leteckej doprave

Terorizmus rozhodne nie je novým fenoménom. V súčasnom svete sa v prostredí globalizovanej spoločnosti stáva v čoraz väčšej miere hrozbou každodenného života, civilné letectvo nevynímajúc. V roku 1980 bola v USA, v krajine, ktorá sa stáva najčastejším cieľom teroristických útokov, publikovaná definícia terorizmu, ktorá sa skoro okamžite stala štandardom pre posudzovanie a hodnotenie teroristických činov. Podľa Schmida (1997) možno za *terorizmus* považovať premyslené použitie násilia alebo hrozby násilím, zvyčajne zamerané proti nezúčastneným osobám, s cieľom vyvolať strach, prostredníctvom ktorého sú dosahované politické, náboženské alebo ideologické ciele. Terorizmus zahŕňa aj kriminálne zločiny, ktoré sú vo svojej podstate symbolické a sú cestou na dosiahnutie iných cieľov, než na ktoré je kriminálnej čin zameraný.

Krejčí (1997) tvrdí, že ako teroristické činy by mali byť posudzované a tiež potrestané všetky trestné činy spáchané jednotlivcami či skupinami uchyľujúcimi sa k násiliu, alebo hroziace jeho použitím proti štátu, jeho inštitúciám, obyvateľstvu všeobecne či konkrétnym jednotlivcom, ktorá je motivovaný separatistickými snahami, extrémistickými koncepciami či fanatizmom, ale bo sa zakladajú na subjektívnych iracionálnych pohnútkach. Jeho cieľ spočíva vo vystavení verejnej moci niektorých jednotlivcov či spoločenských skupín alebo všeobecne verejnej mienky a šírenie atmosféry strachu.

V nasledujúcich kapitolách sa autori zamerali na problematiku páchania protiprávnych činov najmä nad morom, aby bola porovnateľná jurisdikcia a aplikácia dohovorov prijatých v námornej doprave.

3.1. Vzdušný priestor and morom vo vzťahu k protiprávnym činom

Lietadlo vo vzdušnom priestore sa môže stať nielen nástrojom teroristického útoku, ale aj obeťou ozbrojeného činu zo strany subjektu medzinárodného práva, teda štátu. Vzdušný priestor je súčasťou štátneho územia. Podlieha plne a výlučne suverénnej moci teritoriálneho štátu. Dohovor o medzinárodnom civilnom letectve (Chicagský dohovor) v čl. 1 stanovuje, *že každý štát má úplnú a výlučnú zvrchovanosť nad vzdušným priestorom nad svojím územím*.

Vzhľadom na to, že more zaberá viac ako 70% zemského povrchu, má pre medzinárodné letectvo veľký význam právna úprava vzdušného priestoru nad jednotlivými morskými oblasťami a zónami. Dokumenty medzinárodného leteckého práva, najmä Chicagský dohovor a jej prílohy, ale aj iné medzinárodné zmluvy sa bežne aplikujú na vzdušný priestor nad jednotlivými morskými oblasťami.

Tak ako v námornej, aj v leteckej doprave upravuje problematiku protiprávnych činov Dohovor OSN o morskom práve (1982). Ten definuje slobodu preletu nad voľným morom ako jednu zo šiestich hlavných slobôd, ktorú má každá krajina na svete.

[15] *Africa Programme and International Law Conference Report: Piracy and Legal Issues: Reconciling Public and Private Interests.* [online]. Dostupné na: http://www.chathamhouse.org.uk/files/15221_011009piracy_law.pdf

Prelet nad pobrežnými vodami

Ustanovenia Dohovoru týkajúce sa pobrežných vôd spresňujú zásady všeobecného medzinárodného práva. Zvrchovanosť pobrežného štátu sa rozširuje za jeho pevninského územia a vnútroštátne vody až na priľahlé morské pásmo nazývané pobrežné vody. Táto zvrchovanosť sa vzťahuje aj na vzdušný priestor nad pobrežnými vodami. Článkom 3 Dohovoru bola stanovená jeho presná šírky na 12 námorných míľ (22,2 km).

Problém môže nastať v súvislosti s preletom nad súostrovnými vodami, pretože aj v tomto prípade lietadla prechádzajú cez územie zvrchovaného štátu. Využívanie práva preletu nad súostrovnými vodami má pre určité typy štátov zásadný význam, pretože významné oblasti svetového oceánu sú zvrchovaným územím takých štátov, ako je napríklad Indonézia, Filipíny, Japonsko, Malajzia a pod. Pri zachovaní princípu zvrchovanej rovnosti tak aj sú-ostrovný štát môže vytýčiť svoje východiskové línie (na súši i na vode) na zisťovanie svojich hraníc, mať vnútrozemské vody, teritoriálne vody, výlučnú ekonomickú zónu alebo pevninskú plytčinu.

Prelet nad voľným morom

Dohovor OSN o morských zónach (1982) definuje voľné more ako tie časti mora, ktoré nie sú zahrnuté do výlučnej ekonomickej zóny, do pobrežných a vnútorných vôd štátu, ani do sú-ostrovných vôd.

Základnou zásadou právneho režimu vzdušného priestoru nad voľným morom je zásada slobody preletu, podľa ktorej je lietadlám všetkých štátov priznané právo slobodne lietať v tomto priestore. Vzdušný priestor nad voľným morom je vyňatý z právomoci ktoréhokoľvek štátu. Nemožno na neho rozšíriť suverenitu jedného alebo viacerých štátov. Tento vzdušný priestor nie je súčasťou nijakého štátneho územia. Preto akékoľvek rokovania štátov, smerujúce k rozšíreniu ich právomoci vo vzdušnom priestore nad voľným morom, je potrebné kvalifikovať ako protiprávne. Žiadny štát nemá právo brániť druhému štátu vo využívaní slobody lietania nad voľnom morom. Každé lietadlo nachádzajúce sa vo vzdušnom priestore nad voľným morom je nedotknuteľné a úplne nezávislé na moci iného štátu, okrem toho, v ktorom je registrované. Lietadlá iných štátov nemajú právo vyžadovať na takomto lietadle zmenu kurzu a trasy letu, ani inak porušovať slobodu letov nad voľným morom.

Vo vzťahu k vzdušnému priestoru nad voľným morom majú všetky štáty tieto práva:

- prevádzkovať lety civilných a vojenských lietadiel,
- vykonávať právomoc nad svojím lietadlom a jeho posádkou,
- používať letecké navigačné prostriedky na kontrolu a riadenie letov s cieľom zaistenia ich bezpečnosti,
- pozorovať z lietadiel situáciu na mori v záujme vojenských, vedecko - výskumných, priemyselných, či obchodných lodí,
- prenasledovať cudzie plavidlo na voľnom mori pre porušenie zákonov a predpisov pobrežného štátu,
- používať lietadlá pre boj proti pirátstvu a na boj proti obchodu s otrokmi.

Sloboda preletu nad voľným morom znamená pre štáty nielen priznanie ich určitých práv, ale aj prevzatie určitých povinností. Pri využívaní slobody lietania vo vzdušnom priestore nad voľným morom sú štáty povinné:

- dodržiavať pravidlá lietania, odporúčané ICAO,
- predchádzať znečisteniu vzdušného priestoru nad voľným morom pri všetky činnosti, ktorá zahŕňa použitie rádioaktívnych látok alebo iných škodlivých látok,
- predchádzať incidentom vo vzdušnom priestore nad voľným morom,
- pomôcť lodiam a lietadlám v stave tiesne,
- nezneužívať vzdušný priestor nad voľným morom na vykonávanie jadrových pokusov,
- zdržiavať sa sily alebo hrozby silou.

Chicagský dohovor v článku 12 stanovil, že na otvorenom mori budú platiť pravidlá ustanovené týmto dohovorom. Štáty sú povinné tieto pravidlá rešpektovať a zabezpečiť, aby ich lietadlá ich prevádzkovateľov dodržiavali.

3.2. Právna úprava ochrany civilného letectva pred protiprávnymi činmi

V druhej polovici 20-teho storočia vznikla potreba vytvorenia právnej úpravy skutkov nezákonného zasahovania do civilného letectva. Štáty najskôr uzatvárali bilaterálne dohody. Avšak, ako tvrdí Novák-Sedláčková (2015), prvým medzinárodnoprávnym dokumentom upravujúcim túto problematiku bol Dohovor o voľnom mori (UNCLOS) z roku 1958, ktorý definuje v čl. 15 termín pirátstvo ako *protiprávny akt násilia, zadržania alebo akýkoľvek lúpežný čin spáchaný k súkromným účelom posádkou alebo cestujúcimi súkromnej lode alebo súkromného lietadla namierené:*

- na voľnom mori proti inej lodi, lietadlu alebo osobám či majetku na ich palube
- proti lodi, lietadlu, osobám alebo majetku v mieste nepodliehajúcej jurisdikcii žiadneho štátu.

Tokijský dohovor, alebo Dohovor o trestných a niektorých iných činoch spáchaných na palube lietadla ako prvý vymedzil jednu z foriem nezákonného konania na palube lietadla (protiprávne zmocnenie sa lietadla). Podľa čl. 11, *ak použije osoba na palube lietadla počas letu protiprávne násilie alebo hrozbu násilia k zasahovaniu do prevádzky lietadla, zmocnenie sa lietadla alebo iného protiprávneho výkonu kontroly nad lietadlom počas letu, alebo ohrozí spáchaním takéhoto činu, vykonajú zmluvné štáty opatrenie potrebné na to, aby kontrola nad lietadlom bola navrátená oprávnenému veliteľovi lietadla, alebo aby mu táto kontrola ostala zachovaná.* Tokijský dohovor však zostal len pri počiatočných opatreniach, problémy otvoril, no neriešil. [16]

[16] Tokijský dohovor nekvalifikuje konanie definované čl. 11 ako trestný čin. Obmedzuje sa na záväzok zmluvných štátov vykonávať opatrenia na zachovanie či obnovu výkonu kontroly nad lietadlom veliteľom lietadla.

V roku 1970 bol vypracovaný Haagsky dohovor o potláčaní protiprávneho zmocnenia sa lietadiel. Čl. 1 definuje, že *zodpovedným za vykonanie úmyselného trestného činu proti civilnému letectvu je akýkoľvek jednotlivec, ktorý v priebehu letu na palube lietadla protiprávne použije silu alebo hrozbu silou, alebo inú formu zastrašovania za účelom zmocniť sa lietadla*. [17]

Tento dohovor ako prvý prikazoval zmluvným stranám stíhať páchateľov a vydať ich k trestnému stíhaniu do krajiny registrácie lietadla alebo inej zainteresovanej krajiny. Dohovor ďalej ukladá signatárskym stranám povinnosť stíhať a vydať únoscov, a odovzdať páchateľov pre výkon trestu v prípade, že nebude vydaný štátu registrácie alebo inému zainteresovanému štátu.

Montrealský dohovor [18] o potláčaní protiprávnych činov ohrozujúcich bezpečnosť civilného letectva vymedzil pojem protiprávneho činu ohrozujúceho bezpečnosť civilného letectva. *Takýto čin je považovaný za násilný trestný čin, ktorý úmyselne a nezákonne spácha osoba na palube lietadla počas letu s úmyslom ohroziť bezpečnosť lietadla*[19]

Podľa Haagskeho a Montrealského dohovoru majú signatárske strany záväzok poskytnúť Rade ICAO čo najskôr informácie o:

- okolnostiach trestného činu,
- krokoch podniknutých pre navrátenie kontroly lietadla oprávnenej osobe
- pomoci cestujúcim, posádke a vlastníkom nákladu či lietadla,
- opatreniach podniknutých voči (aj údajnému) páchateľovi a najmä o výsledkoch každého extradičného konania alebo iného právneho rozhodnutia.

Poskytnuté informácie Rada ICAO využíva pre tvorbu príslušných štandardov a odporúčaní.

V podmienkach národnej legislatívy SR je dôležitý zákon č. 143/1998 Z. z. o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, ktorý bližšie upravuje problematiku protiprávneho zasahovania.

3.3. Jurisdikcia a trestné stíhanie v civilnom letectve

Podľa Novák – Sedláčkovej (2015) platí, že ak sa lietadlo nachádza na zemi alebo vo vzdušnom priestore štátu jeho registrácie, vykonáva tento štát nad lietadlom jurisdikciu úplne. Štáty majú právo vytvoriť predpisy, na základe ktorých budú posudzovať nezákonné spáchané trestné činy spáchané na ich území a môžu si určiť spôsob potrestania páchateľov. Tokijský, Haagsky a Montrealský dohovor sa využívajú iba v prípadoch, kedy lietadlo letí nad územím iného štátu než je štát registrácie lietadla[20]

Pre potreby určenia uskutočnenia trestného činu na palube lietadla je potrebný výklad pojmu „*lietadlo počas letu*".

Tokijský dohovor definuje tento pojem ako čas od okamihu, kedy je použitá sila motorov za účelom vzletu do okamihu, kedy sa motory zastavia pri pristátí. Haagsky a Montrealský dohovor však definujú tento pojem ako časový úsek od okamihu, kedy všetky vonkajšie dvere lietadla sú po naložení a nastúpení cestujúcich uzavreté až do okamihu, kedy ktorékoľvek z týchto dverí sú otvorené za účelom vyloženia a vystúpenia. V prípade núdzového pristátia sa považuje let za trvajúci až do momentu, kedy príslušné orgány prevezmú zodpovednosť za lietadlo a za osoby a majetok na palube. [21]

Ak je veliteľ lietadla presvedčený, že niektorá osoba spáchala alebo sa chystá spáchať trestný čin, môže voči nej vykonať opatrenia, vrátané obmedzení, ktoré sú nevyhnutné:

- k ochrane bezpečnosti lietadla alebo osôb či majetku v lietadle,
- k zachovaniu poriadku a disciplíny na palube
- k tomu aby mohol takúto osobu postúpiť príslušným orgánom alebo ju vysadiť.

