

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE

FAKULTA PREVÁDZKY A EKONOMIKY DOPRAVY A SPOJOV

KATEDRA LETECKEJ DOPRAVY



NOVÉ TRENDY V CIVILNOM LETECTVE

Medzinárodná vedecká konferencia organizovaná v rámci riešenia projektu

KEGA No. 011ŽU – 4/2018 – Nové technológie vo vzdelávaní v študijnom programe letecká
doprava a profesionálny pilot

BRATISLAVA

14. jún 2019

ODBORNÝ GARANT KONFERENCIE

prof. Ing. **Andrej Novák**, PhD.

VEDECKÝ VÝBOR KOFERENCIE

prof. Imre Bánó (HUN)	doc. RNDr. Vladimír Krajčík, Ph.D. (CZE)
doc. Ing. Benedikt Badánik, PhD. (SVK)	doc. Ing. Pavol Kurdel, PhD. (SVK)
prof. Jacek Binda (POL)	Dr. Tomasz Łusiak (POL)
doc. Ing. Martin Bugaj, PhD. (SVK)	doc. Ing. Vladimír Němec, PhD. (CZE)
Ing. Jozef Čerňan, PhD. (SVK)	prof. Ing. Andrej Novák, PhD. (SVK)
Asoc. prof. Paweł Drożdziel (POL)	doc. JUDr. Ing. Alena Novák Sedláčková, PhD. (SVK)
prof. Andrzej Chudzikiewicz (POL)	Assoc. prof. Dr. Anna Stelmach (POL)
doc. Ing. Jaroslav Juračka, PhD. (CZE)	doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD. (SVK)
prof. Ing. Antonín Kazda, CSc. (SVK)	Ing. Filip Škultéty, PhD. (SVK)
doc. Ing. Branislav Kandra, PhD. (SVK)	prof. Vojin Tomic (SRB)
doc. Ing. Jakub Kraus, PhD. (CZE)	doc. Ing. Anna Tomová, PhD. (SVK)
Assoc. prof. Dr. Jrosław Kozuba (POL)	Ing. Jan Zýka, Ph.D. (CZE)
doc. Ing. Peter Vittek, PhD. (CZE)	doc. Ing. Jakub Hospodka, Ph.D. (CZE)
doc. Ing. Bc. Vladimír Socha, PhD. (CZE)	Dr. N. Vijaya Kumar (India)

ORGANIZAČNÝ VÝBOR KONFERENCIE

Mgr. Juliana Blašková

GRAFICKÁ ÚPRAVA

Ing. Matúš Materna, PhD.

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

OBSAH

OBSAH.....	4
FUTURE PROSPECTS FOR SINGLE EUROPEAN SKY.....	5
PERFORMANCE BASED NAVIGATION IN GENERAL AVIATION AIRPLANES.....	9
OCCURRENCE CLASSIFICATION SYSTEM PROPOSAL FOR ENGINE UNITS.....	17
PERFORMANCE BASED NAVIGATION IN GENERAL AVIATION AIRPLANES.....	21
PROPOSAL OF MEASURES TO SOLVE SECURITY ISSUES PROCESSES OF AIR MAIL TRANSPORT	25
THE REQUIREMENTS FOR ESTABLISHING A HANDLING COMPANY – BASIC INSIGHT AND FINANCIAL ANALYSIS	30
ANS CR AND LPS SR: COMPARISON OF COMMERCIALIZATION APPROACHES.....	35
ELECTRONIC FLIGHT BAG USED IN THE FLIGHT SCHOOL LVVC.....	39
THE OCCURRENCE OF DANGEROUS WEATHER PHENOMENA FOR THE AVIATION DURING THE YEAR AT THE AIRPORT ŽILINA.....	44
EFFICIENCY OF PILOT TRAINING	47
DESIGN AND LAYOUT OF INFILLS IN 3D PRINTED WINGS IN RELATION TO OPTIMAL LIGHTWEIGHT	52
UAV TECHNOLOGY IN THE PROCESS OF ACCURATE FIRE LOCALIZATION & MONITORING OF BUILDINGS.....	56
RESEARCH OF HAPTIC FEEDBACK FOR PILOT GUIDANCE USAGE.....	62
REQUIREMENTS ON VFR AERODROME LIGHTING SYSTEMS	65
AVIONICS EQUIPMENT RETROFIT FOR GENERAL AVIATION AIRPLANES	70
MATERIALS SURFACE INSPECTION WITH EDDY CURRENT ARRAY METHOD.....	73
BONDED CRACK RETARDERS: A REVIEW.....	77
SAFETY ASPECTS OF POWER UNIT OF SINGLE-ENGINE TURBOPROP AIRCRAFT.....	82
FINANCING OF AIR TRANSPORT IN CONTEXT OF EUROPEAN UNION LEGISLATION: CASE STUDY OF SLOVAK REGIONAL AIRPORTS.....	86
PROFESSIONAL TECHNICAL EVALUATION OF EMPLOYEES FOR THEIR INCORPORATION IN THE INDUSTRY 4.0.....	92

FUTURE PROSPECTS FOR SINGLE EUROPEAN SKY

ASPEKTY BUDÚCEHO VÝVOJA JEDNOTNÉHO EURÓPSKEHO NEBA

Miroslav Bartoš

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
miroslav.bartos@lps.sk

Andrea Brezoňáková

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
ada.brezonak@gmail.com

Benedikt Badánik

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

Abstract

This paper provides an overview of future prospects for Single European Sky as outlined by the Wise Persons Group. It reflects the fact that today's ATM system in Europe is lacking seamlessness for which it was primarily designed. The paper describes recommendations of the Group for the path that European ATM should follow in the very near future, in order to perform better in terms of operational and economical effectiveness.

Keywords

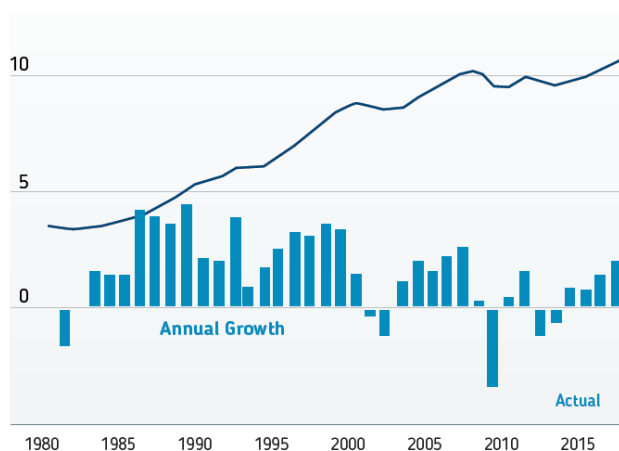
Single European Sky, future concept of operations, air traffic management, air navigation service provider

1. Úvod

Vznik konceptu tzv. jednotného európskeho neba (SES) sa datuje späť do roku 2004. Cieľom konceptu je zefektívniť tok a riadenie letovej prevádzky v Európe s ohľadom na bezpečnosť, kapacitu, finančnú efektívnosť a životné prostredie. Tieto požiadavky sú stále aktuálne aj v súčasnosti. Je možné konštatovať, že koncept jednotného európskeho neba už do veľkej miery prispel k zlepšeniu vo viacerých z menovaných oblastí. Na druhej strane však platí, že mnohé z oblastí sa od doby, kedy bol koncept spustený zmenili a v súčasnosti narážajú na nové problémy. (Wise Persons Group, 2019)

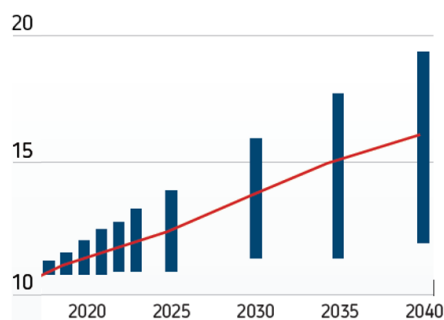
2. Súčasná situácia

Jedným z najvypuklejších problémov súčasného manažmentu letovej prevádzky (ATM) je nedostatočná kapacita. V kombinácii s kontinuálne narastajúcim objemom leteckej dopravy v Európe spôsobuje výrazné meškania letov, ktoré dosahujú najvyššiu úroveň za posledných desať rokov.