Dôležitá je aplikácia jednotlivých dohovorov – a teda, či môžu príslušné orgány niesť zodpovednosť za lietadlo pred začatím a po ukončení letu. Montrealský dohovor je aplikovateľný aj v časovom úseku, kedy sa lietadlo nachádza v prevádzke. Za tento pojem sa považuje lietadlo v čase od začiatku predletovej prípravy lietadla vykonanej pozemným personálom, alebo posádkou pre určitý let až do 24 hodín po akomkoľvek pristátí[22]

3.4. Aplikácia medzinárodných dohovorov upravujúcich problematiku protiprávnych činov v civilnom letectve

Západné štáty vychádzali v období prípravy Tokijského dohovoru z domnienky, že práve politická motivácia je hlavným dôvodom nezákonného zmocňovania sa lietadiel. Táto úvaha sa ukázala ako nesprávna, ako ukazuje množstvo únosov lietadiel uskutočnených páchateľmi všeobecných trestných činov, ktorí sa usilovali takto vyhnúť trestnému stíhaniu – Tokijský dohovor neupravoval trestnosť týchto činov ani povinnosť extradície[23] páchateľov. Pre nedostatočne účinné ustanovenia boja proti nezákonnému únosu lietadla v Tokijskej zmluve bola Haagskym a Montrealským dohovorom táto otázka upravená. Problematika riešenia priestupkov v civilnom letectve bola riešená právnym výborom ICAO v r. 1970, v súlade

[17] I keď Haagsky dohovor definuje nezákonný čin proti civilnému letectvu, resp. lietadlu, posádke a cestujúcim podobne ako Tokijský dohovor, považuje na rozdiel od neho takéto konanie nielen za nezákonné, ale za trestné.

[18] Tento dohovor dopĺňa Protokol o potláčaní násilných protiprávnych činov na letiskách slúžiacich medzinárodnému civilnému letectvu.

[19] Táto definícia zahŕňa spôsobenie škody na lietadle počas letu, na lietadle v prevádzke a na zariadení poskytujúcom služby počas riadenia letovej prevádzky; organizovanie umiestnenia a samotné umiestnenie zariadenia a predmetov na palube lietadla, pričom môžu spôsobiť škodu na lietadle alebo ohroziť bezpečnosť letu; vzťahuje sa i na osobu, ktorá šíri poplašné správy a nepravdivé informácie ohrozujúce bezpečnosť letu.

[20] Podľa Medzinárodného leteckého práva musí byť každé lietadlo zaregistrované v určitom štáte. V čl. 77 Chicagského dohovoru je stanovené, že Rada ICAO určí spôsob, akým bude ustanovenie dohovoru aplikované, ak sa týka štátnej príslušnosti lietadiel na lietadlá prevádzkované medzi národnými prevádzkovanými agentúrami. Všetky tri spomínané dohovory riešia otázku registrácie lietadiel spoločných leteckých organizácií. Zmluvné štáty, ktoré zriadia organizácie pre spoločné prevádzkovanie leteckej dopravy už podliehajú spoločnej alebo medzinárodnej registrácií, určia medzi sebou vhodným spôsobom pre každé lietadlo štát, ktorý bude vykonávať jurisdikciu a bude pre účel dohovoru štátom registrácie – takto bude zaistená účinnosť boja všetkých štátov proti trestným činom, potrestanie i vydanie páchateľa, ale aj poskytovanie vzájomnej právnej pomoci medzi zmluvnými stranami.

[21] Definícia pojmu lietadlo v priebehu letu sú obsiahnuté aj v Tokijskom dohovore avšak len pre účely vymedzenia časového úseku pre špeciálne oprávnenie veliteľa lietadla proti páchateľom nezákonných činov na palube lietadla, alebo činov ohrozujúcich jeho bezpečnosť.

[22] Nevyhnutnosť zavedenia tohto pojmu vyplynula z páchania diverzných činov proti lietadlám počas ich pobytu na letiskách alebo iných miestach na zemi (zemskom povrchu). Všetky tri dohovory sa vzťahujú len na civilné lietadlá.

[23] Akt založený na medzinárodnom páve a medzinárodných zmluvách spočívajúci v odovzdaní osoby obvinenej alebo odsúdenej štátom, na ktorej území sa nachádza, štátu vyžadujúcemu vydanie.

s Londýnskym dohovorom, pričom sa priestupku dopúšťajú osoby, ktoré nezákonne:

- úmyselne spáchajú ozbrojený útok proti životu osoby na palube lietadla počas letu,
- úmyselne zničia alebo vážne poškodia lietadlo v prevádzke,
- úmyselne poškodia lietadlo v prevádzke, a je ohrozená bezpečnosť počas letu,
- úmyselne zničia alebo poškodia letecké navigačné zariadenia za účelom ohrozenia bezpečnosti lietadla počas letu
- úmyselne zasiahnu do prevádzky leteckého spojenia za účelom ohrozenia bezpečnosti lietadla počas letu,
- úmyselne prepravujú v lietadle náklad, poštu alebo iné zariadenia či látky, ktoré by mohli zničiť alebo vážne poškodiť lietadlo v prevádzke a ohroziť bezpečnosť počas letu,
- sú spolupáchateľmi osoby, ktorá sa pokúsi spáchať alebo spácha niektoré z vyššie spomenutých skutkov,
- zúčastňujú sa sprisahania za účelom spáchania niektorého z vyššie uvedených skutkov.

Podľa McWhinney (1973) boli vytýčené tri hlavné kategórie protiprávnych činov:

1. úmyselné činy,
2. činy zo svojej podstaty nebezpečného správania (napr. umiestnenie bomby na palube lietadla)
3. dvojzmyselné činy, nemusia byť vždy úmyselné (napr. preprava rádiových zariadení na palube lietadla). Tieto činy môžu ale i nemusia byť vykonávané s úmyslom ohrozenia bezpečnosti letovej prevádzky.

Podľa Novák – Sedláčkovej (2015) je nutné zaviesť pojem lietadlo v prevádzke, najmä v situácií spáchania diverzných činov proti lietadlám počas ich pobytu na letiskách alebo iných miestach na zemi. Montrealský dohovor sa aplikuje práve v čase, keď sa lietadlo nachádza v prevádzke. Za lietadlo v prevádzke je považované lietadlo v dobe od začiatku predletovej prípravy lietadla vykonávanej pozemným personálom alebo posádkou pre určitý let až do 24 hodín po akomkoľvek pristátí. Časový úsek lietadla v prevádzke zahŕňa celý čas, počas ktorého je lietadlo počas letu.

3.5. Motivácia pre protiprávne činy v civilnom letectve

Únoscovia civilných dopravných lietadiel bývajú motivovaní niekoľkými dôvodmi. Na rozdiel od tradičného poňatia pirátstva na voľnom mori, kedy hlavným motívom na jeho spáchanie bol súkromný prospech, letecké pirátstvo predstavuje hrozbu medzinárodného významu. Civilné lietadlo môže byť použité ako nástroj na získanie finančných prostriedkov, rovnako tak môže únos dopravného lietadla slúžiť na dosiahnutie iných cieľov. Únos dopravného lietadla je pomerne často využívaný na vytvorenie tlaku na vládu alebo vládne úrady, prípadne k ich diskreditácií. Je tiež jednou z možností pre disidentov alebo zločincov ako opustiť krajinu. Motívy k únosom civilných lietadiel možno teda rozdeliť na politicky či ideologicky orientované, a ďalej na tie, ktoré slúžia výhradne na súkromné účely.

Joyner (1974) vymedzil niekoľko kategórií mens rea únoscov civilných lietadiel. Ich motívy sú často čisto súkromnej povahy. Aktérmi sú najčastejšie mentálne narušené osoby [24], s tzv. Hijacker syndrome, ktoré sa týmto spôsobom na seba snažia upútať pozornosť médií, čo môže hraničiť aj s politickými dôvodmi. Únoscami lietadiel môžu byť taktiež mentálne labilní jedinci, ktorí nezvládli osobné problémy ako napr. prepustenie – vtedy ide o mentálne labilné osoby a ich činy sú teda bez zjavnej politickej súvislosti. Ďalším typom únoscov sú osoby, ktoré konajú za účelom vydierania a získania profitu, alebo osoby trestne stíhané a snažia sa uniknúť výkonu trestu

Politický podtext únosu je typický pre utečencov z politickej perzekúcie [25], je to najčastejší spôsob ako voľne vycestovať z krajiny s nedemokratickým režimom (krajiny bývalého Sovietskeho zväzu, Kuba, Južný Vietnam, NDR a Československo). Ďalšou kategóriou politicky motivovaných únosov sa stalo vycestovanie do politicky izolovanej krajiny. Väčšina prípadov sa týkala stúpencov Fidela Castra, ktorí kvôli neexistencii leteckej infraštruktúry neboli schopní odcestovať na Kubu z krajín, ako je Kolumbia, Venezuela či USA. Poslednú skupinu predstavujú motívy antagonistických politických skupín, a to z dôvodov protestných alebo propagandistických. Joyner (1974) sem zaraďuje aj teroristické aktivity proti civilnej leteckej doprave a leteckú sabotáž.

4. Záver

Protiprávne činy páchané na mori a v letectve sú stále existujúce fenomény, ktoré je možné riešiť aj prostredníctvom medzinárodných zmlúv a všeobecných princípov medzinárodného práva. Na výskyt aktov protiprávnych činov na mori v súčasnosti reaguje najmä Dohovor OSN o morskom práve (1982), ktorý kodifikuje obyčajové pravidlá v tejto oblasti. Podľa obyčajových noriem medzinárodného práva je pirátstvo uznané ako jeden z mála zločinov vo vzťahu ku ktorým majú štáty univerzálnu trestnú jurisdikciu. Pirátstvo je v dohovore definované ako protiprávny násilný akt spáchaný za súkromnými účelmi posádkou súkromnej lode alebo lietadla, ktorý smeruje voči inej lodi alebo lietadlu alebo osobám a majetku na ich palube na voľnom mori alebo v mieste nepodliehajúcom jurisdikcii žiadneho štátu. V prípade preukázania spáchania zločinu pirátstva je možné posádku zatknúť, zhabať jej náklad a v prípade odporu, či pokusu o útek loď i potopiť. Uvedený dohovor daným ustanovením reaguje ako na námorné tak i letecké pirátstvo. Ochrana pred námorným pirátstvom je v súčasnosti veľmi aktuálna otázka. Pirátstvo v súčasnosti existuje najmä v oblasti Malajského prielivu, Karibského mora, Indického oceánu (najmä v jeho priestoroch priľahlých k pobrežiu Západnej Afriky, osobitne v blízkosti Somálska). Koordináciu

[24] 22. februára 1974 sa psychicky narušený muž Samuel Joseph Byck pokúsil o únos lietadla spoločnosti Delta Airlines a prinútiť pilota, aby narazil do Bieleho domu. Cieľom tohto aktu psychopatologického terorizmu bolo zabiť prezidenta Nixona, ktorého Byck nenávidel. Polícii sa podarilo tento plán prekaziť ešte na letisku, Byck bol obkľúčený a nakoniec spáchal samovraždu. Totožný prípad sa stal 11. septembra 1994, kedy Frank Eugene Corner ukradol malé lietadlo a pokúsil sa zaútočiť na Biely dom, ale minul ho a zrútil sa na trávnik v blízkosti prezidentského sídla. Dostupné z: http://www.rotten.com/library/crime/terrorism/terror-tactics/kamikaze-jet-hijacking/

[25] Podľa čl. 14 všeobecnej deklarácie ľudských práv má každý právo vyhľadať a získať azyl v iných krajinách pred prenasledovaním .

aktivít štátov v oblasti ochrany proti pirátstvu realizuje Medzinárodná námorná organizácia (IMO).

Problematiku protiprávnych činov spáchaných vo vzduchu upravujú rôzne medzinárodné dohovory. Najdôležitejšími sú Tokijský, Haagsky a Montrealský. Tieto i ostatné právne normy upravujúce ochranu pred činmi protiprávneho zasahovania sú ukotvené do vnútroštátnych právnych úprav jednotlivých štátov. Po 11. septembri, kedy sa lietadlo stalo zbraňou v rukách teroristov, sa vytvorila potreba posilniť bezpečnosť civilného letectva najmä za účelom ochrany životov, obnovenia verejnej dôvery v leteckú dopravu [26] a podporu jej ekonomiky. Strategickým dokumentom je Akčný plán ICAO v oblasti ochrany civilného letectva, ktorého hlavným programom bolo posúdenie ochrany vo všetkých členských štátoch ICAO, plán auditov, ktorý odstránil nedostatky v oblasti ochrany civilného letectva a následná vypracovaná štúdia, ktorá uvádza prioritné kategórie činov protiprávneho zasahovania, ktoré znamenajú nové hrozby. Tie sa vyskytujú v podobe zneužitia lietadla ako zbrane, samovražedných útokov zo vzduchu na zem, elektronické útoky a útoky prostredníctvom počítačov, chemické a biologické= útoky a zneužitie nukleárnych materiálov.

Obsiahla problematika posudzovania trestných činov na mori a vo vzduchu má i napriek veľkému množstvu podobností, ako napr. UNCLOS a z neho vyplývajúce vzdialenosti na mori a vo vzduchu, i veľa rozdielov. Páchatelia trestných činov v letectve (či už teroristi alebo piráti) sa sústreďujú najmä na civilné lietadlá. Do nákladného lietadla je nemožné sa dostať, preto piráti a teroristi využívajú letiská. V námornej doprave si teroristi a piráti nevyberajú typ lode – neuprednostňujú osobné plavidlo pred nákladným. V prípade námorných pirátov ide o výber plavidla, ktoré prepravuje čo najviac cenné zásielky, resp. o plavidlo prepravujúce turistov, pretože tí disponujú väčšími čiastkami peňazí a predpokladajú, že vlastnia elektroniku (iphone, ipad, fotoaparáty). Vyberajú si tiež kontajnerové plavidlá a plavidlá, ktoré majú najmodernejšiu techniku na palube. Výletné plavidlá či jachty (s nižšími bočnicami) si vyberajú aj z dôvodu zajatia čo najväčšieho množstva rukojemníkov pre získanie čo najvyššieho výkupného. Námorní teroristi sa na druhej strane sústreďujú, a to najmä z politických dôvodov, na plavidlá prepravujúce veľké množstvo nákladu, aby tak čo najviac ohrozili svetový námorný obchod. Aj napriek výberu nákladných plavidiel pri teroristických útokoch na mori dochádza k strate ľudských životov, ktorým sa na druhej strane snažia námorní piráti vyhnúť. I keď pojem letecké pirátstvo nemá rovnaký význam ako námorné pirátstvo, a tento termín sa v letectve pokladá za akýsi archaizmus, útoky v letectve a na mori majú spoločného menovateľa – strach cestujúcich a posádky, pretože bez ohľadu na motív útočia na ľudský život, ktorý predstavuje má tú najvyššiu cenu.

Poďakovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **VEGA 1/0624/18** s názvom "*Modely podnikania regionálnych letísk v kontexte dopravnej politiky štátu a Európskej únie*".

Referencie

Alessandri, E. 2009. Conference report: Addressing the resurgence of sea piracy: Aproaches and possible responses. International Institute of Humanitarian Law.

Bahar, M., 2007. Attaining Optimal Deterrence at Sea: A Legal and Strategic Theory for Naval Anti-Piracy Operations. Vanderbilt Journal of Transnational Law: ročník 40/1. 26 s.

Cassese, A. 2003. International Criminal Law. 2. vyd. New York: Oxford university press. 284 s.

Dávid, A., Hanšút, L. 2019. Možnosti prepravy nákladu medzi Áziou a Európou cez severnú morskú cestu. Svet dopravy. 1/2019. ISSN 1338 – 9629. s. 25-33

David, V., Sladký, P., Zbořil, F. 2008. Mezinárodní právo veřejné s kazuistikou. Praha: Leges. s 134-138.

Dohovor o medzinárodnom civilnom letectve (Chicago, 1944)

Dohovor o trestných a niektorých iných činoch spáchaných na palube lietadla (Tokio, 1963)

Dohovor o potlačení protiprávneho zmocnenia sa lietadiel (Haag ,1970)

Dohovor o potlačení protiprávnych činov ohrozujúcich bezpečnosť civilného letectva (Montreal, 1971)

Hanšút, L, Dávid, A. 2018. The piracy in maritime transport and its impact on the global world market. 18th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences. University of Žilina. 10th – 11th October 2018. 9 s.

Joyner N.D. 1974. Aerial Hjacking as an international crime. New York: Oceana Publications, INC., 1974, s. 203-208.

Loubert, J. 2013. The extent of maritime terrorism and piracy: a comparative analysis Scientia Militaria, South African Journal of Military Studies, Ročník 41. Číslo 1 s.111-137. doi: 10.5787/41-1-1055

Krejčí, O. 1997. Mezinárodní politika. Praha: Victoria Publishing, 274 s.

McWhinney, E. 1973. Aeriel piracy and international law. Oceana Publications, Inc. Dobbs Ferry, N. Y. 10522. 37 s.

Medzinárodný dohovor o úprave civilného letectva (tzv. Paríž, 1919)

Novák-Sedláčková, A., Kandera, B. 2015. Medzinárodnoprávna úprava ochrany civilného letectva pred činmi protiprávneho zasahovania. Vydavateľstvo Dolis, s.r.o. 133 s. ISBN 978-80-8181-028-2

Novák, A., Novák Sedláčková, A. 2010. Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.

[26] Podľa Novák – Sedláčkovej (2015) klesol po septembrových útokoch v USA objem prepravy cestujúcich o 5% a celkový objem prepravy (cestujúci, náklad, pošta) o 8%

Qu, X., Menq, Q. 2012. The Economic Importance of the Straits of Malacca and Singapore: An Extreme Scenario Analysis. Department of Civil and Enviromental Engineering National University of Singapore. Singapore.

Ranstorp, M., Wilkinson, P. 2005. Terrorism and political violence". Terrorism and Political Violence, Ročník 17. s. 2-4

Scheu, H. Ch. 2010. Úvod do mezinárodního práva veřejného. Praha: Auditorium, s. 74

Schmid, A. P. 1997. Problémy s definovaním terorizmu. Encyklopédia Svetový terorizmus od staroveku až po útok na USA. Praha: Svojtka & Co., s. 10-20. ISBN 978-80-7237-340-4

Šturma, P. 2009. Černá vlajka pirátů znovu nahání strach? Opatření proti pirátství a ozbrojenému lupičství na moři na začátku 21. století. *Trestněprávní revue.* roč. 8, č. 7, s.193-197.

Vlček, T. 2010. Bezpečnostní hrozby a rizika tankerové přepravy ropy.

Watkinks, E. 2004. Facing The Terrorist Threat In The Malacca Strait. In: Terrorism Monitor. 2. ročník. Číslo 9.

Závešický, J. 2009. Moderní piráti v Somálsku. Mezinárodní politika. roč. 33, č. 1, s. 36. ISSN 0543-7962.

APPLICATION CONCEPT FOR THE NEW COMPOSITE MATERIAL FOR THE ROTORCRAFT

KONCEPCJA ZASTOSOWANIA NOWEGO MATERIAŁU KOMPOZYTOWEGO DO WIROPŁATU

Izabela Korzec
Department of Applied Mechanics
Lublin University of Technology
Nadbystrzycka 36
20-618, Lublin
ikorzec@wp.pl

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

Martin Bugaj
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8251/1
010 26, Žilina
Martin.bugaj@fpedas.uniza.sk

Abstract

This presentation shows certain number of material samples composite with different polymer reinforcement and weave, made by the manual lamination method under certain conditions. The samples have been made under laboratory conditions. In turn, the purpose of experimental testing was to determine mechanical properties such as: microstructure of laminates, hardness tensile and compressive strength. At the beginning of this work the terminology of the word *composite and its division is described. In the next part of the work is information on the reinforcements used to obtain composite materials, their manufacturing methods, and their main application in industry. Chapters (own research) describes the results of the conducted research microstructure of composite laminates, hardness measurement results were analyzed. The analysis of the obtained strength results was carried out using the Shore'a method and the analysis of the obtained strength results for stretching and squeezing. The obtained results are presented in the diploma thesis in graphic form, then described and compared.*

Keywords

Composite, method, microstructure, gyroplane,

1. Wprowadzenie

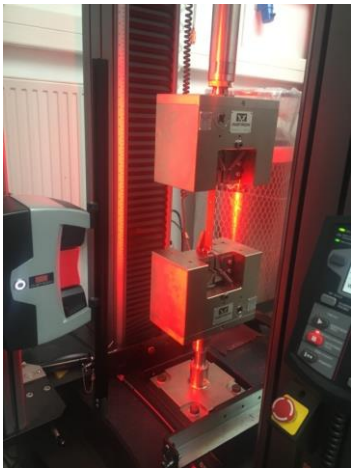
Wytwarzanie coraz bardziej nowoczesnych oraz skomplikowanych elementów części maszyn i konstrukcji nie tylko lotniczych stwarza konieczność ciągłego rozwoju metod produkcji, a także materiałów. Rozwój materiałów kompozytowych zapoczątkowała druga połowa XX wieku, laminaty, inaczej wielowarstwowe kompozyty włókniste stosowane są po dziś dzień. Potrzeba redukcji ciężaru nowych typów samolotów z równoczesnym zachowaniem odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej wielu elementów stwarza konieczność stosowania wytrzymałych i lekkich materiałów konstrukcyjnych. Wymaganiom tym sprostają coraz częściej stosowane kompozyty na osnowie polimerów i stopów metali [2,12].

Kompozyty są coraz częściej stosowane w budowie statków powietrznych ze względu na wysokie właściwości wytrzymałościowe przy niskiej gęstości. Pierwsze kompozyty polimerowe, stosowane już w latach 50, to kompozyty wzmocnione włóknami szklanymi. Materiały kompozytowe na osnowie żywic epoksydowych znajdują szerokie zastosowanie w budowie szybowców, jednak nie były stosowane do budowy silnie obciążonych elementów konstrukcyjnych samolotów ze względu na niską sztywność włókien szklanych. Pojawienie się wysokowytrzymałych i wysoko sztywnych włókien borowych i węglowych dało szansę na wykorzystanie kompozytów polimerowych do wykonywania całych elementów konstrukcyjnych jak również do wzmocnienia elementów szkieletów płatowca, które były wykonane z metali. Obecnie można z nich wykonać kilkumetrowe integralne pokrycia włącznie z elementami usztywniającymi. W porównaniu do takich samych pokryć wykonanych ze stopów aluminium, pokrycia kompozytowe są lżejsze o 20%. W prototypach samolotów bojowych YF-23 i YF-22 materiały kompozytowe stanowiły 30% i 23%, jednak w produkcji seryjnej kompozyty miały stanowić 40% i 35% masy płatowca. W samolotach, które są produkowane obecnie kompozyty mogą stanowić nawet 65% masy płatowca. Tak obszerne zastosowanie kompozytów powoduje tzw. efekt kaskadowy czyli zmniejszenie masy płatowca umożliwia zmniejszenie powierzchni statecznikow oraz skrzydeł, a co za tym idzie zmniejszenie masy. Duża sztywność materiałów kompozytowych daje możliwość wystąpienia różnych problemów konstrukcyjnych, takich jak ujemny skos skrzydła w samolocie X-29. Zaletą materiałów kompozytowych, które są wzmacniane włóknami jest duża wytrzymałość zmęczeniowa. Jednymi z bardziej odpornych włókien na zmęczenie są włókna węglowe. Włókna te wykorzystuje się w kompozytach do produkcji samolotów pasażerskich i transportowych , które powinny charakteryzować się wysoką żywotnością, natomiast zmiana łopat śmigłowca z metalowych na kompozyt szklano-epoksydowy umożliwiło zwiększenie resursu dwukrotnie [10].

2. Opis stanowiska badań na rozciąganie według normy ASTM

Obiektem badań są próbki kompozytowe wykonane metodą laminowania ręcznego z użyciem żywicy epoksydowej o oznaczeniu MGS L285/H285, których parametry zawarte są w tabeli 5.1. W badaniu zastosowano wzmocnienie w postaci tkaniny w różnych układach (0/+90° oraz +/- 45°), następnie nałożono elastyczny worek zamocowany na obrzeżach formy, ewentualny nadmiar żywicy oraz powietrze odsysano pompą próżniową. Utwardzanie laminatu odbywało się pod ciśnieniem atmosferycznym równym 0,9atm. Dalszym etapem przygotowania było poddanie próbek temperaturze 60° C przez

8 godzin. Kolejno z powstałej płyty wycięto próbki o wymiarach zgodnych z normą ASTM D3410. Ostatni punkt wykonania próbek stanowiło naklejenie nakładek na brzegach laminatu z kompozytu szklano-epoksydowego w celu zabezpieczenia próbki przed destrukcją w uchwytach maszyny wytrzymałościowej.



Rys. 1: Maszyna wytrzymałościowa Instron

Zaletami maszyny wytrzymałościowej marki Instron są: łatwość w obsłudze poprzez automatyczne zamykanie oraz otwieranie się ekstensometrów, alternatywa wyznaczania modułu sprężystości, nowatorski układ sterowania, który pozwala zamieniać parametry podczas prób, posiadanie dwóch przestrzeni roboczych. Siła jest rejestrowana dla każdego z zakresów, nie przekracza 5%, a jej wartość rejestrowana jest z bardzo dużą dokładnością.

Próbki zostały wykonane zgodnie z normą ASTM D3039. Dla serii A zastosowano wzmocnienie tkaniną modułową Dialead K63712 z użyciem żywicy epoksydowej o oznaczeniu MGS L285/H285. Podczas badania wytrzymałościowego otrzymano charakterystyczną postać zniszczenia danego materiału kompozytowego.

Tabela 1: Wymiary geometryczne próbek kompozytowych wzmacnianych tkaniną modułową Dialead K63712

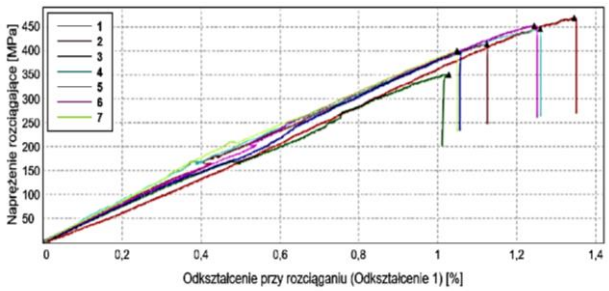
	Szerokość [mm]	Grubość [mm]	Obszar [mm^2]	Długość [mm]
1.	25,1	2,60	65,3	150
2.	25,2	2,64	66,7	150
3.	25,2	2,60	65,5	150
4.	25,2	2,65	66,9	150
5.	25,2	2,56	64,6	135
6.	25,2	2,65	66,9	150
7.	25,2	2,55	64,1	135
Średnia	25,2	2,61	65,7	146

Przeprowadzono próbę wytrzymałości na rozciąganie, w efekcie której badany materiał uległ destrukcji. Uzyskano parametry takie jak naprężenia rozciągające, siła przy maksymalnym obciążeniu, największe odkształcenie rozciągające, przemieszczenie oraz moduł, wszystkie te dane zawarto w tabeli 2.

Tabela 2: Analiza otrzymanych wyników badań laminatu kompozytowego wzmacnianego tkaniną modułową Dialead K63712, układ 0 /90°

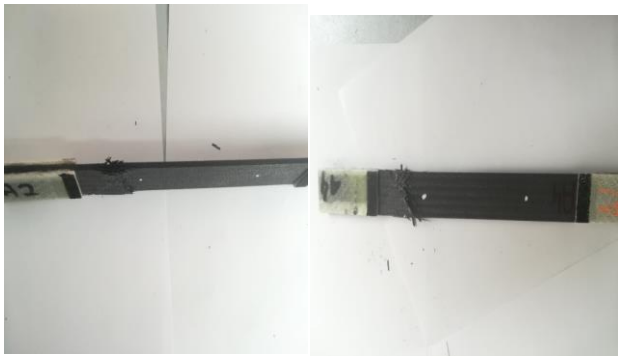
	Naprężenie rozciągające [MPa]	Maksymalna siła [kN]	Największe odkształcenie rozciągające [%]	Maksymalne przemieszczenie [mm]	Moduł [MPa]
1.	468	30,55	1,35	5,29	33400
2.	414	27,57	1,12	3,92	40000
3.	351	23,03	1,03	3,59	36500
4.	447	29,86	1,26	5,39	40600
5.	399	25,77	1,05	4,20	38000
6.	453	30,33	1,24	3,91	39300
7.	400	25,68	1,05	4,40	43300
Średnia	419	27,54	1,16	4,38	38700

Na rysunku 2, przedstawiono wyniki otrzymane w trakcie badań stanowiskowych na rozciąganie. Badanie przeprowadzono dla serii A z oznaczeniem próbek kolejno od 1 do 7. Siła maksymalna w trakcie obciążenia mieści się w zakresie od 23,03 kN do 30,55 kN. Wartości te odpowiadają wytrzymałości na rozciąganie w zakresie od 351 MPa do 468 MPa. Największe odkształcenie rozciągające wahało się w granicach 1,03% - 1,35% co odpowiada przemieszczeniu równym 3,59mm – 5,29mm.Wynik dla wytrzymałości laminatu kompozytowego wzmacnianego tkaniną modułową Dialead K63712 na rozciąganie jest równy wartościR_m=419 ± 18MPa.