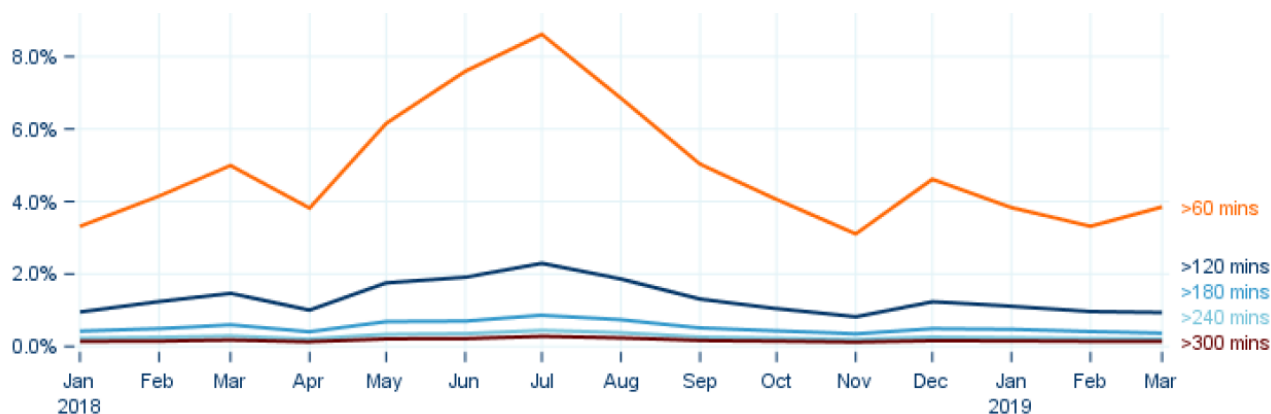
Obrázok 1: Skutočný nárast počtu letov v Európe [v miliónoch letov] (Zdroj: Eurocontrol, 2018).

(Wise Persons Group, 2019) považuje prudký nárast objemu leteckej dopravy v Európe spolu s fragmentáciou vzdušného priestoru a nedostatočnou kapacitou za aktuálne výzvy, ktorým čelí manažment letovej prevádzky v Európe v súčasnosti. Do roku 2040 sa očakáva nárast objemu leteckej dopravy na cca. 16 miliónov letov ročne, čo je nárast o 53% v porovnaní s rokom 2017. (Eurocontrol, 2018)



Obrázok 2: Odhadovaný nárast počtu letov v Európe [v miliónoch letov] (Zdroj: Eurocontrol, 2018).

Ak by nedošlo k zväčšeniu súčasnej kapacity systému ATM, znamenalo by to, že by muselo byť odmietnutých cca. 1,5 milióna letov ročne. Ďalšou aktuálnou výzvou, ktorou je v súvislosti s úvahami o efektívne fungujúcom koncepte jednotného európskeho neba potrebné sa zaoberať je fragmentácia vzdušného priestoru. Tá je daná najmä vysokým počtom poskytovateľov služieb riadenia letovej prevádzky (ANSP) a ich územnou pôsobnosťou vymedzenou geografickými hranicami jednotlivých krajín. Problémom súčasnosti je aj nedostatočná kapacita systému ATM, spôsobujúca nárast meškaní. V roku 2018 bol napríklad zaznamenaný disproporčný nárast meškaní v porovnaní s nárastom objemu leteckej dopravy. Kým počet letov vzrástol len o 14%, meškania narástli až o 273%. (Central Office for Delay Analysis (CODA), Eurocontrol, 2019)



Obrázok 3 Podiel meškajúcich letov na odlete [v %] (Zdroj: Eurocontrol, 2019).

V prvom štvrtroku 2019 došlo k poklesu podielu letov s tzv. dlhými meškami (presahujúcimi 60 minút a na obrázku 3 zvýraznenými oranžovou farbou) v porovnaní s prvým štvrtrokom 2018 zo 4,2% v roku 2018 na 3,7% v roku 2019. (EUROCONTROL, 2019)

Okrem toho sú z kapacitného hľadiska prekážkou aj nedostatočná flexibilita plánovania počtu riadiacich (ATCO) a používané technológie. V programe SESAR bolo síce vyvinutých niekoľko nových konceptov a technológií, ale ich zavádzanie do praxe nie je dostatočne rýchle. Je to spôsobené najmä chýbajúcimi prevádzkovými štandardmi. Chýba aj lepší regulačný rámec, ktorý by zlepšoval zavádzanie nových technológií do praxe a prispieval by k zmenšovaniu fragmentácie európskeho vzdušného priestoru. Ďalšou výzvou, ktorej systém ATM čelí sú nové druhy lietajúcich prostriedkov (najmä bezpilotných) a nové typy lietadiel, ktoré budú musieť byť bezpečne integrované vo vzdušnom priestore. V neposlednom rade je nutné sa vážne zaoberať aj otázkou negatívneho vplyvu leteckej dopravy na životné prostredie. Odvetvie leteckej dopravy je pod neustálym kontinuálnym tlakom na znižovanie emisií CO₂. Tu je nutné konštatovať, že neefektívne fungujúci systém ATM emisie naopak zvyšuje. Ako príklad je možné uviesť všetky lety, ktoré letia dlhšími, teda neoptimálnymi traťami.

Otázkou zostáva, akou cestou by sa mal koncept SES uberať v budúcnosti, aby priniesol čo najpraktickejšie a reálne prevádzkové zlepšenia tak pre poskytovateľov služieb ATM ako aj pre cestujúcich.

3. Vízia budúceho systému ATM v Európe

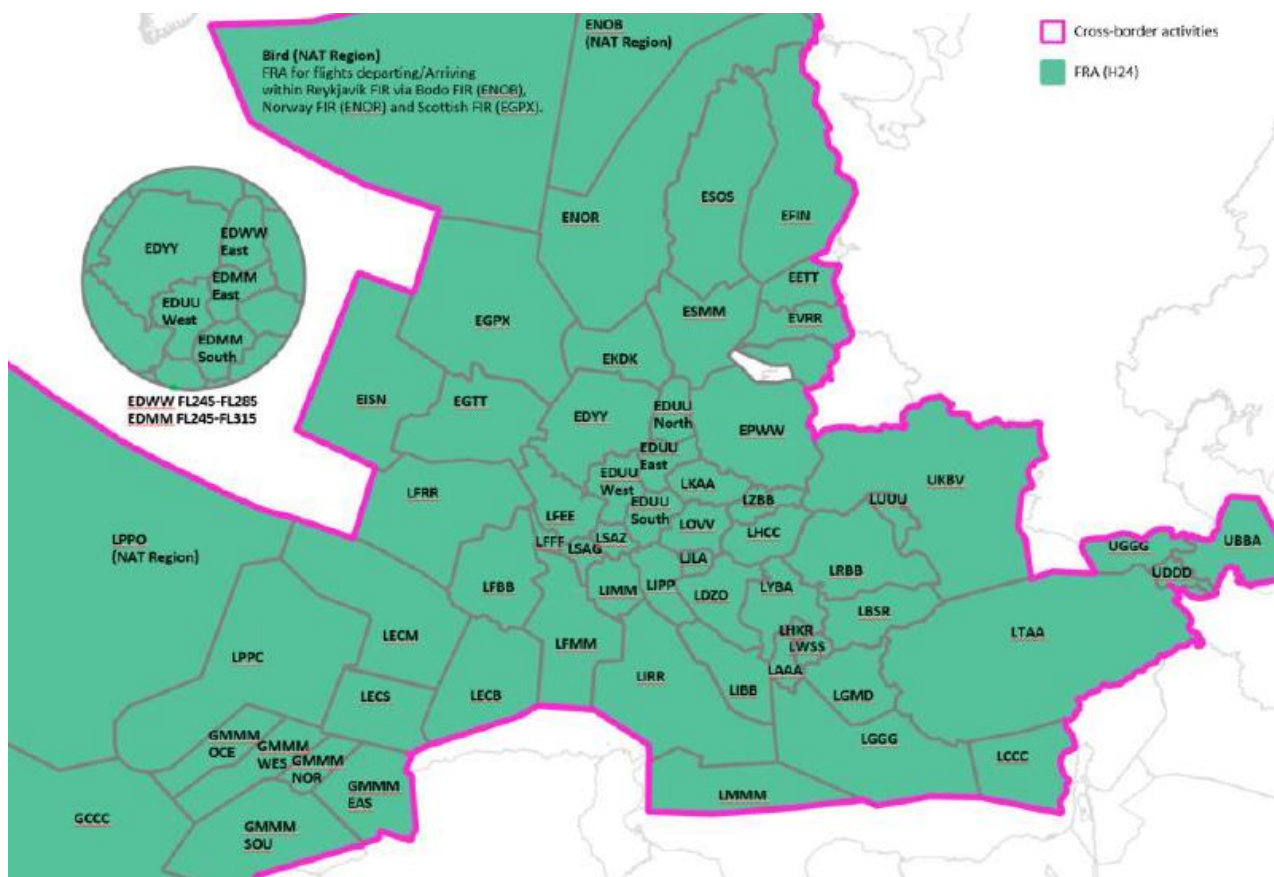
Vízia (Wise Persons Group, 2019) popisuje budúci systém ATM v Európe ako koncept jednotného európskeho neba zameraný na zákazníka, ktorý zohľadňuje budúci dopyt po leteckej doprave a rešpektuje životné prostredie. Prioritou tejto vízie je jednoznačne bezpečnosť cestujúcich a ochrana pred činní protiprávneho zasahovania voči civilnému letectvu.