Rys. 2. Wykres przedstawiający naprężenie rozciąggające oraz odkształcenie bezwzględne laminatu zbrojonego tkaniną modułową Dialead K63712, układ 0 /90°

Podczas przygotowania próbek do badań z arkusza kompozytowego wycięto płaskowniki o wymiarach zawartych w tabeli 1. Celem zabezpieczenia badanych materiałów na brzegi naklejono nakładki, co umożliwia zamocowanie w uchwytach maszyny wytrzymałościowej.

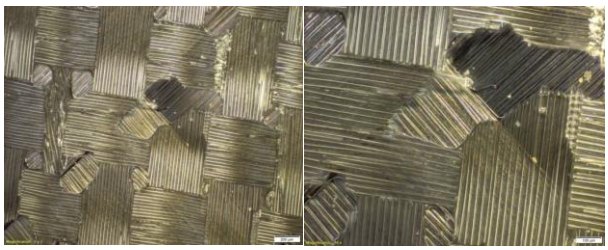


Rys. 3. Wygląd próbek z serii A po badaniach stanowiskowych na rozciąganie

3. Mikrostruktura materiałów kompozytowych

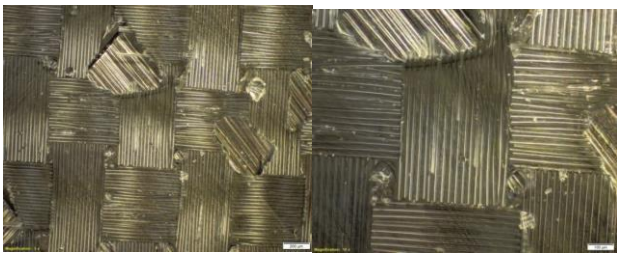
Badanie mikrostruktury przeprowadza się na specjalistycznych urządzeniach, którymi są mikroskopy. Badanie jakości materiału zostało przeprowadzone za pomocą mikroskopu Olympus BX53M. Mikroskop nowej generacji Olympus BX53M (Rys. 5.1) posiada podstawę w kształcie litery Y. Można prowadzić obserwacje w polu ciemnym, jasnym lub mieszanym, fluorescencji, świetle odbitym. Statyw mikroskopu posiada wymienny uchwyt rewolwerowy, regulowaną siłę obrotu śruby zgrubnej, odczyt śruby mikrometrycznej wynoszący minimalnie 1 mikrometr. Oświetlenie, w którego skład wchodzi źródło światła LED, odpowiadającej mocy 100W w lampach halogenowych, wbudowany preset wykorzystywany do fotografii, co umożliwia uzyskanie warunków oświetlenia, które można powtórzyć. Obserwacja struktury materiałów w zakresie powiększenia w przedziale od 12,5 do 500 razy. Pomiary w łatwy sposób można archiwizować.

Zdjęcia mikrostruktury kompozytu uzyskanego z połączenia tkaniny modułowej Dialead K63712 z żywicą MGS L285/H285 pokazują występujące wtrącenia (widoczne cząstki), a także pęcherzyki powietrza co jest niekorzystne dla struktury.



Rys. 4. Mikrostruktura laminatu kompozytowego ze zbrojeniem tkaniną modułową Dialead K63712

Zdjęcia mikrostruktury uzyskane z mikroskopu obrazują, że w badanym obszarze powstały liczne pęcherzyki powietrza. Pęcherzyki te przyczyniają się do zmniejszenia wytrzymałości kompozytu i mogą być początkiem procesu mikropęknięć struktury laminatu kompozytowego.



Rys. 5. Mikrostruktura laminatu kompozytowego ze zbrojeniem tkaniną biaksialną IMS65 CTLX

4. Podsumowanie i wnioski

Badania kompozytów, które wykorzystują w budowie wzmocnienia w postaci włókien polimerowych pokazują że materiały te wymagają ciągłego rozwoju oraz dalszego poszukiwania coraz to lepszych i nowszych materiałów konstrukcyjnych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na zagadnienie znane jako wytrzymałość materiałów. Takie cechy jak tłumienie drgań, lekkość czy odporność na czynniki zewnętrzne przyczyniły się do coraz szerszego wykorzystywania w przemyśle lotniczym. W pracy przedstawiono badania nad nowym materiałem kompozytowym. Podsumowanie zawiera wnioski z przeprowadzonych badań oraz zestawienie porównawcze wyników, które zostały przeprowadzone dla różnych partii materiałów.

Tab.3. Wytrzymałość na rozciąganie Rm laminatów kompozytowych [MPa]

Oznaczenie serii	Wytrzymałość na rozciąganie Rm [MPa]	
A	419	± 18
B	128	± 11
C	513	± 29
D	443	± 29
E	1450	± 70

Tabela 3 przedstawia porównanie, uśrednionych wartości wytrzymałości na rozciąganie R_m [MPa] dla wszystkich pięciu serii badanych próbek. Próba wytrzymałościowa miała na celu zbadanie różnych próbek kompozytowych pod względem ich wytrzymałości na rozciąganie. Badaniom wytrzymałościowym poddano 5 różnych serii próbek o innym układzie włókien oraz technologii ich wykonania. Na podstawie uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że:

- Najmniejszą wytrzymałość na rozciąganie uzyskano dla serii B, wartość ta wynosi R_m=128±11. Kompozyty dla serii B zbrojone były tkaniną modułową Dialead K63712 o osnowie MGS L285/H285, układ 0 /90°.
- Największą uśrednioną wartość wytrzymałości na rozciąganie uzyskano dla serii E, która wytrzymałością znacznie odbiega od pozostałych serii. Wynik dla kompozytu zbrojonego Roving IMS65 wynosi R_m=1450 ± 70 [MPa].
- Największym wydłużeniem charakteryzowała się próbka nr 5 dla serii B, czyli laminatu kompozytowego wzmacnianego RovingIMS65, układ 0 /90°. Wydłużenie wyniosło 16,53mm.

- Najmniejsze wydłużenie uzyskała próbka nr 2 dla serii E tj. laminatu kompozytowego wzmacnianego tkaniną modułową IMS65 , układ 0 /90°. Odkształcenie rozciągające wyniosło 0,798%.

Bibliografia

Along the bond line. groundbreaking aircraft structures. Mukilteo: Fokker Aerostructures Inc., 2015.

Avila A.F., Soares M.I., Neto A.S., A study on nanostructured laminated plates behavior under lowvelocity impact loading. International Journal of Impact Engineering 2007.

Bielawski R., *Konstrukcje lotnictwa wojskowego.* Materiały Kompozytowe. 2014,4, 11-4

Boczkowska A., Krzesiński G., *Kompozyty i techniki ich wytwarzania.* Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2016

Cao Z., Cardew-Hall M., *Interference-fit riveting technique in fiber composite laminates.* Aerospace Science and Technology. 2006

Chodorowski J., Ciszewski A., Radmoski T., *Materiałoznawstwo lotnicze.* Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2003.

Dobrzański L.A., *Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo.* Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 2006

Durand L.P., *Composite materials research progress.* New York: Nova Science Publishers, 2008

German J., Podstawy mechaniki kompozytów włóknistych, Politechnika Krakowska, Kraków 2001.

Godzimirski J., *Lotnicze materiały konstrukcyjne.* Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna, 2008.

Kaczmar J.W., *Wytwarzanie, właściwości i zastosowanie elementów z materiałów kompozytowych.* Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2013.

Królikowski W., *Polimerowe kompozyty konstrukcyjne.* Warszawa: Wydawnictwo naukowe PWN, 2012.

Ochelski S., *Metody doświadczalne mechaniki kompozytów konstrukcyjnych.* Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 2004.

Szlezyngier K. Brzozowski Z.: Tworzywa sztuczne. Tom II. Warszawa: Wyd. Oświatowe FOSZE, 2013.

Verma, D., Gope, P. c., Shandilya, A., Gupta, A., 2014, "Mechanical-Thermal-electrical and Morphological Properties of Graphene reinforced Polymer composites: A review", Transactions of the Indian Institute of Metals, 67(6), 803-816

http://www.kmimp.agh.edu.pl/pliki/cz7_1.pdf [22 - 05 - 2019]

https://www.czasopismologistyka.pl/artykuly-naukowe/send/318-artykuly-na-plycie-cd-3/6438-artykul [23 - 05 - 2019]

KONSPEKT AKVIZÍCIE GEOPRIESTOROVÝCH DÁT PRE VYTVORENIE 3D MODELU REFERENČNÉHO LETISKA

CONSPECT OF GEOSPATIAL DATA ACQUISITION FOR CREATING 3D MODEL OF REFERENCE AIRPORT

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

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

Abstract

When rendering large scenarios for flight simulators, we encounter similar problems as in the case of scenes for cinematography or computer games. In the case of this work, we solve the rendering of the earth's surface for any camera configuration, and we try to maximize the quality of the rendered images without a visible decrease in the rendering frequency. The article is devoted to the creation of a reference model of the Piešťany airport (LZPP) as a part of the scenery for a certified flight simulator. The presented solution maintains a stable 60 frames per second when rendering the airport surface from any distance and direction.

Keywords

Image generator, flight simulator, geospatial data, reference model, airport, Trian3D

1. Úvod

Pri vykresľovaní rozsiahlych scenérii pre letecké simulátory sa stretávame s podobnými problémami ako v prípade scén pre kinematografiu alebo počítačové hry. V prípade tejto práce riešime vykresľovanie povrchu zeme pre ľubovoľnú konfiguráciu kamery, a snažíme sa maximalizovať kvalitu vykreslených snímok bez viditeľného poklesu vo vykresľovacej frekvencii. Článok je venovaný tvorbe referenčného modelu letiska Piešťany LZPP ako súčasti scenérie pre certifikovaný letecký simulátor. Predstavené riešenie udržiava stabilných 60 snímok za sekundu pri vykresľovaní povrchu letiska z ktorejkoľvek vzdialenosti a smeru.

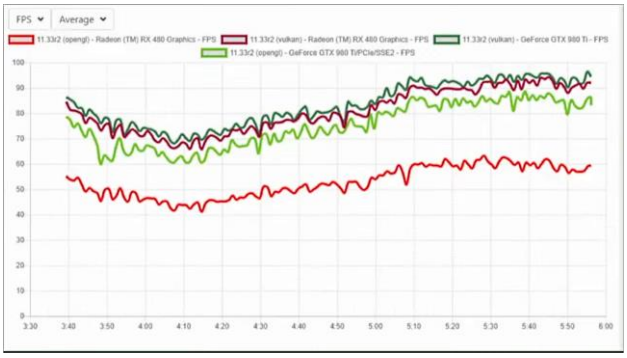
2. Vykresľovací reťazec

2.1. Definícia

Cieľom vykresľovacieho reťazca je transformovanie trojrozmernej scény na dvojrozmerný obraz založený na polohe a vlastnostiach virtuálnej kamery, ktorý je možné vykresliť na displej. (Brezoňáková et al., 2019) Vykresľovací reťazec sa medzi rôznymi grafickými prostrediami mierne líši, princíp fungovania je však veľmi podobný, nasledujúca časť sa teda bude hlavne venovať všeobecnému opisu generického vykresľovacieho reťazca.

2.2. Počítačová grafika

V súčasnosti medi najpopulárnejšie grafické API (programovacie prostredie aplikácii) patria OpenGL a Vulkan od spoločnosti Khronos, DirectX od spoločnosti Microsoft a Metal od spoločnosti Apple. Letecký simulátor Prepar3D, ktorý je založený na platforme ESP od spoločnosti Microsoft teda využíva grafické API DirectX, najnovšie verzie využívajú verziu DirectX 11. Letecký simulátor X-Plane od spoločnosti Laminar Research využíva OpenGL. Hlavnou výhodou grafického API OpenGL oproti DirectX je kompatibilita z viacerými operačnými systémami, na rozdiel od simulátoru Prepar3D, ktorý je obmedzený na operačný systém Windows, X-Plane podporuje aj operačné systémy Linux a MacOS. V súčasnosti je snaha prejsť na takzvané "Low-overhead" grafické API, ako sú DirectX 12, Vulkan a Metal. Tieto grafické API dokážu pracovať z hardvérom na nižšej úrovni čo umožní efektívnejšie využitie CPU aj GPU. Na obrázku 1 je vidno porovnanie snímok za sekundu v simulátore X-Plane 11 za použitia OpenGL a Vulkan. Využitie grafického API Vulkan nezlepšilo výkon len z pohľadu snímok za sekundu, ale aj z konzistencie tejto hodnoty.