Systémy ATM budú v budúcnosti podstatne viac závisieť na využívaní digitálnych technológií a na prístupe k dátam. To znamená, že kybernetická bezpečnosť bude podstatne dôležitejšia vo vzťahu k ATM. Bude preto veľmi dôležité, aby sa kybernetickej bezpečnosti a robustnosti počítačových systémov

venovala náležitá pozornosť už pri navrhovaní nových technologických riešení.

Čo sa týka životného prostredia, aj tu sa od budúceho systému ATM v Európe očakáva, že umožní prevádzkovateľom lietať optimálne trate, ktorých využívanie nebude prehlbovať negatívne dopady na životné prostredie. So zvyšujúcim sa dopytom po leteckej doprave bude tiež dôležité, aby bol európsky systém ATM spravovaný ako kompaktný systém zameraný na čo najplynulejšiu prepravu cestujúcich.

Z hľadiska kapacity systému bude v budúcnosti nutné vytvoriť taký systém, ktorý bude schopný prispôbovať svoju kapacitu aktuálnemu dopytu. To je vec, ktorá je v súčasnosti zásadne ovplyvňovaná dvomi oblasťami: počtom dostupných sektorov vzdušného priestoru a počtom riadiacich s príslušnou kvalifikáciou na riadenie prevádzky v daných sektoroch. Európsky systém ATM trpí v súčasnosti niekoľkými nedostatkami, ktoré bránia pružnejšiemu prispôbovaniu kapacity systému aktuálnemu dopytu. Prvým problémom je výcvik riadiacich na príslušný sektor a relatívne vysoká časová náročnosť tohto výcviku. Ďalším problémom je, že jednotlivé sektory nie je možné deliť viac krát, aby sa prispôbili dopytu. Na strane dopytu je niekedy problémom plánovanie a vykonávanie letov zo strany leteckých spoločností. Vo všeobecnosti platí, že letecké spoločnosti plánujú svoje letové poriadky s predstihom šesť mesiacov resp. jeden rok. V skutočnosti sa však často stáva, že lety nevykonávajú presne podľa naplánovaného poriadku, ale ich prispôbujú aktuálnemu dopytu a letový poriadok menia na poslednú chvíľu. To spôsobuje, že aktuálny dopyt nie je možné s určitou predvídať a preto poskytovatelia leteckých navigačných služieb nedokážu presne naplánovať požadovanú kapacitu. A ak je naplánovaná kapacita nízka, vznikajú meškania. Naopak, ak je naplánovaná kapacita vyššia, vznikajú vyššie náklady. Preto je veľmi potrebné, aby budúci systém ATM v Európe bol flexibilnejší a dokázal by kapacitu prispôbovať aktuálnemu dopytu. Napomôcť tomu môže aj lepšia predvídateľnosť dopytu. To sa týka najmä leteckých spoločností, od ktorých sa očakáva, že poskytovateľom leteckých navigačných služieb poskytnú presnejšie informácie o plánovaných letoch a spôsobe ich vykonania.



Obrázok 4: Vizualizácia tzv. Free Route Airspace po roku 2025 (Zdroj: Network Manager, Eurocontrol, 2018).

Ďalšou kľúčovou oblasťou, ktorá pomôže zlepšiť schopnosť prispôsobovania kapacity systému ATM aktuálnemu dopytu sú nové technológie. Podľa (SESAR Joint Undertaking, Network Manager, 2018) by nový systém ATM v Európe mal:

- podporovať rozvoj kapacity ATM tak, aby bolo možné vyhovieť všetkým požiadavkám prevádzkovateľov na využitie vzdušného priestoru v danom čase a aby sa zabezpečila čo najvyššia efektívnosť a bezpečnosť všetkých letov,
- umožniť, aby všetky lety vo vzdušnom priestore ECAC mohli byť vykonané po užívateľmi preferovaných tratiach,
- podporovať optimálne využívanie prostriedkov ATM a umožniť znižovanie nákladov na poskytovanie služieb ATM pre užívateľov vzdušného priestoru a pre celú spoločnosť,
- zabezpečiť zvýšenú odolnosť systému voči všetkým hrozbám z hľadiska bezpečnosti, efektívnosti a kapacity,
- a zabezpečiť jednoduchý prístup vojenským aj civilným používateľom k využívaniu vzdušného priestoru.

(Wise Persons Group, 2019) tvrdí, že nový európsky systém ATM by mal byť viac trhovo orientovaný. To znamená, že ekonomická regulácia trhu by sa mala uplatňovať iba v prípade, ak sú neúčinné trhové mechanizmy. Už aj v minulosti bol napríklad badateľný trend liberalizácie poskytovania približovacej a letiskovej služby riadenia. Nórske ministerstvo dopravy a spojov sa napríklad zaoberalo myšlienkou otvorenia trhu pre poskytovanie približovacej a letiskovej služby riadenia na

viacerých letiskách v krajine ako napr. v Oslo, Bergen, Stord, Stavanger, Trondheim, Tromso a pod. (Helios Technology, 2015) Očakáva sa, že takýto prístup urýchli transformáciu celého systému na viac digitalizovaný a virtuálny systém, ktorý v budúcnosti nebude podliehať zvyšujúcej sa ekonomickej regulácii.

Pracovná skupina (Wise Persons Group, 2019) vypracovala návrh desiatich odporúčaní, ktoré by mali pomôcť zlepšiť fungovanie budúceho systému ATM v Európe. Zatiaľ čo implementácia niektorých odporúčaní si nebude vyžadovať zásadnejšie legislatívne zmeny, niektoré odporúčania bude možné implementovať až po prijatí nových legislatívnych opatrení.

4. Odporúčania pre budúce usporiadanie jednotného európskeho neba

Odporúčanie 1: Potvrdiť a posilniť úlohu EUROCONTROL Network Manager pri riadení služieb a siete ATM v Európe vrátane spravovania infraštruktúry a kapacity na základe štandardizovaných technológií. Zároveň je potrebné jednoznačne rozdeliť zodpovednosť za prevádzku medzi Network Managera a národných poskytovateľov leteckých navigačných služieb.

Odporúčanie 2: Plne prevádzkovo integrovať letiská do siete ATM na základe koordinácie tzv. plánu prevádzky siete ATM (NOP) a plánu prevádzky letísk (AOP) s využitím spoločných rozhodovacích postupov (CDM).

Odporúčanie 3: Implementovať koncept tzv. digitálneho európskeho vzdušného priestoru na základe schváleného časového harmonogramu, ktorý vychádza z odporúčaní opísaných v Airspace Architecture Study (SESAR Joint Undertaking, Network Manager, 2018), vytvorenej Infrastructure Managerom, zabezpečujúcim odolnosť systému.

Odporúčanie 4: Vytvoriť trh pre poskytovateľov dátových služieb v oblasti ATM, na základe odporúčaní (SESAR Joint Undertaking, Network Manager, 2018).