Obrázok 1: Porovnanie výkonu grafických API OpenGL a Vulkan v simulátore X-Plane 11 (Zdroj:Laminar Research, 2019)

2.3. Spracovanie geometrie

Prvou časťou spracovania geometrie je „input assembly", tzv. skladanie vstupov. Úlohou tejto časti je čítať vstupné dáta a zložiť tieto dáta do rôznych „primitive" typov, ktoré môžu byť spracované ďalšími časťami vykresľovacieho reťazca. Medzi základné „primitive" typy patria napríklad body, čiary a trojuholníky. Všetky tieto „primitive" typy sú definované vrcholmi—vertices. Každý vertex je definovaný pomocou

karteziánskej súradnicovej sústavy, teda vzdialenosťou od stredu súradnicovej sústavy v osi x, y, z. Trojuholník je zadefinovaný pomocou troch vertexov, môžeme však ušetriť počet vertexov použitím pásu trojuholníkov kde ten istý vertex je použitý aj pre susedný trojuholník. Výstupne dáta z „input assembly" sú ďalej spracovávané vertex „shaderom". Hlavnou úlohou vertex „shaderu" je vykonávať transformačné operácie na jednotlivých vertexoch. Na zmenu polohy jednotlivých vertexov sa používajú transformačné matice.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \Delta x \\ 0 & 1 & 0 & \Delta y \\ 0 & 0 & 1 & \Delta z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 & + & \Delta x \\ y_0 & + & \Delta y \\ z_0 & + & \Delta z \\ & w & \end{bmatrix}$$

V tomto príklade sa jedná o jednoduchú zmenu pozície vertexu. Hodnoty Δx, Δy, Δz reprezentujú o koľko bude vertex zo súradnicami x0, y0, z0 posunutý v osiach x, y, z. Písmeno w označuje či sa jedná o pozičný vektor, označovaný 1, alebo smerový vektor, označovaný 0. (Supnik, 2019)

Vertex „shader" pomocou týchto transformačných operácií pripraví scénu rozmiestnením jednotlivých objektov. Ďalším krokom je transformácia kamery, čiže zadefinovanie jej polohy a orientácie. Kamera skladá z dvoch bodov a vektoru, pre zadefinovanie jej polohy je potrebné zadefinovať polohu samotnej kamery, referenčnú pozíciu – bod v strede zorného poľa kamery a vektor, ktorý smeruje kolmo hore od bodu pozície smeru kamery. Po transformácii kamery nasleduje transformácia projekcie. V tomto kroku sa vytvorí zrezaný kužeľ – „view frustum", ktorý bude predstavovať naše zorné pole. Parametre pre definíciu tohto zrezaného kužeľa sú štyri: vertikálny uhol zorného poľa, pomer šírky a výšky zorného poľa a hodnoty zNear a zFar. Tieto posledné dve hodnoty vyjadrujú vzdialenosť dvoch rovín ktorými je kužeľ zrezaný. Po zadefinovaní „view frustumu" je možné odstrániť všetky vertexy ktoré sa v ňom nenachádzajú. Tento proces sa nazýva „frustum culling" a zvyšuje efektivitu vykresľovacieho reťazca tým že sa vertexy nachádzajúce sa mimo zorného poľa ďalej nespracovávajú. Podobným procesom je „back-face culling", čo je proces ktorí zabraňuje vykresľovaniu zadnej strany polygónov. Back-face culling testuje či sa jednotlivé vertexy nachádzajú v smere hodinových ručičiek, dokáže tak určiť či sa jedná o prednú, alebo zadnú stranu polygónu. Keďže vo väčšine prípadov potrebujeme zobraziť len prednú stranu polygónu tento proces taktiež zvýši efektívnosť vykresľovacieho reťazca. Pri potrebe vykresľovania oboch strán polygónu je jedným riešením vytvorenie identického polygónu z opačným normálovým vektorom, keďže tieto polygóny zdieľajú vertexy vplyv na výkon je malý. V niektorých prípadoch môže byť užitočné vykresliť veľké množstvo obojstranných polygónov, napríklad pri vykresľovaní stromov zložených z dvoch kolmých billboardov v leteckom simulátore. V tomto prípade je možné zapnúť obojstranné vykresľovanie len na vykreslenie týchto objektov, toto riešenie je využité pri vykresľovaní stromov v simulátore X-Plane. Ďalším podobným procesom je „occlusion culling", tento proces zabraňuje vykresľovaniu objektov ktoré sú zakryté inými objektami. V leteckom simulátore môže byť tento proces obzvlášť efektívny pretože kokpit a časti lietadla ako napríklad krídla môžu zakrývať značnú časť scenérie z veľkým počtom objektov.

2.4. Rasterizácia

Jedným zo spôsobov na premenenie trojrozmernej scény na dvojrozmerný obraz je rasterizácia (Ficová et al. 2016; Novák, 2018). Existujú alternatívne spôsoby na splnenie tejto úlohy ako napríklad „ray-tracing", avšak obzvlášť pre využitie v generátoroch obrazu pre letecké simulátory v súčasnosti tieto spôsoby nie sú praktické, z tohto dôvodu sa budem v mojej práci venovať len rasterizácii.

Prvým krokom rasterizácie je vypočítanie súradníc vertexov v dvojrozmernom priestore nazývanom „window space". Každá časť trojrozmernej scény je rozdelená na fragmenty ktoré majú parametre ako napríklad svoju pozíciu v dvojrozmernom priestore „window space", hĺbku – vzdialenosť od kamery, farbu a súradnice na UV mape textúry. Tieto fragmenty sa dajú považovať za kandidátov na pixely ktoré budú vykreslené na obrazovke. V kroku „fragment shader" sú zadefinované vlastnosti jednotlivých fragmentov akými sú napríklad farba, ktorá je načítaná z pixelu zo špecifickými súradnicami textúry na špecifický fragment alebo či na fragmente vznikajú odrazy. Ďalším dôležitým krokom procesu pasterizácie je „depth-test/z-test". V tomto teste sa určuje či je fragment viditeľný alebo je zakrytý iným fragmentom. Počas tohto testu sa využíva „z-buffer", je to podstate tabuľka ktorá pre každú súradnicu obrazu zapisuje vzdialenosť fragmentu od kamery. Pokiaľ má nový fragment z rovnakými súradnicami ako predchádzajúci nižšiu hodnotu vzdialenosti od kamery je táto hodnota nahradená novou, nižšou hodnotou. V prípade priehľadných fragmentov sa využíva krok z názvom „blending", tento krok vypočíta farbu fragmentu na základe vlastností priehľadných fragmentov z rovnakými súradnicami. Výsledkom procesu rasterizácie je „frame/colour buffer", v ňom sú uložené hodnoty výsledných farieb pixelov pre súradnice x, y.

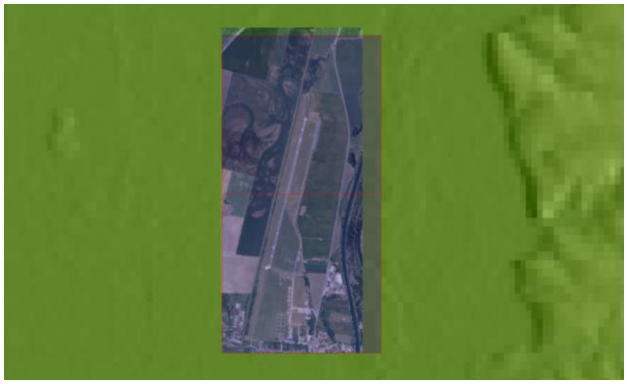
3. POSTUP PRÁCE TVORBY LETISKA

3.1. Konfigurácia projektu

Program Trian3DBuilder bude použitý na tvorbu základnej geometrie letiska, čiar a svetiel. Prvým krokom je importovanie elevačných dát cez menu *„Data > Elevation Data"*. Podobne sa importujú aj letecké snímky cez menu *„Satellite Maps"*. Po importovaní leteckej snímky nasleduje základná konfigurácia projektu. V menu *„Tile Grids"* sa nastaví *„Tile Size"* na rozmery 2048x2048 metrov a v menu Tile Grids, sekcii Level of Detail sa nastavia hodnoty *„tex_res"* na 4096 a *„mesh_res"* na 90 m. Hodnota tex_res nastaví rozlíšenie textúry, ktorá bude exportovaná. Pre čo najmenší počet textúr sa odporúča nastaviť rozlíšenie textúr 4096x4096 pri hustote pixelov 0.5m/px. Z tohto dôvodu boli zvolené rozmery Tile Size ako ½ rozlíšenia textúr. Mesh_res definuje rozlíšenie terénu v metroch, hodnota tohto údaju je maximálna vzdialenosť medzi dvoma bodmi „gridu" terénu.

Po zadefinovaní hodnôt Tile Size sa pomocou nástroja „Draw Tiles", na ktorej sa bude nachádzať letisko vrátane plochy okolo letiska ktorá bude súčasťou scenérie. V menu „*Generator*" sa vyberie typ projekcie „Geographic (flat earth)" a nastaví sa stred projektu pomocou „Set on Grid". Tlačidlo „Show Position" zobrazí na pár sekúnd v dvojrozmernom zobrazení stred projektu. V menu *„Settings",* sekcii *„Format Settings"* sa zapne možnosť triangle „strips" a v sekcii *„texture"* sa nastaví formát „dds". V menu *„Generator"* sa dá projekt vygenerovať tlačidlom

Build, po vygenerovaní sa dá prejsť do trojrozmerného zobrazenia projektu tlačidlom „3D view“.



Obrázok 2: „Project tiles placeholder“ (Zdroj: Autor)

3.2. Vektorizácia prvkov

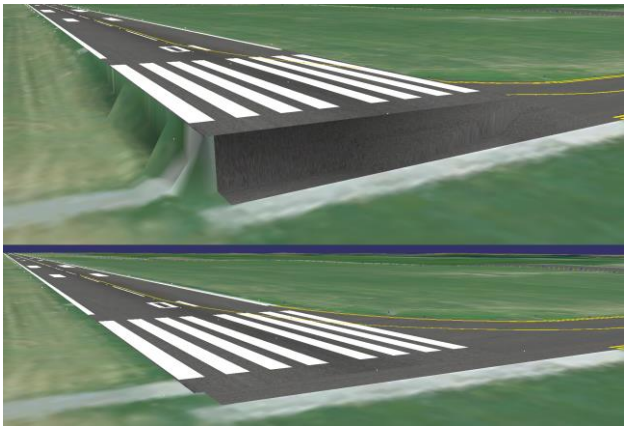
Jednotlivé prvky letiska sú zadefinované vektormi. Pre každý prvok letiska sa vytvorí „Vector ID“. Jednotlivé vlastnosti týchto vektorov sú zadefinované za pomoci „modifierov“.

Vzletová a pristávacia dráha je zadefinovaná jedným vektorom zo začiatočným a koncovým bodom. Presné umiestnenie dráhy je veľmi dôležité, preto sa na jej umiestnenie nepoužije referenčná letecká snímka, ale zadefinujú sa presné súradnice počiatočného a koncového bodu vektora a taktiež výška týchto bodov v poli „Position“ v sekcii „Line Edit“.

„Modifier Height Type“ ovláda výšku a kontúru vektorových dát, pre vzletovú a pristávaciu dráhu bol jeho hlavný parameter nastavený na „Vector Height“, výška dráhy bude teda nastavená na hodnotu „Z“ z poľa *„Position“.* Pri začiarknutí možnosti „Plane inside points“ budú všetky body v oblasti vyrovnané na výšku vektora. „Outline“ vygeneruje obrys čiary určitej šírky, v tomto prípade je to šírka dráhy, čiže 30 metrov. V parametri textúra sa vybrala textúra asfaltovej dráhy. Správny spôsob namapovania tejto textúry sa dá zabezpečiť modifierom *„Mapping“*, kde sa nastavením parametru „Mapping type“ na možnosť „Linear“ vygeneruje lineárne mapovanie pozdĺž vektora.

Pomocou „modifieru Insert“ zo zapnutým parametrom „Cut hole“ sa vyreže v teréne diera okolo obrysu vygenerovaného modifierom „Outline“. „Modifier Border“ je potom použitý na vytvorenie hranice medzi plochou dráhy a okolitým terénom, zaškrtnutím parametru „Insert“ sa zapne možnosť využitia tohto modifieru na úpravu terénu. „Parameter Width“ nastavuje šírku hranice prechodu medzi plochou dráhy a okolitým terénom. Druh vyhladenia tohto prechodu sa nastavuje pomocou parametru „Smoothing type“. Priority type určuje, kedy sa modifier použije počas procesu generovania terénu. „Lower own insert“ vygeneruje hranicu hneď po vyrezaní diery pomocou svojho modifieru „Insert“.

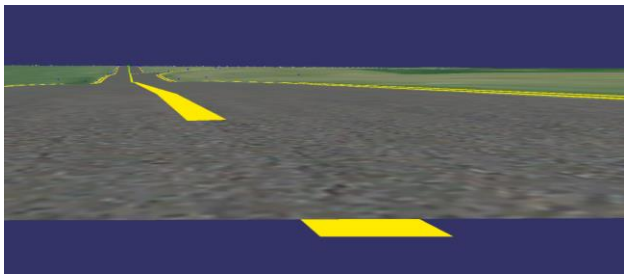
„Collision modifier“ ovláda spôsob správania kolízií. Parameter „Bounding Box“ vytvorí ohraničenie okolo dráhy na výpočet kolízií, parametre „Test upwards“ a „Test downwards“ sú vybrané pre aktivovanie kolízií zo skupinami vektorov vyššej aj nižšej priority. „Modifier Geometry“ vygeneruje geometriu plochy. Rolovacie dráhy môžu byť vytvorené dvoma spôsobmi, buď využitím čiar podobne ako u vzletovej a pristávacej dráhy, alebo pomocou plôch.



Obrázok 3: Efekt modifieru „Border“ na terén okolo vzletovej a pristávacej dráhy (Zdroj: Autor)

Pri využití čiar je potrebné zmeniť parametre niektorých modifierov v porovnaní zo vzletovou a pristávacou dráhou. V modifiery „Height Type“ je hlavný parameter nastavený na „Relief“. Geometria rolovacej dráhy bude teda kopírovať terén. Výška terénu je určená na každom vertexe, teda čím viac vertexov bude použitých, tým presnejšie bude geometria rolovacej dráhy kopírovať terén. V modifiery „Insert“ sa zapne parameter „Neutralize Inserts“, tento parameter dokáže pomocou „boolean“ operácií vyzerať diery cez iné diery vyrezané modifierom „Insert“. Táto metóda umožní relatívne rýchle zadefinovanie rolovacích dráh, je však potrebné v miestach, kde sa rolovacia dráha križuje z inou rolovacou alebo vzletovou a pristávacou dráhou pridať zaoblené plochy medzi tieto križujúce sa dráhy. Na vytvorenie zákrut je možné použiť nástroj „Create Bezier Curve“, avšak je po vytvorení potrebné tieto krivky premeniť na obyčajné čiary. Tento nástroj sa dá využiť aj na rýchle vytvorenie rovnej čiary pravidelne rozdelenej vertexami. Počet vertexov na čiare premenenej z krivky sa dá nastaviť pomocou poľa „Subdiv Steps“. Pri vytváraní plôch sa využívajú rovnaké modifiery ako pri čiarach, v modifiery „Mapping“ sa však nastaví parameter „Mapping Type“ na „Area“. Pri vytváraní plôch je potreba aby boli jednotlivé vertexy vkladané proti smeru hodinových ručičiek. Kvôli spresneniu kopírovania terénu je potrebné dlhšie hrany rozdeliť viacerými vertexami podobne ako tomu bolo u dráh vytvorených čiarami.