Odporúčanie 5: Využívať plán výkonnosti na podporu digitalizácie leteckých navigačných služieb a využívať verejné zdroje len v nevyhnutnom prípade.

Odporúčanie 6: Napomáhať prechodu na tzv. digitálne európske alebo prostredníctvom revízie požiadaviek na licencovanie a výcvik riadiacich letovej prevádzky za účasti zástupcov zamestnancov poskytovateľov leteckých navigačných služieb.

Odporúčanie 7: Vytvoriť silný, nezávislý a technicky kompetentný orgán hospodárskej regulácie na európskej úrovni.

Odporúčanie 8: Zjednodušiť a posilniť hospodársku reguláciu a zároveň sa opierať o trhovo orientovaný prístup.

Odporúčanie 9: Vytvoriť čo najplynulejší systém horného vzdušného priestoru vrátane spoločného spôsobu spoplatňovania.

Odporúčanie 10: Motivovať letiská, aby letiskovú službu riadenia obstarávali prostredníctvom tendrov v prípade, že je to z prevádzkového hľadiska možné a výhodné pre užívateľov letiska.

5. Záver

Je zrejmé, že na budúci systém ATM v Európe budú kladené nové, prísnejšie požiadavky súvisiace s redukcovaním negatívnych dopadov leteckej dopravy na životné prostredie, so zvyšovaním ekonomickej a prevádzkovej efektívnosti, digitalizáciou služieb a prevádzkovou odolnosťou a spoľahlivosťou používaných technológií.

Dokumenty Airspace Architecture Study (SESAR Joint Undertaking, Network Manager, 2018) a Action paper on Alignment of FAB CE Strategy with Airspace Architecture Study (Alliance, FAB CE Airspace, 2019) sa zhodujú na potrebe posilnenia úlohy tzv. Network Managera pri implementácii koncepcie Single European Sky a na striktnom vymedzení práv, povinností a rozsahu zodpovednosti jednotlivých národných poskytovateľov leteckých navigačných služieb.

PodĎakovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **VEGA 1/0006/17** s názvom „*Ekonomická integrácia európskeho vzdušného priestoru ako štrukturálny a regulačný problém*“.

Referencie

Alliance, FAB CE Airspace, 2019. *Action paper on alignment of fab ce strategy with airspace architecture study.*

Central Office for Delay Analysis (CODA), Eurocontrol, 2019. *All-causes Delay to Air Transport in Europe*, s.l.: Network Manager, Eurocontrol.

Eurocontrol, 2018. *European Aviation in 2040: Challenges of growth*, Brussels: Eurocontrol.

Eurocontrol, 2019. *CODA DIGEST Q1 2019.*

Havel, K., Balint, V., Novak, A., 2017. A number of conflicts at route intersections - Rectangular model. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 19(2), s. 145-147.

Helios Technology, 2015. *Study into Air Navigation Services to be opened to Competition in Norway: Part 1.*

Network Manager, Eurocontrol, 2018. *Airspace Architecture Study Annex - Simulations conducted by the Network Manager.*

SESAR Joint Undertaking, Network Manager, 2018. *Airspace Architecture Study*. s.l.: Directorate-General for Mobility and Transport, Unit Single European Sky, European Commission.

SESAR Joint Undertaking, Network Manager, 2019. *A proposal for the future architecture of the European airspace - At a glance.*

Tomová, A., 2016. Are commercial revenues important to today's European air navigation service providers?. *Journal of Air Transport Management*, Issue 54, s. 80-87.

Wise Persons Group, 2019. *Report of the Wise Persons Group on the Future of Single European Sky*, s.l.: European Commission, DG MOVE.

PERFORMANCE BASED NAVIGATION IN GENERAL AVIATION AIRPLANES

Radim Bradáč

Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Horská 3
128 03 Prague 2
bradarad@fd.cvut.cz

Jakub Kraus

Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Horská 3
128 03 Prague 2
kraus@fd.cvut.cz

Abstract

This paper addresses the implementation of Performance Based Navigation into general aviation aeroplanes, especially from the perspective of flying personnel. At first, theoretical analysis is made to clarify newly introduced legislation, and the biggest differences in construction of procedures from conventional navigation are stated. From perspective of the flight crew, new training is required to qualify to fly PBN procedures. As a result, there is a need for a methodology of PBN procedures flying in the form of —good practices—, independent of the aircraft type. It is obvious that such a methodology would be highly dependent on the navigational system used, so the most commonly used avionics system in the Czech Republic is found out. The last part focuses on the usage of PBN in the Czech Republic compared to other states in Europe and possibilities for future development are stated.

Keywords

Performance Based Navigation, PBN, RNAV, general aviation, GNS430, training

1. Introduction

Aeronautical navigation has seen a major development in recent years. In particular, it is linked to the development of satellite navigation systems that allows convenient positioning almost anywhere on the planet. Due to the availability of these resources, area navigation has evolved considerably in recent years. In the past few years, ICAO introduced the PBN concept, which unified terminology, legislation, equipment requirements, as well as flight crew training. An entirely new PBN flight crew qualification has been introduced, which will have to be part of every instrument rating in the future. This places new demand on flight crew training. While there is a lot of literature and materials available for general and conventional navigation, it is considerably limited in area navigation and is often outdated due to recent changes and the introduction of the PBN concept. This is particularly problematic when training flight crews, where those interested in obtaining instrument rating (or PBN only) do not have any complex material available. For this reason, the thesis dealt with the implementation of PBN navigation to general aviation airplanes, which are usually used for initial training to acquire PBN. The aim of the thesis was to create a comprehensive material for flying personnel in general aviation dealing with performance-based navigation.

2. Methodology

To achieve the goal of this work, the following points are followed.

2.1. Analysis of current legislation

Because performance-based navigation is a very broad term and can be used from non-commercial private operations, through commercial air transport to special operations, legislation on this subject is very comprehensive and difficult to orientate in. But the knowledge of the legislation is essential for

flying personnel. For this reason, only articles that are applicable to general aviation operations will be discussed in this section.

2.1.1. ICAO Annex 6

ICAO Annex 6 deals with aircraft operations. In the Czech environment, its equivalent is regulation L6. Given the focus of this work on general aviation, only L6 Part II, which deals with general aviation operations, will be taken into account.

Paragraph 2.5.2.1

An aeroplane shall be provided with navigation equipment which will enable it to proceed:

- a) in accordance with the flight plan; and*
- b) in accordance with the requirements of air traffic services; except when, if not so precluded by the appropriate authority, navigation for flights under the visual flight rules is accomplished by visual reference to landmarks.*

„Paragraph 2.5.2.4

2.5.2.4 In establishing criteria for operations where a navigation specification for PBN has been prescribed, the State of Registry shall require that the operator/owner establish:

- a) normal and abnormal procedures including contingency procedures;*
- b) flight crew qualification and proficiency requirements, in accordance with the appropriate navigation specifications;*
- c) training for relevant personnel consistent with the intended operations; and*
- d) appropriate maintenance procedures to ensure continued airworthiness, in accordance with the appropriate navigation specifications.” (ICAO Annex 6, Aircraft Operations, part II: change no.35/a12, 2018)*

„ Paragraph 2.5.2.5

The State of Registry shall issue a specific approval for operations based on PBN authorization required (AR) navigation specifications.” (ICAO Annex 6, Aircraft Operations, part II: change no.35/a12, 2018)

As the Czech Republic is part of the EU, European Union legislation is binding for operation. Legislation governing operations is generally based on the European Parliament and Council Regulation in the form of the so-called BR - Basic Regulations. "Old" Regulation No 216/2008 has been completely replaced by EC Regulation 2018/1139 - On Common Rules in the Field of Civil Aviation, on which new legislation is based since September 2018. In principle, this Regulation covers everything from airworthiness, through operations to eligibility of aerodromes or air traffic controllers.

Performance-based navigation is only dealt with in this Regulation in Part-SPA - Special Approvals. However, it is important to note that EC Regulation 965/2012 was amended in 2016 by EC Regulation 2016/1199 (Eur-lex.europa.eu, 2019) in the area of performance-based navigation and it is therefore necessary to apply this amendment.