Pre vytvorenie čiar sa dá použiť modifier „Outline“ alebo „Marking“. Pri použití „Outline“ je potrebné nastaviť parameter „Mapping type“ v modifiery „Mapping na Linear“. Použitie modifieru „Marking“ umožňuje jednoduchšie vytvorenie rôznych typov značení, ako napríklad dvojitú alebo prerušovanú čiaru. Obrázok 4 zobrazuje nedostatočný počet vertexov stredovej čiary vzletovej a pristávacej dráhy.



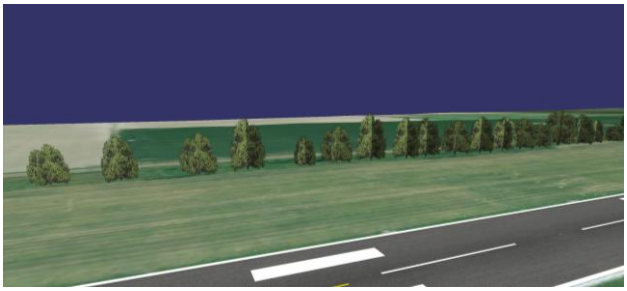
Obrázok 4: Nedostatočný počet vertexov stredovej čiary na komplexnom teréne (Zdroj: Autor)

Druhy čiar sa dajú nastaviť parametrom Type. Parametre „Marking Length“ a „Gap Length“ nastavujú dĺžku čiar a dĺžku medzery pri prerušovanej čiare, „Marking Width“ nastavuje šírku značenia. Parameter „Side Offset“ umožňuje posunutie vykreslenej čiary od vektora ktorým je daná čiara definovaná. Tento parameter je užitočný pri vytváraní značenia na vzletovej a pristávacej dráhe, kde je možné pomocou tohto parametra jednoducho vložiť značenia ktoré sú paralelné z dráhou. Pre nastavenie priority vykresľovania sa použije „Layer modifier“, čím je vyššia hodnota „Layer ID“, tým je nastavený väčší polygon offset, čiže vyššia priorita vykresľovania. Pokiaľ sa čiara nachádza na nerovnom teréne je potrebné nastaviť „Height type“ na „Relief“, aby čiara nasledovala terén a vertikálny ofset, aby sa čiara nachádzala niekoľko centimetrov nad terénom. Ako pri rolovacích dráhach čiary je podľa komplexnosti terénu treba rozdeliť.

3.3. Vkladanie objektov

Objekty môžu byť vkladané buď v bode, na čiare alebo v oblasti. Vkladanie v bode za pomoci modifieru „Point Object Placer“ je vhodné pre vkladanie jedinečných objektov ale aj pre objekty ktoré chceme umiestniť v presnej polohe alebo zo špecifickým smerom. Tento modifier však dokáže zadefinovať len objekt, ktorý bude do projektu vložený, rotáciu tohto objektu je potrebné nastaviť modifierom „Point Offset“.

Pri potrebe vkladania objektov v rade z presným rozostupom, alebo kde rozostup nie je dôležitý je výhodné použiť „Contour Object Placer“. Tento modifier je možné použiť v kombinácií s inými modifiermi, napríklad na automatické vkladanie svetiel na rolovacej dráhe. Pomocou parametru „Scale factor“ je možné zmeniť veľkosť objektu a pomocou „Scale variance“ je možné túto veľkosť meniť náhodne v určenom rozhraní. 0% znamená konštantnú veľkosť, 100% znamená, že objekt môže mať veľkosť ktorá je rovná 50% až 150% pôvodnej veľkosti. Pri hodnote 200% je veľkosť od 0% až po 200% pôvodnej veľkosti. Vzdialenosť objektov sa nastavuje parametrom „Distance“ a je taktiež možné túto vzdialenosť náhodne meniť v určenom rozhraní za pomoci parametru „Distance variance“. 0% znamená konštantnú vzdialenosť medzi vloženými objektami, 100% znamená rozdiel vzdialenosti od 0 po hodnotu vzdialenosti v poli „Distance“. Smer otočenia objektov je zadefinovaný v parametri „Standard alignment“ a môže byť parametrom „Rotation type“ nastavený ako „fixed“ kedy je rotácia rovnaká pre každý vložený objekt „random“, kedy je rotácia objektov náhodná, alebo „aligned“, kedy rotácia objektov závisí od smeru čiary. Pri nastavení „random“ je taktiež možné nastaviť parameter „Rotation steps“, ktorý nastavuje v ako veľkých krokoch bude objekt otáčaný. „Parameter Offset“ umožňuje umiestniť objekty určitú vzdialenosť od čiary a pomocou „Offset side“ sa dá vybrať smer od čiary. „Offset varience“ umožňuje meniť veľkosť náhodne v určitom rozhraní. 0% znamená konštantnú vzdialenosť, 100% znamená, že objekt môže mať vzdialenosť ktorá je rovná 50% až 150% pôvodnej vzdialenosti. Pri hodnote 200% je vzdialenosť od 0% až po 200% pôvodnej vzdialenosti. Parameter „Place on Corners“ umiestňuje objekty na každom vertexe, miesta medzi vertexami sú vyplnené objektami podľa nastavenia ostatných parametrov modifieru. Umiestniť objekty bez medzery je možné za pomoci modifieru „Touching Objects“, toto umožňuje napríklad vytvorenie stien alebo plotov. Obrázok 5 znázorňuje príklad využitia parametrov „variance“.



Obrázok 5: Príklad využitia parametrov „variance“ (Zdroj: Autor)

Na vkladanie objektov v oblasti sa používa modifier „Area Object Placer“, parametre tohto modifieru fungujú obdobne ako parametre modifieru „Contour Object Placer“. Hlavné využitie tohto modifieru je vkladanie lesov.

3.4. Airport Module X-Plane

„Airport Module“ umožňuje vygenerovanie letiska na základe dát importovaných z databázy letísk apt.dat zo simulátoru X-Plane. Táto databáza obsahuje letiská zo „Scenery Gateway“ ktorá vznikla ako metóda pre požívateľov simulátoru X-Plane na nahratie letísk vytvorených programom WED ktorých kvalita je potom posudzovaná moderátorom ktorý rozhodne o ich prijatí a neskoršom vydaní v simulátore X-Plane alebo o ich zamietnutí. V prípade ak bolo moderátorom prijatých viac scenérií rovnakého letiska, bude jedno letisko označené ako doporučené, toto letisko považuje moderátor za najkvalitnejšie a bude vydané v simulátore X-Plane. Za moderáciu je v súčasnosti zodpovedný Julian Lockwood ktorý pôvodne prišiel z nápadom pre „Scenery Gateway“ ako zo spôsobom na relatívne jednoduchú a rýchlu implementáciu 3D letísk do simulátoru. Tento systém sa stretol z veľkým úspechom a v čase písania tejto práce obsahuje 38232 letísk z čoho je 32148 vytvorených 8068 registrovanými používateľmi a 29668 letísk obsahuje 3D objekty. (Han-Wei, 2018)

Pri posudzovaní kvality letísk moderátor vo všeobecnosti zvažuje chyby zaznamenané v log súbore, presnosť číselných označení vzletových a pristávacích dráh, prekážky na vzletovej a pristávacej dráhe, rolovacej dráhe alebo na stojisku, nezablokované umiestňovanie objektov „autogenu“ ako sú stromy, budovy, cesty, navigačné pomôcky a podobne v miestach kde je ich umiestňovanie nežiadúce, prezenciu 3D objektov, prezenciu zadefinovaných dráh na pohyb lietadiel a vozidiel pozemnej obsluhy, logiku týchto dráh, vyrovnanie terénu v okolí letiska a subjektívny vzhľad scenérie letiska. Scenéria je taktiež automaticky kontrolovaná programom WED pred jej nahratím do systému „Scenery Gateway“. Pri varovaní

sa chyba zapíše do log súboru, pri väčších problémoch program neumožní nahratie scenérie do „Scenery Gateway“. Letiská už nahrané v „Scenery Gateway“ môžu byť automaticky upravované Python skriptom z názvom „WEDBot“, tento skript pôvodne vznikol na nahrávanie „legacy“ letísk z X-Plane a v súčasnosti sa používa na zmenu číslovania vzletových a pristávacích dráh v prípadoch kde bol magnetický smerník dráhy zmenený vplyvom magnetickej deklinácie.

4. Záver

Jedným z problémom opisovaného systému je konzistencia kvality letísk, ktorá bola riešená postupným sprísňovaním moderácie ale v prípade dôležitejších častí scenérie, ako napríklad pozícia vzletovej a pristávacej dráhy, boli použité aj iné spôsoby riešenia tohto problému. Jednou z chýb ktorej sa autor môže dopustiť je nesprávne umiestnenie posunutého prahu dráhy a ochrannej plochy proti náporu vzduchu za prúdovým motorom. Toto môže ovplyvniť prístrojové priblíženia, napríklad pri nie presných priblíženiach, kde je často „missed approach point“ v rovnakom mieste ako prah dráhy, bude tento bod v simulátore umiestnený na základe pozície prahu dráhy. Od verzie X-Plane 11.10 sú preto súradnice tohto bodu pre GPS a FMS premiestnené tak, aby boli v súlade z navigačnými dátami. Toto riešenie je však účinné len ak sa jedná o relatívne malú nepresnosť v pozícií vzhľadom na hlavnú os dráhy. Pokiaľ má používateľ aktivované anonymné odosielanie dát a zároveň aktuálne navigačné dáta bude informácia o tejto chybe zaslaná do analytického serveru „Laminar Research“ a vytvorí sa tak databáza letísk ktoré potrebujú aktualizáciu.

Aby sa zabránilo takejto chybe vôbec vzniknúť bola do programu WED pridaná validácia pozície prahu dráhy a posunutého prahu dráhy pri ktorej je pozícia porovnávaná z CIFP dátami od spoločnosti Jepessen. Pokiaľ sa prah dráhy nenachádza v správnom mieste WED nedovolí autorovi scenériu nahrať na „Scenery Gateway“.

Pre profesionálnych požívateľov, kde je presné umiestnenie dráhy absolútne nevyhnutné bol pridaný príkaz – „accurate_runways“, ktorý dynamicky prepíše scenériu po načítaní priblíženia. Dráha bude premiestnená na jej presné súradnice a taktiež sa prepíše číselné označenie dráhy. Toto riešenie funguje len pre letiská využívajúce štandardné dráhy z procedurálne generovanou textúrou.

Poďakovanie

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*“.

5. Referencie

Aharrah, R., 1965.Flight simulation, past, present, and future. San Francisco, CA.

Brezoňáková, A., Škvareková, I., Pecho, P., Davies, R., Bugaj, M., Kandera, B. 2019. The effects of back lit aircraft instrument displays on pilots fatigue and performance. In: Transportation Research Procedia 40, pp. 1273-1280.

Cambridge University Press., 1987. Flight Simulation. Cambridge : Cambridge University Press, ISBN: 78-0521306492.

Ficová, D. Badánik, B. Novák, A. Novák Sedláčková, A. Turiak, M. 2016. Effects of automation and electronic devices on board aircraft on pilot skills, training requirements and flight safety: Zeszyty naukowe Vyższej szkoły finansów i prawa w Bielsku-Białej, ISSN 2084-1809.

Han-Wei, S., 2018. Airports Scenery Gateway. [online] Laminar Research. Available at: <https://gateway.x-plane.com/airports/page.> [Accessed 30 November 2019].

Novák, A. a Mrázová, M. 2015. Research of physiological factors affecting pilot performance in flight simulation training device. In: Communications : scientific letters of the University of Žilina. - ISSN 1335-4205. - Vol. 17, no. 3 s. 103-107.

Novák, A., 2018. Measurement of GNSS signal interference by a flight laboratory. Elsevier, 2018. – (Transportation Research Procedia, ISSN 2352-1465 ; 35). – ISSN 2352-1465, s. 271-278 [online

Petríková, M. Kandera, B. 2019. Vplyv záťaže pilotov na nehodovosť: Práce a štúdie, Katedra leteckej dopravy, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Žilinská univerzita v Žiline Vol. 5. - 1. ISBN 978-80-554-1563-5

Supnik, B., 2019. X-Plane Developer Site. [online] Two-Sided Drawing and Up-Normals. Available at: <https://developer.x-plane.com> [Accessed 28 November 2019].

PRAVDEPODOBNOSŤ NEHODY BEZPILOTNÉHO LETECKÉHO PROSTRIEDKU NA ZEMI V OBÝVANEJ OBLASTI

THE PROBABILITY OF AN ACCIDENT OF UAV ON THE GROUND IN AN URBAN ENVIRONMENT

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

Iveta Škvareková
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 1
010 26 Žilina
Iveta.skvarekova@fpedas.uniza.sk

Pavol Pecho, PhD.
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 1
010 26 Žilina
Pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Branislav Kandera
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 1
010 26 Žilina
branislav.kandera@fpedas.uniza.sk

Abstract

The study in this paper defines the amount of the possible ground casualty risk of randomly falling out-of-control UAV on a picked flight path, which was defined from the city of Žilina to the city of Martin, which were 29 km apart. For this area, the probability of a third party casualties caused by lose of control during the flight of UAV, was calculated. For these calculations was used the Equivalent Level of Safety approach. The conclusion provides recommendations for safety improvements during planning flight routes for unmanned aerial vehicles.