„AMC 1 SPA.PBN.100 PBN Operations

a) An approval is required for each of the following PBN specifications:

(1) RNP AR APCH; and

(2) RNP 0.3 for helicopter operation.

b) An approval for RNP AR APCH operations shall allow operations on public instrument approach procedures which meet the applicable ICAO procedure design criteria.

c) A procedure-specific approval for RNP AR APCH or RNP 0.3 shall be required for private instrument approach procedures or any public instrument approach procedure that does not meet the applicable ICAO procedure design criteria, or where required by the Aeronautical Information Publication (AIP) or the competent authority.” (QCM s.r.o., 2019)

2.1.2. Directive EC (EU) no. 1778/2011

This directive addresses the competence of flight crew. Part I is the well-known Part FCL that regulates flight crew qualifications. In 2016, it was supplemented by a Directive 2016/539, which introduces new training and checking requirements for pilots flying PBN procedures. This regulation is therefore important for flying personnel.

„Article 4a

Performance-based navigation instrument rating privileges

1. Pilots may only fly in accordance with performance-based navigation (“PBN”) procedures after they have been granted PBN privileges as an endorsement to their instrument rating (“IR”).

2. A pilot shall be granted PBN privileges where he or she fulfils all of the following requirements:

(a) the pilot has successfully completed a course of theoretical knowledge including PBN, in accordance with FCL.615 of Annex I (Part-FCL);

(b) the pilot has successfully completed flying training including PBN, in accordance with FCL.615 of Annex I (Part-FCL);

(c) the pilot has successfully completed either a skill test in accordance with Appendix 7 to Annex I (Part-FCL) or a skill test or a proficiency check in accordance with Appendix 9 of Annex I (Part-FCL).

5. IR pilots without PBN privileges may only fly on routes and approaches that do not require PBN privileges and no PBN items shall be required for the renewal of their IR, until 25 August 2020; after that date, PBN privileges shall be required for every IR.”;“ (Eur-lex.europa.eu, 2019)

2.1.3. Summary

What results from the above stated parts of the regulation? At first, the airplane must be equipped with appropriate equipment - avionics, to allow flight in accordance with the filed flight plan and air traffic service requirements. As there is no more ATS route in the Czech Republic that would allow a flight without PBN (Lis.rlp.cz, 2019), it can be said that every aircraft operated in accordance with the instrument flight rules must be equipped with such an avionics.

Operational approval is no longer required for PBN operations, except the 2 cases stated above –instrument approaches that require the Authority's special approval (RNP APCH AR). Such an approach cannot be performed without the appropriate authorization. The other case considers helicopter operations, and is therefore out of the scope of this paper.

From the point of view of flight crew qualification, a PBN qualification for instrument rating has been introduced. To commence and IFR flight in accordance with PBN procedures, the crew must hold this valid qualification. After August 25, 2020, the PBN qualification will have to be part of every instrument rating.

2.2. Construction of tracks for PBN procedures emphasizing differences from conventional navigation

In order to increase the situational awareness of the flight crew, knowledge of the design of instrument flight procedures is important in order to know what protection of the aircraft from obstacles is ensured at each stage of flight. Because the PBN procedures are designed differently from conventional procedures, I consider it important to analyse their construction, and emphasize the

differences so that the crew is aware of how much protection from obstacles is provided at each stage of flight using PBN procedures.

The design of protective areas for instrument flight procedures is dealt with in ICAO Doc 8168 Part II, which, however, has not been fully translated into Czech language, it is very comprehensive and is, due to its complexity, intended rather for specialist that design the flight procedures. However, this topic is very complex and has been fully covered in my thesis - only

the basic principles of PBN procedures constructions will be covered in this chapter.

Unlike at conventional radio-navigation devices, the navigational error does not increase with distance from the station at area navigation systems. The position in space is continually known, calculated by the navigational computer, and is burdened a certain error given by the nature of the particular system. It is thus clear that the protective areas will also be defined in a different way from conventional radio-navigation aids. The basis for the design of the protective areas are some "new" parameters: XTT - Cross-track tolerance and BV - Buffer Value, ATT - Along-track tolerance and a resulting 1/2 AW - Area Semi-width.

XTT values are derived from the maximum total system error (TSE) of the navigation system based on 95% probability. (Performance-based navigation (PBN) manual, 2009) This error is defined in the transverse axis (from the track – i.e. cross track) as the difference between the intended and actual aircraft trajectory.

Buffer value adds additional margin to the XTT values, and is different for each flight phase – see tables number 1, 2 and 3.

The ATT indicates the maximum value between the intended and actual position of the aircraft in the along-track axis. This value is especially important when passing between sections with different protective space widths. It is depicted on figure 1.

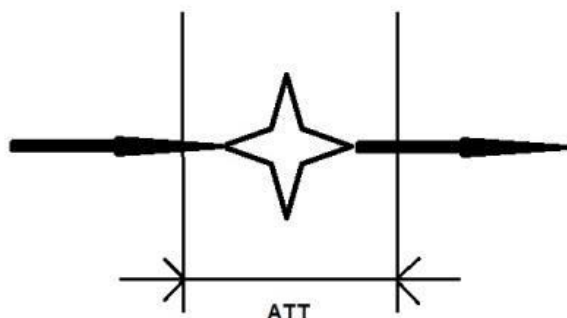


Figure 1: Representation of the ATT fix tolerance (Source: Authors).

I must point out that these variables will not be used in APV procedures based on SBAS or GBAS aids - the error components of such procedures are calculated equivalent to the ILS system and are therefore inherently angular.

It is now possible to define the width of the protective area. For PBN procedures, the symmetrical protective area is defined by the area semi-width. See figure number 2.

It is given as stated in Eq.1:

$$\frac{1}{2}AW = 1,5 * XTT + BV,$$

where 1/2 AW is distance of one half of the protective area, XTT is cross-track tolerance, and BV is buffer value.

The 1.5 XTT multiple corresponds to 3-sigma TSE, and thus covers 99.7% of the normal distribution of this error. (Performance-based navigation (PBN) manual, 2009)

In general, the principle of primary and secondary areas, as known from conventional navigation, are used in those PBN segments, where directional guidance is provided. On some types of legs (for example a course to height leg), a secondary area may also be applied, provided that the entire protective area diverges at 15 ° to both sides, to take account of the wind effect. (Procedures for Air Navigation Services — Aircraft Operations, 2014)

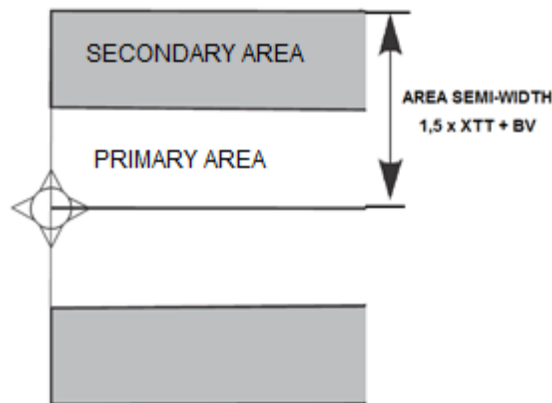


Figure 2: The meaning of 1/2 AW (Source: Authors).

2.2.1. Parameter values for GNSS

As I mentioned in the text above, because the XTT is based on TSE, the resulting values of the protective area width will depend on the navigation specification and on the sensor used. Since GNSS can be considered widespread and general aviation avionics systems are mostly based on GNSS signal reception, these values are stated below. Tables 5, 6 and 7 show the values for RNAV 5, RNAV 1 and RNP APPCH specifications. Values for other specifications can be found in ICAO Doc 8168, Part II.

Eq. 2,3: For system based on GNSS:

$$XTT = TSE$$

$$ATT = 0,8 * XTT$$

And the value of 1/2AW is calculated according to equation number 1. (Procedures for Air Navigation Services — Aircraft Operations, 2014)

Table 1: Values of XTT, ATT and 1/2 AW in nautical miles for RNAV 1 and RNAV 2 specification. (Procedures for Air Navigation Services — Aircraft Operations, 2014)

SPECIFICATION RNAV 1 AND RNAV 2 [NM]								
ENROUTE/STAR/SID (>30 NM from ARP)			STAR/IF/LAF/SID (<30 NM from ARP)			SID (<15 NM from ARP)		
XTT	ATT	1/2 AW	XTT	ATT	1/2 AW	XTT	ATT	1/2 AW
2.00	1.60	5.00	1.00	0.80	2.50	1.00	0.80	2.00

Table 2: Values of XTT, ATT, and 1/2 AW in nautical miles for RNAV 5 specification. (Procedures for Air Navigation Services — Aircraft Operations, 2014)

SPECIFICATION RNAV 5 [NM]		
ENROUTE/STAR/SID (> 30 NM od ARP)		
XTT	ATT	1/2 AW
2.51	2.01	5.77

Please note that the RNAV 5 specification can be used for standard arrival and departure routes, but only up to / from 30NM from ARP.

Table 3: Values of XTT, ATT, and 1/2 AW in nautical miles for RNP APCH specification. (Procedures for Air Navigation Services — Aircraft Operations, 2014)

SPECIFICATION RNP APCH [NM]											
IF/IAF/MISSED APPROACH (<30 NM from ARP)			FAF			MAPt LP/LPV only: initial missed appch			MISSED APPROACH (<15 NM from ARP)		
XTT	ATT	1/2 AW	XTT	ATT	1/2 AW	XTT	ATT	1/2 AW	XTT	ATT	1/2 AW
1.00	0.80	2.50	0.30	0.24	1.45	0.30	0.24	0.95	1.00	0.80	2.00

From these parameters and using principles stated above, all PBN procedures are being constructed.

2.3. Analysis of current use of PBN in general aviation

Due to the development of availability of satellite navigation systems, area navigation has evolved considerably in recent years in general aviation. Usually these systems are based only on the reception of GNSS signal, and in some cases of augmentation services. All these systems operate on a similar principle and are able to provide similar navigation services – from enroute guidance to LPV approach. Therefore I consider the analysis of particular avionics systems used to be superfluous.

Most European states are no longer publishing conventional navigation procedures, making it almost a necessity to be equipped with a RNAV system. However, as discussed in the regulatory requirements section, in order for the pilot to perform a PBN flight, he must, in addition to the instrument rating, hold a PBN qualification. But because PBN is a relatively new topic, unlike instrument flying itself, there are not enough study materials available for this topic. At the operator level, only standard operating procedures are usually available, but not the PBN flying methodology based on —good practice||, independent on type of aircraft flown. It is clear that such a methodology will be closely linked to the specific type of navigation system installed in the airplane. It is the aim of this paper to identify the most widely used avionics system in the Czech Republic, so that such a methodology is useful for as many pilots as possible, when it is being made.

2.3.1. Determining the most commonly used avionics

In order to determine the most widely used avionic system in general aviation in the Czech Republic, a questionnaire was created which was subsequently distributed to aircraft operators. This was the primary goal, but since the last part of this work has an international dimension, this questionnaire was supplemented with other questions and translated into German and English, and was sent out to Czech, German, Austrian, French, Spanish and Great Britain operators.

The aim of this questionnaire was to find out what avionics system is installed in each airplane, what type of organization is involved, and whether and how it provides training to obtain PBN, what number of aircraft it operates, if they are capable of performing IFR flights and, if so, which avionics are installed. The second part of the questionnaire asked whether the operator's home base is instrument, and if so, what types of approaches are published thereon. The final question distributed to operators in the Czech Republic was about whether they would welcome and use PBN-based approaches on uncontrolled airfield in the Czech Republic, or not.

From the above it is clear that in order to have a logical structure for the questionnaire, some questions had to be displayed only on the basis of previous answers and vice versa. The structure

of the questionnaire, together with the abbreviated version of the questions, is shown in Figure 3.

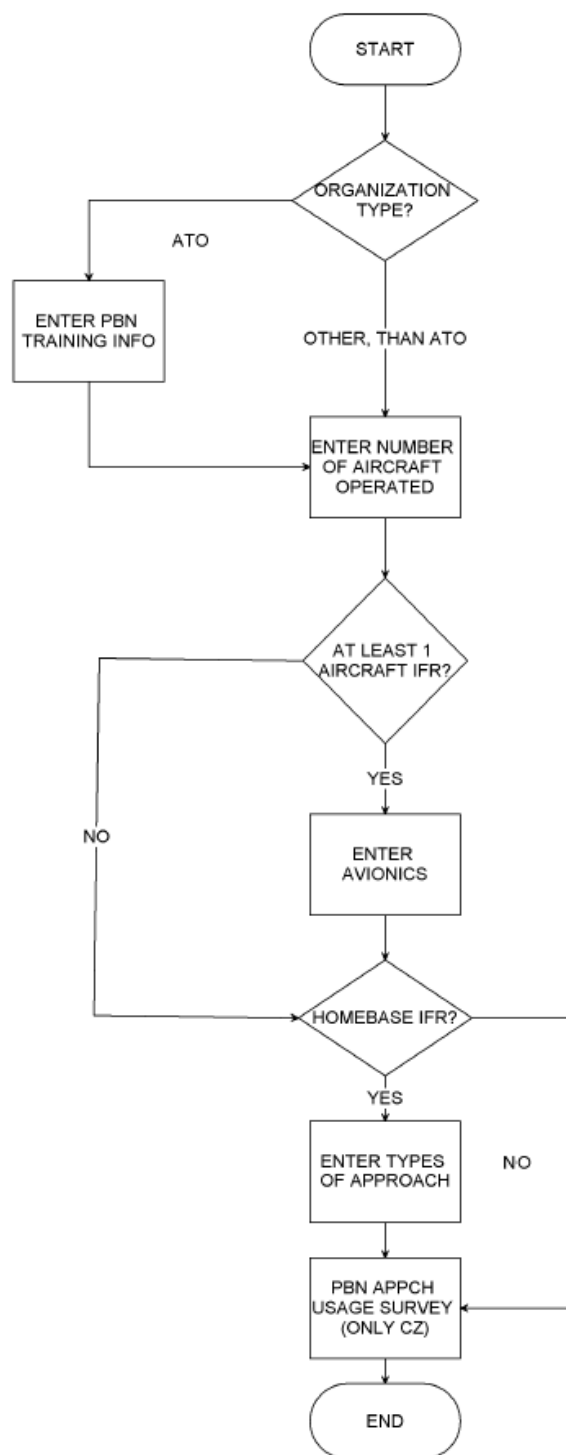


Figure 3: Structure of the questionnaire (Source: Authors).

2.3.2. Questionnaire evaluation

The questionnaire was created on the Google Forms platform and was subsequently sent by e-mail to aircraft operators. A total of 96 operators were addressed. Data collection took place from January 5, 2019 to April 4, 2019.

A total of 14 respondents from the Czech Republic, 5 from the Federal Republic of Germany, 3 from Austria, 1 from Switzerland and 2 from the UK completed the questionnaire. Operators from other countries did not participate in the survey. In total, 25 respondents participated. The percentage and home country of the respondents is shown on Figure 4.

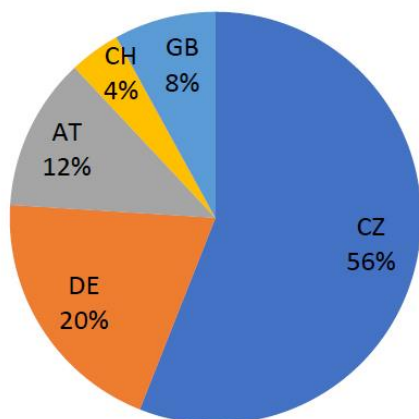


Figure 4: Percentage of respondent's home countries (Source: Authors).

Since this part is focused on conditions in the Czech Republic, only respondents from the Czech Republic were selected as relevant to determine the most used avionics.

There were 29 ATOs - approved training organizations - that were authorized to provide IR (A), EIR (A) or IRI (A) training in the Czech Republic on 31.3.2019. (QCM s.r.o., 2019) 14 respondents out of 29 organizations make 48% of the total. However, it should be noted that although some organizations are authorized to provide such training, they do not physically provide it for technical or organizational reasons. Therefore, I consider the data obtained to be relevant.

2.3.3. Evaluation of responses

Answers to individual questions will be evaluated in this part depending on the home country of the respondent. Answers from Austria and Switzerland are always shown in one graph for illustration.

What approval do you (does your organization) have?

Respondents from the Czech Republic replied that 11 operated under ATO, 1 under the AOC, 1 as ATO, under the AOC as well as in private operation and 1 as ATO + SPO.

Respondents from Austria, Germany, and Switzerland said they were operating under ATO approval.