Keywords

UAV, risk, ELOS, Aerial Work

1. Úvod

Technologický vývoj, týkajúci sa bezpilotných leteckých prostriedkov je za posledné roky veľmi rýchly. Bezpilotné letecké prostriedky budú súčasťou našej budúcnosti. Rýchle zmeny v technológii bezpilotných lietadiel sú prísľubom budúceho využívania vzdušného priestoru a letectva, keďže sa digitálna transformácia rozširuje smerom hore. Vyžaduje si to postupnú zmenu spôsobu riadenia vzdušného priestoru. V zásade sa každý deň na oblohe presunie z niekoľkých tisíc konvenčných lietadiel na potenciálne stovky tisíc vysoko prepojených a automatizovaných bezpilotných leteckých prostriedkov, ktoré ponúkajú pokročilé služby dátového riadenia a pôsobia takmer všade.

Článok je súčasťou výskumu dizertačnej práce, ktorá sa zaoberá podrobným skúmaním dopadu prevádzky bezpilotných leteckých prostriedkov na bezpečnosť v leteckej doprave a to najmä z legislatívneho pohľadu, keďže táto sféra sa neustále vyvíja a je potrebná čo najlepšia adaptácia na súčasné prevádzkové potreby, aby bol vhodný pomer medzi prevádzkovými potrebami užívateľa a bezpečnosťou prevádzky týchto prostriedkov vo vzdušnom priestore.

2. Cieľ a metodika

Cieľom článku a zároveň aj jedným z cieľov dizertačnej práce je definovanie miery rizika pri použití bezpilotných leteckých prostriedkov vo vzdušnom priestore Slovenskej Republiky, a návrh opatrení za zvýšenia bezpečnosti prevádzky bezpilotných leteckých prostriedkov, či už za pomoci zmeny legislatívy, alebo zavedením povinnej minimálnej štandardizácie pre určité komponenty systému UAV. V najbližších rokoch možno očakávať veľkú reformáciu legislatívy pre bezpilotné letecké prostriedky a to najmä z dôvodu neustále sa navyšujúcich počtov UAV vo vzdušnom priestore, a zároveň postupné zavádzanie koncepcie U-space, ktorý, zabezpečí integráciu bezpilotných leteckých prostriedkov do už existujúcich letových priestorov. V spojitosti s týmto, bude musieť byť vypracovaná nová legislatíva.

Vysoká miera nehodovosti UAV počas prevádzky je často uvádzaná ako odstrašujúci prostriedok, ktorý bráni rozšírenejšiemu nasadeniu, a je jedným z mnohých obmedzujúcich faktorov k využitiu UAV v civilnom vzdušnom priestore.

Obrázok 1: Havarovaný dron Indických vzdušných síl [Zdroj: https://www.dailyexcelsior.com/wp-content/uploads/2017/08/uav.png]

Vyvinutá bola „zodpovedajúca úroveň bezpečnosti“ (Equivalent Level of Safety Concept - ELOS) a navrhnuté bezpečnostné normy pre lietadlá s posádkou súvisiace s letmi bez posádky, definovaním katastrofickej podmienky zlyhania systému UAV, ktorá má za následok najmenej jednu nehodu spôsobenú treťou stranou spôsobujúcu vzdušnú kolíziu alebo zranenie na zemi. Analýza ELOS je založená na modeli padajúceho objektu odvodenom z metodiky hodnotenia bezpečnosti komerčnej leteckej dopravy a je overená porovnaním s údajmi o nehodách lietadla, použitím údajov o hustote dopravy a údajov o hustote obyvateľstva pre rôzne letové dráhy zodpovedajúce potenciálnym aplikáciám. Štúdia dospela k záveru, že existujúca miera poruchovosti UAV je neprijateľná pre prevádzku nad silne obývanými oblasťami, pričom kritická miera poruchovosti systému sa pohybuje v rozmedzí od $6{,}5 * 10^{-6}$ na letovú hodinu pre UAV s nákláňacími rotormi (tiltrotor) a pre let z bodu A do bodu B (medzimestské lety) $1{,}0 * 10^{-7}$ na letovú hodinu pre UAV prevádzkované v husto osídlených oblastiach. Táto štúdia viedla k mapovaniu vybraných neletových zón pre UAV. [4]

ELOS sa používa na definovanie kritérií miery porúch pre systémy UAV, ktoré sú kritické pre let. Pre lietadlá s posádkou je katastrofický stav definovaný ako udalosť, ktorá spôsobuje úplnú stratu lietadla plus úmrtia letovej posádky a cestujúcich. Napríklad katastrofický stav môže byť definovaný ako strata riadenia letu, ktorá vedie k neschopnosti pokračovať v bezpečnom lete do pristátia. UAV však vylučuje každú prvú stranu (t.j. letovú posádku) alebo druhú stranu (t.j. cestujúcich), ktorá vznikla v dôsledku straty kontroly. Katastrofická podmienka pre bezpilotné lietadlo je preto definovaná ako poruchová udalosť, ktorá má za následok najmenej jednu tretiu stranu v dôsledku kolízie vo vzduchu alebo zranenia na zemi. [5]

Prístup ELOS porovnáva kritérium miery zlyhania UAV s akceptovateľným kritériom straty kontroly pre lietadlá s posádkou, upravené o podmienenú pravdepodobnosť, že strata kontrolného scenára má za následok aspoň jednu nehodu tretej strany:

$$L_{GC} * P_{CF} = P_{CM} \qquad (1)$$

L_{GC} - pravdepodobnosť obetí tretích strán v dôsledku straty kontroly

P_{CF} - maximálna prijateľná pravdepodobnosť straty kritickej funkcie UAV

P_{CM} - maximálna prijateľná pravdepodobnosť straty kritickej funkcie lietadla s posádkou

Výskyt akéhokoľvek stavu poruchy, ktorý by zabránil ďalšiemu bezpečnému letu a pristátiu letúna, musí byť mimoriadne nepravdepodobný. Prostriedky na preukázanie zhody s týmto pravidlom sú definované ako proces posudzovania bezpečnosti. ktorý používa kvantifikovateľné kritériá miery zlyhania pre termín „extrémne nepravdepodobný“. Uplatňovanie kritérií miery zlyhania lietadla s posádkou aplikované na typické UAV typu VTOL (Vertical Take off nad Landing), vrátane lietadiel s jedným turbínovým motorom s hrubou hmotnosťou do 6 000 libier (2721 kilogramov), maximálna prijateľná pravdepodobnosť stavu poruchy, ktorá by zabránila pokračovaniu bezpečnému letu a pristátiu je:

$$P_{CM} = 1 * 10^{-7} \qquad (2)$$

kde P_{CM} predstavuje maximálnu prijateľnú pravdepodobnosť straty kritickej funkcie lietadla s posádkou. V súčasnosti neexistujú žiadne zverejnené normy civilnej letovej spôsobilosti pre bezpilotné lietadlá. [4], [5]

Keď použijeme substitúciu vzťahu 1 do vzťahu 2, dostaneme:

$$P_{CF} = \frac{1*10^{-7}}{L_{GC}} \qquad (3)$$

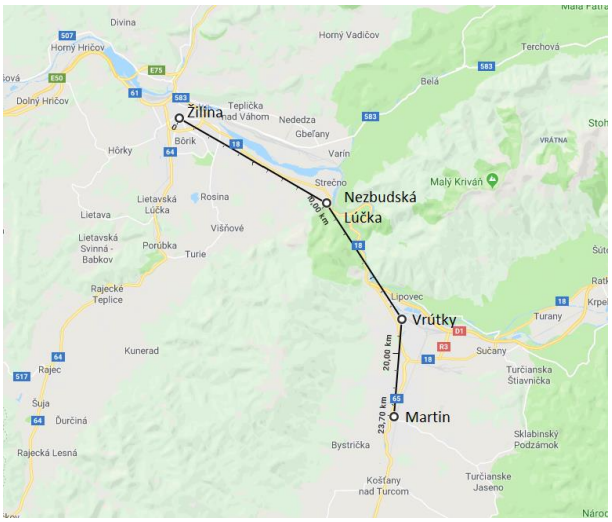
Zo vzťahu 3 vyplýva, že kľúčom je výpočet pravdepodobnosť obetí tretích strán spôsobených stratou kontroly.

Za predpokladu rovnakého času preletu ponad každú oblasť a rovnomerne rozloženej hustoty obyvateľstva sa kritérium miery zlyhania ELOS vypočíta nasledovne:

$$L_{GC} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} N_i\, A_c = 0{,}0341 \qquad (4)$$

$$P_{CF} = \frac{1*10^{-7}}{L_{GC}} = \frac{1*10^{-7}}{0{,}0341} = 2{,}932 * 10^{-6} \qquad (5)$$

Na základe ekvivalentnej úrovne bezpečnosti (ELOS) bol uskutočnený výskum a teoretická aplikácia na využitie doručovacích dronov v mestskom prostredí. Cieľom bola analýza a výpočet možného rizika počas náhodne padajúceho dronu do obývanej oblasti.



Obrázok 2: Návrh trasy pre UAV v Žilinskom regióne [zdroj: maps.google.com]

V nasledujúcej tabuľke sú možné vidieť základné a všetky potrebné údaje na vyriešenie výpočtov aplikovaných na Žilinský región. Všetky údaje sú aktuálne k 31.12.2018.

Tabuľka 1: Údaje o skúmaných oblastiach

Región	Obyvateľstvo (2018)	Plocha regiónu [km2]	Hustota osídlenia [ľudia/km2]
Žilina	80 810	80,03	1010
Mojšova Lúčka	430	2,95	146
Nezbudská Lúčka	388	8,21	47
Vrútky	7 762	18,66	416
Martin	54 618	67,74	806

3. Záver

Definovanie miery rizika prevádzky bezpilotných leteckých prostriedkov vo vzdušnom priestore je dôležitým aspektom k vytvoreniu správnej legislatívy a zavedenie štandardizácie do tohto sektora. Tento výskum definoval riziko náhodne padajúceho bezpilotného leteckého prostriedku v mestskom a dedinskom prostredí v Žilinskom regióne. Na základe výpočtov, autor zistil, že v skúmanej oblasti je riziko definované na $2{,}932 * 10^{-6}$.

Výsledok je silne závislý od hustoty zaľudnenia istej oblasti. Táto trasa bola vybraná zámerne z dôvodu využitia týchto prostriedkov vo veľkých mestách, v ktorých nie je možné sa vyhnúť a preletieť cez obývané oblasti, takže autor považoval definovanie potenciálneho rizika za dôležité.

Poďakovanie

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

4. Referencie

Beňo, L., Bugaj, M., & Novák, A. (2005). Application of RCM principles in the air operations. Komunikacie, 7(2), 20-24.

Bugaj, M. 2012. Failure analysis-basic step of applying reliability centered maintenance in general aviation. Transport Problems 7(1), pages 77-86.

Catlos, M., Kurdel, P., Sedlakova, A. N., Labun, J., & Ceskovic, M. (2018). Continual monitoring of precision of aerial transport objects. Paper presented at the _NTAD 2018 - 13th International Scientific Conference - New Trends in Aviation Development, Proceedings, _76-81. doi:10.1109/NTAD.2018.8551683

Columbia Accident Investigation Board, Report Volume II Appendix D.16, “Determination of Debris Risk to the Public Due to the Columbia Breakup During Reentry,” Government Printing Office, Washington, D.C., October 2003.

Dopravný úrad 2018. Rozhodnutie dopravného úradu SR č. 1/2015 z 19.08.2015. Dostupné na: http://nsat.sk/wp-content/uploads/2014/08/DU_RPAS-merged.pdf

Fotouhi, A., Qiang, H. Survey on UAV Cellular Communications: Practical Aspects, Standardization Advancements, Regulations, and Security Challenges, 31 March 2019. Journal of Communications Surveys and Tutorials

King, W.D. (2005). UAV Failure Rate Criteria for Equivalent Level of Safety. 26 – 29 September 2005, Presented at the International Helicopter Safety Synopsium, Montréal, Quebec, Canada

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2018. Assessing the Risks of Integrating Unmanned Aircraft Systems (UAS) into the National Airspace System. Washington, DC: The National Academies Press.

Novák, A., Novák Sedláčková, A. 2015. International civil aviation regulations, 1. vyd. – Bratislava : DOLIS, 2015. – 150 . ISBN 978-80-8181-011-4

Sedlacková, A. N., Kurdel, P., & Mrekaj, B. (2018). Synthesis criterion of ergatic base complex with focus on its reliability. Paper presented at the _2017 IEEE 14th International Scientific Conference on Informatics, INFORMATICS 2017 - Proceedings, __, 2018-January_ 318-321. doi:10.1109/INFORMATICS.2017.8327267

Standardization Roadmap for Unmanned Aircraft Systems, Version 1.0. December 2018. Prepared by the ANSI Unmanned Aircraft Systems Standardization Collaborative (UASSC)

Škultéty, F., Badánik, B., Bartoš, M. & Kandera, B. 2018. Design of Controllable Unmanned Rescue Parachute Wing. Transportation Research Procedia 35, pages 220-229

COMPARISON OF SLOVAK AND POLISH UAV LEGAL FRAMEWORK

Alena Novák Sedláčková
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 1
010 08 Žilina, Slovakia
sedlackova2@fpedas.uniza.sk

Paulina Iljaszewicz
Department of Aviation
Military University of Aviation
35 Dywizjonu 303 street
08-521 Deblin, Poland
p.iljasz@gmail.com

Abstract

This paper is focused on the comparison of Slovak and polish UAV legal framework. In the paper is detailed description of the polish approach to application of UAV legal rules and explain the general principles implemented in Slovak national legal system. The paper points out the identical basic rules, which are based on the UAV European legal framework, as well as the changes that occurred after the application of "new" European UAV rules in the Slovak Republic in 2019.