UK respondents said they were private operators.

How many aircraft do you operate?

Operators who participated in the Czech Republic together operate 153 aircraft, from Germany 57 aircraft, from Austria 21, from Switzerland 10 and from Great Britain 11 aircraft.

Is at least one aircraft certified for IFR?

As mentioned above, only operators providing some form of instrument flight training were asked this question to obtain

relevant answers. Nevertheless, two operators have replied that they have no aircraft capable of performing IFR flights. This confirms the above statement that not all operators authorized to provide IR (A) or EIR (A) training provide it physically.

What avionics are installed in your aircraft?

This question was displayed only to respondents who had at least 1 aircraft capable of IFR flights.

In the Czech Republic, 7 operators reported using only the GNS430/530 system, 3 operators only the G1000 system, 2 operators using the GNS430/530, and the G1000 and 1 reported the use of G1000, GTN650 and GTN750 systems.

In Germany, 2 operators said they only use the G1000 system, 1 the G1000, GTN650, GTN750, GNS430/GNS530, Avidyne, 1 operator G1000, GTN650, GTN750, GNS430, GNS530, IFD 540/440 and 1 operator stated that the airplane is not capable of area navigation.

In Austria one operator stated that he only uses GNS430/530 avionics, 1 reported G1000, GTN650, GTN750, GNS430, GNS530 were all being used, and 1 stated that none of his airplanes are IFR certified. The respondent from Switzerland reported GNS430/530 as the system used.

In the UK, 1 respondent said his aircraft are equipped with the avionics G1000, GTN650, GTN750, GNS430, GNS530 and 1 said that none of his airplanes are equipped for IFR flights.

In order to keep the questionnaire simple and thus to obtain relevant data from respondents, it was not required to indicate the number of built-in pieces of a particular avionics, but only the information which avionics are being used by the operator. As a result, I did not get information about the absolute number of built-up pieces of a particular avionics, but only the information which system is used by the given operator. Thus, the following graphs do not show the percentage of a given number of avionics installed, but their percentage of use across operators in different countries. See figure 5.

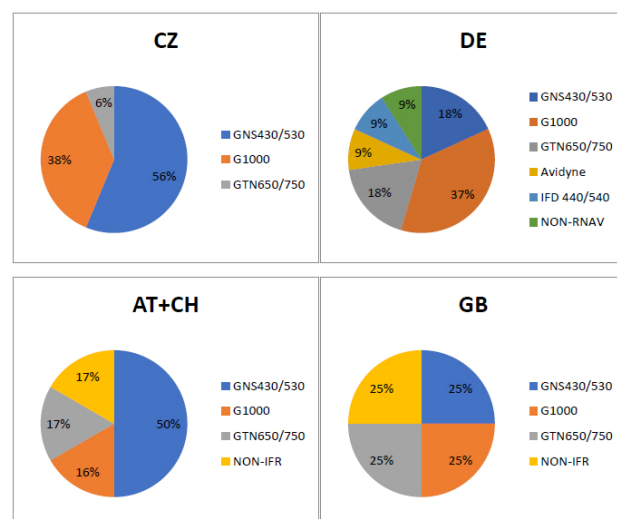


Figure 5: Representation of individual avionics in different countries (Source: Authors).

Do you provide training for PBN qualification?

This question was displayed only if the respondent indicated ATO/DTO as a type of operating approval.

In the Czech Republic, 6 operators stated that they provide PBN training included in training to obtain IR qualifications and separately, 3 operators stated that they only provide it as part of IR qualification training and 2 operators indicated that they do not provide it at all. 3 did not mention.

In Germany, all operators have stated that they provide PBN training independently, as well as a part of a training to obtain IR qualification.

In Austria, 2 operators have stated that they provide PBN training independently, as well as a part of a training to obtain IR qualification, and 1 operator does not provide such training at all. In Switzerland, the respondent stated that he / she provides PBN training both within IR qualification training and independently.

Is there at least one instrument approach procedure published at your home base?

In the Czech Republic, 10 respondents reported that no instrument approach procedures are published at their home airport and only 4 reported that it is published. This, however, correlates with the ratio of instrument and non-instrument airports in the Czech Republic.

In Germany, 1 respondent reported that an instrument approach procedure is published at his home airport and 4 said it isn't.

In Austria, 1 respondent reported that an instrument approach procedure is published at his home airport and 2 said it isn't. The Swiss operator had stated that no instrument approach procedure is published at his homebase.

Both UK respondents have reported that no instrument approach procedure is published at their home airport.

The answers are illustrated on figure number 6.

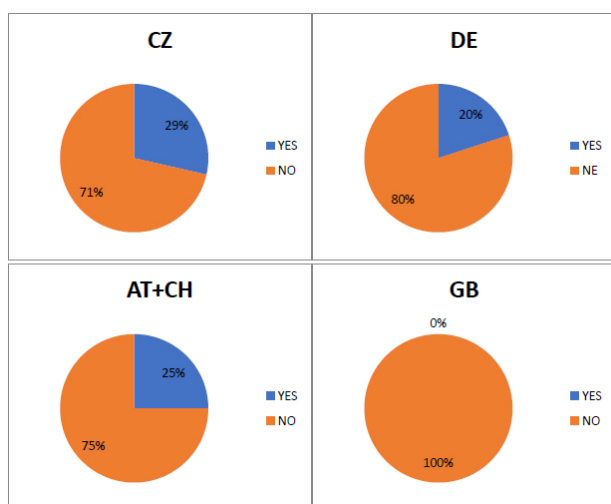


Figure 6: Publication of instrument approach procedures at home airports in different countries (Source: Authors).

What procedure(s) are published?

This question was displayed only to respondents who stated that at least one instrument approach procedure is published at their home aerodrome.

All 4 respondents from the Czech Republic reported that procedures for precision instrument approach, non-precision instrument approach based on conventional navigation aids and some form of PBN (RNP) approach are published at their airport.

A respondent from Austria stated that only the RNP APCH procedure is published at "his" airport.

The German operator said the precision approach procedure and RNP APCH procedure are published at his home airport.

From an aircraft operator's perspective - would you welcome the introduction of instrument approach procedures at uncontrolled airports in the Czech Republic?

This question was included in the questionnaire to survey the demand among operators for this type of approach at uncontrolled airfields in the Czech Republic. 7 respondents stated that they certainly would, 4 respondents replied rather yes, 2 respondents rather not and no respondent certainly not.

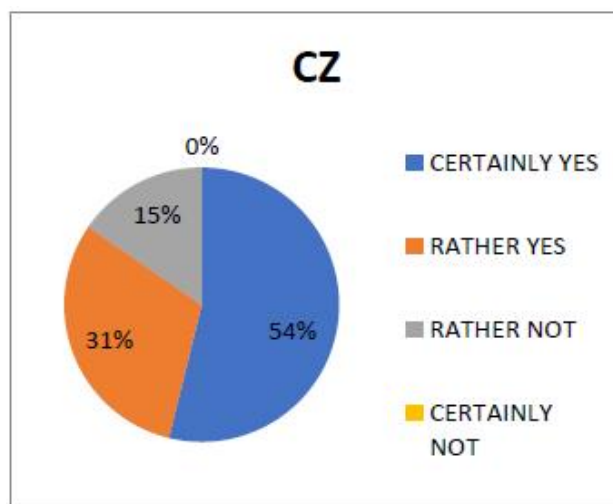


Figure 7: Survey of demand for PBN based approaches at uncontrolled airports in the Czech Republic (Source: Authors).

2.4. Current and future possibilities of PBN usage in the Czech Republic and Europe

As can be seen from the first general chapters of this work, performance-based navigation has been a topic of recent years and is experiencing enormous growth in general aviation airplanes. As an interesting chapter of this work, I consider comparing the possibilities of using PBN procedures in the Czech Republic and other European countries and thinking about the possibilities for future development from the perspective of general aviation operations.

As the questionnaire sent to aircraft operators in this work offers international overlap, data from foreign operators are also available.