Keywords

UAV, Drones, Legislation, National legislative Framework, Slovakia, Poland

1. Introduction

About ten years ago a lot of us couldn't even thinking about flying with unmanned aerial system (UAS) of which the unmanned aerial vehicle (UAV) commonly called drones, not about how easy it can be to have one. The prices were very high and only army was able to buy some for military purposes and research. Nowadays, after rapid development and technical progress it is not a problem to buy a drone and fly. Flying with drones is now not only for people, who are interested in civil aviation but for everyone. The prize of „small drone", which could be defined as a toy is not so high. It means that drones started to be a „good" Christmas of birthday present for young boys. Thousands of people all over the world are having fun with these small flying objects every day. But they are not wary during their flights and very often have no knowledge of the real position of drones and the rules of its operation. They don't understand that these for them interesting toys are real aircraft and they have to accept the rules- standards and recommendations of International civil aviation organization (ICAO) focused on the UAV and especially rules of the Air. In civil aviation is safety the first so not only ICAO, but European Aviation Safety Agency and Eurocontrol are working on creation the rules, which could be flexible and reflect all positions of drones, so not only as a toy, but much more as the aircraft. Some kinds of drones can be operated also for aerial works or specific research (Pecho et al., 2019). In this paper we focused on the description of polish UAV legislation and rules for UAV operation and try to compare it with Slovak UAV legal framework. The state authorities, whether civilian or military, have to find the most appropriate form of solution to create the national legislation that reflects the changes in European legislation after establishing the framework within 2018-2019. At the same time, it is necessary to respond to the ever-growing progress in the production of UAV technologies and their impact on air transport market. However, the most important is the safety of the UAV flights (Kurdel et al., 2019).

2. Polish UAV legal framework

Poland as the Member State of ICAO and EU has to respect their standards and recommendations. The Commission introduced a complete regulatory framework enabling the further development of the European drone sector (Regulatory framework to accommodate unmanned aircraft systems in the European aviation system). The rules are based on an assessment of the risk of operation and strike a balance between the obligations of drone manufacturers and operators in terms of safety, respect for privacy, the environment, protection against noise and security. On March 12, 2019 the European Commission adopted common EU-wide rules setting technical requirements for drones. They will set features and capabilities that drones must have in order to be flown safely and, at the same time, help foster investment and innovation in this promising sector. The new EU rules build on national rules that were in place and now provide a harmonized framework across the European Union (Kurdel et al., 2019). In Poland all drone operators, regardless of the nature of the flight (eg commercial, recreational, sporting or other flights) are based on general UAV international and European legislation. However, flight rules may vary depending on whether licenced as UAVO (it is easier) or not (UAC) certificate. In addition, drones' operators in Poland are subject to additional regulations, which abolish the obligation to comply with certain laws and rules that apply to pilots, hang-gliders, paratroopers, etc. There can be a lot of possibilities, so Polish Government decided to make this regulation as easy as it can be. Later can be easier to find "new" drone operators. The most important reason was the age of the UAV potential operators or we can write drone pilots. The young people, the majority of them is not interested in studying of a lot of long articles written in a complicated language as normally the legal acts are. It is a lot more attractive for them to read short brochures which can give them as much information but in a simpler way. The polish government made also an action called „Lataj z głową" (Think while Flying). It is an information campaign which provides very accessible and straightforward basic information about the most important rules that should follow while flying a drone. Colourful photos and meaningful pictures catch eyes and give good advices for all drones' users.

Furthermore, there is a lot of special rules created by the Polish Government. These documents are more comprehensive but still use more informal language then legal language. They are

divided into "smaller" publications. If you need to find a particular information in a concrete part, you have to simply look at it. It is quicker when you only need to read an extract and not the whole publication. In general, are made to provide easier and more straightforward guidelines.

For example, in Poland is:

- "Acceptable Systems AMC"- about using airports (rules and fees included);
- Easily accessible rules for airports"- given by National Safety Aviation Bureau.

Those and some others mentioning about different sides of the complex issue of flying a drone are commonly used. They are written in less formal way in order to give easier access to basic information and useful tips. They are based on effective regulations but rewrite in order to make it less repulsive for ordinary people. But the polish government approved:

- Regulation of the Minister of Transport, Construction and Maritime Economy of March 26, 2013 on the exclusion of certain provisions of the Act - Aviation Act for certain types of aircraft and the specification of conditions and requirements for the operation (Journal of Laws of 2013, item. 440);
- Act of July 3, 2002, Aviation Law (Journal of Laws of 2013, item 1393);
- Act of 16 April 2004 on the protection of nature (Journal of Laws of 2013, item 627);
- Act of 23 April 1964 Civil Code (Journal of Laws of 2014, item 121);
- The Act of June 6, 1997, the Penal Code (Journal of Laws No. 88, item 553);
- The Act of February 4, 1994 on Copyright and Related Rights (Journal of Laws No. 90, item 631);
- Regulation of the Minister of Transport, Construction and Maritime Economy of 26 April 2013 on technical and operational regulations for aircraft of the special category, not covered by EASA (Journal of Laws of 2013, item 524);
- Regulation of the Minister of Infrastructure and Development of 22 January 2015 on air traffic regulations (Journal of Laws, item 141);
- Regulation of the Minister of Infrastructure of 11 June 2010 on prohibitions or flight restrictions for a period longer than 3 months (Journal of Laws of 16 June 2010);
- Regulation of the Minister of Infrastructure of November 25, 2008 on the structure of Polish airspace and the detailed conditions and manner of using this space (Journal of Laws of 2014, item 351);
- Regulation of the Minister of Transport, Construction and Maritime Economy of June 3, 2013 regarding qualification certificates (Journal of Laws of 2013, item 664).

Polish legal system is constantly being modernized to meet the rapidly changing needs of users. The newest upgrade came into effect in the January, 31 2019, in order to make flying drone even easier than before. The Ministry of Infrastructure upgraded some regulations and now, as an outcome, they have provided:

- more opportunities for sport and recreations purposes;
- easier access to qualifications certificates;
- more specify rules of flying out of sight;
- simplifying the examination rules (questions and practical tasks only on the most important fields);
- enabling automatic flights.

According to public opinion, the last part is the most important and has the biggest impact on the users. Flying with auto-mode is much safer, because of the GPS system and navigation system which are responsible for avoiding obstacles.

This part of Polish Air Law is the newest and the fastest grow of all. Of course, knowing all the theoretical rules is essential to use drones properly, but a lot of people is asking how does it work in practice? And what should they do to be able to fly one of those remote-controlled flying objects or drones? For this king of people are created and published in Poland easy rules:

- Age at least 14 years old (to sign up for the theory course) and then minimum 15 years old if you want to finalise the licensing process and do the practical training and exams.
- Choose the ATO ("Drone school") , which focused also on drones – national aeroclub or private institution.
- The prices differ due to the city and interest in given season. In Poland the average cost is around 1600PLN (ca. 400€).
- Theoretical course takes place usually during the weekends and lasts around 60 hours. Some schools offer courses on-line.
- At the end of the course the student has to pass 7 exams (one from each subject) and then is allowed to start practical course. During this course the instructor try to teach how to control the drone, fly, take off and land safely.
- Next step are exams on ULC, situated in Warsaw (Civil Aviation Authority), and when the student passes them (he needs minimum 75% from each subject), he is allowed to have the last examination- state exam, theoretical firstly, and then practical one. During the practical exam, the state examiner prepares some exercises for students, for example to fly in the shape of reversed eight. After successfully passing are students licenced and receive the certificate. According to the new Ministry of Infrastructure amendment, after the 31.01.2019 it's easier to get a drone licence.

It depends on the student and his preferences which type of course/licences prefer. Some different courses are available in Poland. The most basic one is VLOS (Visual Line of Sight) when the pilot-drone operator needs to see their drone during the whole flight. In Poland is defined that the drone can't be heavier than 25kg.There is also a new convenience- it is possible to fly for children of the age of 13 years old under the adult's supervision. Next step is BVLOS (Beyond Visual Line of Sight), which allows to fly the drone "higher and further". Flying with BVLOS is possible only on drones inscribed into the Register of aircraft. Later you can "expand" your qualifications and drones-school offers wide range of additional options such as photogrammetry course, area-control flights etc.

After receiving of the qualification is important to stay in training, in order to not forget how to fly properly. A lot of incidents, sometimes dangerous, were caused because people were to certain about their abilities, which in fact were not enough to provide safe flight.

The problem with flying drones in Poland, as also all over the world is that for a great group of people drones are still just other toys in the collection, Christmas gifts for a child or longer selfie-sticks during family's celebrations or parties as we explain in the introduction. This idea is wrong. Drones can be dangerous for communication, navigation and surveillance systems (Novák et al.2018). Drones are types of aircraft which share the same sky as gliders and jets, so the UAV pilots have to be responsible and know at least basic rules which have to be respected. In Poland based on the Regulations of the Minister of Transport from 26.03.2013 can be detailed 7 main rules for drones-operators (pilots):

1. Be especially careful, avoid any action or omission that could:

a) Create a security risk, including the threat to air traffic safety;

b) Obstruct air traffic;

c) Disrupt peace or public order;

d) Expose anyone to damage.

2. Control the UAV/flying model in a way that avoids collision with other aircraft.

3. Ensure that UAV/flying model gives the flight priority to manned aircraft.

4. Use the UAV/flying model and control in accordance with the manufacturer's recommendations and restrictions (if published).

5. Before the flight check the technical condition of the UAV/flying model.

6. Performs only UAV/flying model that is technically efficient.

7. Be responsible for the decision to perform the flight and its safety, and the appointment and participation of an observer in the performance of flights does not release him from responsibility for the safety of the operations performed.

Next important according to Polish law is the insurance- which is very important in case of an accident and is obligatory. There are plans about changing this requirement and many drones-schools are offering their own insurances during the practical training. Expect of the law, it is always better to have your own insurance to feel more comfortable. But in this moment, it is rational, that if someone want to really do something with drones, the drone has to be insured, it based on the same principle as "big aircraft" for commercial air transport or vehicles. It is also important to mention that in Polish general code the penalty envisioned for disobedience is even up to 5 years in prison. Previously, when flying drones' topic was not so famous, a lot of police officers were lack of knowledge in this field of enforcing non-compliance legal UAV regulations on and used the general rules. There were cases of incorrect consequences from acts that were not really offenses. Even worse breaking the UAV law without being punished. Fortunately, as this field of aviation is gaining popularity, more and more courses are being provided and in Poland is more and more licensed UAV- operators (pilots) not only as a hobby pilot. But still following rules is not about being afraid of the penalty. Flying safety is the most important because the air space is here for everyone-professional pilots and also hobby pilots. Everyone should be responsible to make aviation safe and friendly.

3. Slovak UAV legal framework

In the Slovak republic (SR) is situation very similar as in Poland, what issues from membership in EU and acceptation of European UAV legal framework. In Slovakia UAV rules were defined since 2015 by the Decision No. 1/2015 of 19 August 2015 on conditions of an unmanned aircraft flight operations in the airspace of the Slovak Republic (The Decision of the Director of Transport Authority further only „Decision "). Contained in the decision were definitions of possible UAVs such as: an aircraft capable of flying without pilot (unmanned aircraft), autonomous aircraft, remotely controlled aircraft or models of an aircraft and a system of remote control, simultaneously defining the basic conditions under which flights can be performed in the airspace of the Slovakia. All the conditions mentioned can be included into the models of situations that might potentially occur, however, it is important to realize that at the present time a new legislation of this area is approved, either at the EU level and also in the Slovak republic. With respect to the technological development, they are not going to be so strict as regards making use of the UAV even in partially autonomous flight mode notably at rescue operations in emergency situation (Čatlos et al.,2018). The basic civil aviation Slovak legal documents especially for UAV are the Act No. 143/1998 Coll. on civil aviation in the wording of later amendments later as Civil Aviation Act, since the 14th of November 2019 the Decision No.2/2019 on determination of conditions for unmanned aircraft flight operations and restriction of specific categories aircrafts flight operations in the airspace of the Slovak Republic entered into force on the 15th of November 2019. An indispensable part is Slovak aviation regulation type L2 – Rules of the Air based on the Annex 2 to the Chicago Convention and Commission Implementing Regulation (EU) 2016/1185 of 20 July 2016 amending Implementing Regulation (EU) No 923/2012 as regards the update and completion of the common rules of the air and operational provisions regarding services and procedures in air navigation (SERA Part C) and repealing Regulation (EC) No 730/2006. This

new Decision has changed the structure of the document and the most important is according to new EU rules creation of Class C0-C4 unmanned aircraft means a remotely piloted aircraft or a model aircraft with a maximum take-off mass and the categories of operation A and B and subcategories A1-A3 (Škultéty&Kandera, 2019). Next described information is coordination in controlled airspace, special aerial works, theoretical exams and practical exams for operator of UAV (pilot) and in the Decision No.2/2019 named as remote pilot, where more usefully information can be found on the webpage of Transport Authority- Division of Civil Aviation.

4. Conclusions

As is written in the paper the European UAV legal framework is uniform and both states- Poland and Slovakia implemented the European legislation into their national legal systems. The way how it was done is different, each state has chosen their own kinds of legal regulations, but the idea and the results of the applicated rules are the same. This interesting and new part of international, European and national part of law is depend on the development of the drones, so we will see how the new rules will work and what has to be change in the future.

Acknowledgments

This paper is an output of the project of the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic **KEGA 011ŽU-4/2018** "*New technologies and best practices in education in the Air Transport and Professional Pilots*."

References

Catlos, M., Kurdel, P., Novák-Sedláčková, A., Labun, J. & Ceskovic, M. 2018. Continual Monitoring of Precision of Aerial Transport Objects. NTAD 2018 - 13th International Scientific Conference - New Trends in Aviation Development, Proceedings 8551683, pages 76-81

Kurdel, P., Novák Sedláčková, A., Labun, J., 2019. UAV flight safety close to the mountain massif. Transportation Research Procesia vol. 43.pp.319-327

Novák, A., Škultéty, F., Kandera, B., Lusiak, T., 2018. Measuring and testing area navigation procedures with GNSS. In: 19th International Scientific Conference - LOGI 2018. London: Édition Diffusion Presse Sciences, 2018. - pp. 1-8

Pecho, P., Ažaltovič, V., Kandera., B., Bugaj,M., 2019. ntroduction study of design and layout of UAVs 3D printed wings in relation to optimal lightweight and load distribution. In: TRANSCOM 2019 [electronic] : conference proceedings. - ISSN 2352-1465. - 1. vyd. - Amsterdam: Elsevier Science, 2019. - pp. 861-868

Škultéty, F., Kandera, B.,2019. mena legislatívnych požiadaviek prevádzky bezpilotných lietajúcich prostriedkov v Slovenskej republike. n: Policajná teória a prax [print] = Police theory and practice : časopis Akadémie Policajného zboru v Bratislave. - ISSN 1335-1370. - Roč. 27, č. 3 (2019), s. 113-121