As can be seen from previous chapter, the most widely used avionics system in the Czech Republic is GNS430/530. Abroad, the system is also heavily represented, but other, newer, avionics systems, such as the Garmin GTN650/750, are more

represented than in Czech. The Garmin G1000 system, which is a "glass-cockpit" avionics solution, is also more widely represented abroad. In the Federal Republic of Germany, a larger number of avionics from different manufacturers were represented - besides various Garmin models or Avidyne IFD440/540 avionics, 1 operator even stated that none of his aircraft are capable of area navigation. From the obtained data it can be generally stated that more modern avionics are available in selected foreign countries than in the Czech Republic, however the GNS430/503 system is still very widespread.

As far as PBN training is concerned, 71% of ATO-licensed operators stated that they are providing PBN training. The Czech Republic does not stand out in this respect, with 65% of respondents saying they provide this training. Thus, it can be stated that most of the approved training organizations are ready to fulfill the mandatory PBN qualification requirement by August 25, 2020.

Most respondents (81%) reported that no instrument approach procedure was published at their airport. Given the nature of general aviation, where most traffic is from unpaved uncontrolled airports, this is as expected.

Respondents at whose airport instrument approach procedures are published said that the RNP approach was always published, one respondent from Austria even reported that only RNP approach was published at his airport.

The advantage of a RNP approach is the fact that no new ground equipment is required to be installed. Once the relevant regulatory requirements are met, such an approach can also be published to an uncontrolled airport. Eggenfelden airfield - EDME - is an example. Class F airspace and radio mandatory zone are published around the airport and AFIS is provided. This procedure has even LPV minima published, see Figure 8.

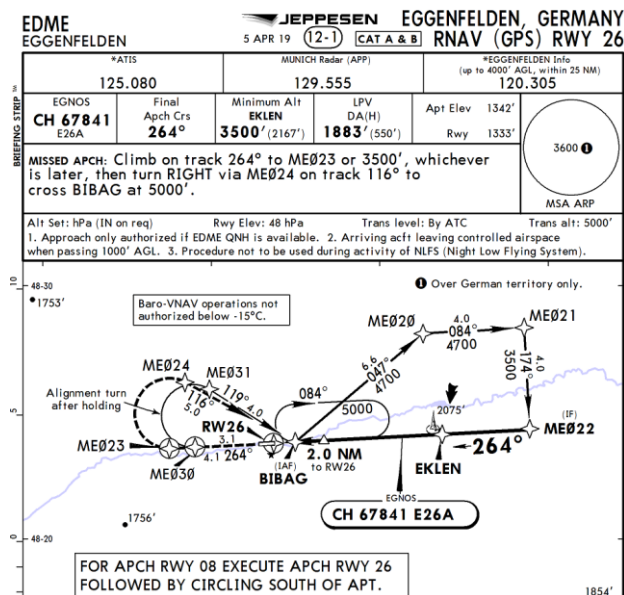


Figure 8: RNP approach at Eggenfelden airport (Source: Authors).

In the Czech Republic, such an approach to an uncontrolled airport is not yet published [3]. A special question was included in the questionnaire to determine the demand among operators

in the Czech Republic for such an approach. 85% of operators said they would welcome the introduction of such approaches.

Figure 9 shows the availability of the LPV approach in 24 hours, i.e. the percentage of time that the relevant integrity parameters have been met. It can be stated that in Western and Central Europe the system was available for 99% or more of the time in the reporting period. Technically, the design of these approaches is not limited.

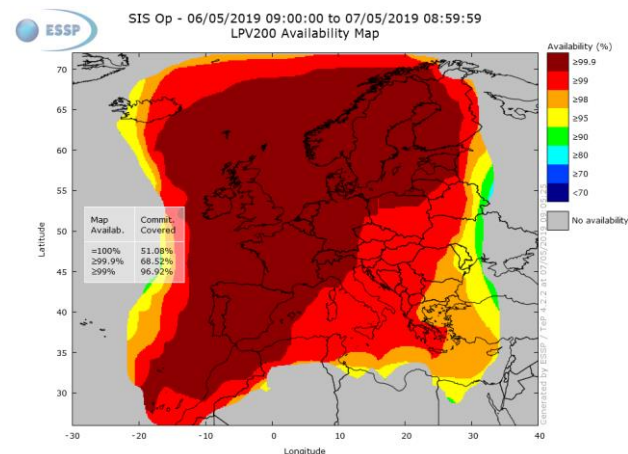


Figure 9: Availability of EGNOS LPV200 in 24 hours. (Egnos-user-support.essp-sas.eu, 2019).

At present, most general aviation aircraft are already equipped for PBN operations. For flight crews, PBN qualification will be mandatory from 2020 if they hold a valid IR qualification. Thus, in general aviation, the operation of area navigation systems has become commonplace.

3. Discussion

Unfortunately, the above questionnaire was filled in by a smaller number of foreign operators compared to the Czech Republic, so the obtained data sample does not have to be fully representative, but it still provides some idea of the situation abroad.

Currently, the GNS430/530 system prevails in the Czech Republic. If there is a PBN procedures methodology being made, in my opinion, this should be the system it is made for.

In the future, installation of more modern avionics systems can be expected, as this is already happening abroad, which will once again enlarge the possibilities of using PBN. But with the better and better equipment of the aircraft, it is necessary to improve the possibilities of using such equipment by publishing new procedures. While at least one RNP approach is published at each controlled airport in the Czech Republic, there is no uncontrolled airport in the Czech Republic where such a procedure would be published. As most of the general aviation aircraft operations take place from these aerodromes, the demand for such a type of approach is also high. The fact that such an approach can be constructed and operated safely at an uncontrolled airport can be supported by examples from abroad. So in the future, I see a great potential for development in this area - publishing the RNP approaches to an uncontrolled airports.

4. Conclusion

The goal of this paper was to make a material which deals with performance-based navigation operations in general aviation airplanes, to introduce the new issues in this area and emphasise the need for a new complex study material for aircrews, as new requirements on their training are being placed.

In the first part of this paper, the regulations that apply to PBN operations were analyzed, and it was stated where they originate from and how do they affect everyday operations. In the next chapter, a short explanation of the PBN procedures construction was performed. Since the design of flight procedures is described only in a comprehensive and partially translated regulation, where some passages are more demanding on understanding and require deeper knowledge of the related issues, this awareness may not be high among flight crews. Since there is no difference in design between flight procedures for general aviation aircraft and commercial air transport aircraft, or any other, this passage may be applicable to all types of operations. As new requirements on flight crew training are being placed in relation to PBN, a need for a new complex study material, which would include a flying methodology, raises. Since the PBN methodology will depend on the avionics used in addition to the general principles, the most widely used avionic system in the Czech Republic has been identified. To support this determination by data, a questionnaire was created on the google forms platform, which was subsequently distributed to 94 operators in the Czech Republic as well as selected European countries. For this reason, it has been translated into English and German. The data obtained from abroad served mainly for the international overlap of this paper in the last chapter. Data collection took 89 days and took place from 5.1.2019 to 4.4.2019. Garmin GNS430/530 was identified as the most widely used avionics system in the Czech Republic. The last part of the paper dealt with the comparison of the possibilities of PBN usage in the Czech Republic and other European countries. Unfortunately, a smaller number of foreign respondents filled out the questionnaire, so the data cannot be declared as representative with certainty. Generally speaking, although the GNS430/530 is still widely used abroad, modern avionics systems are more available and provide better use. Abroad, the possibilities of usage of such avionics is also better due to the publication of RNP approaches to some uncontrolled airports, from which most general aviation aircraft operations takes place. Most general

aviation operators in the Czech Republic stated that they would welcome the introduction of such procedures at uncontrolled airports in Czech. From a technical point of view, system availability in the Czech Republic is similar to that in Western European countries. I see a great possibility for development in introducing such procedures into uncontrolled airports in Czech, eventhough I realize that such a process is very demanding in terms of approval by the Authority.

References

- Egnos-user-support.essp-sas.eu. 2019. LPV200 MAPS | EGNOS User Support. Available at: https://egnosc-user-support.essp-sas.eu/new_egnosc_ops/lpv200_maps
- Eur-lex.europa.eu. 2019. EUR-Lex — Access to European Union law. Available at: <https://eur-lex.europa.eu>.
- ICAO Annex 6, Aircraft Operations, part II: change no.35/a12. 2018. 10th ed. Montreal: International Civil Aviation Organisation.
- Lis.rlp.cz. 2019. AIP - Aeronautical Information Publication (AIS ANS C.R.). Available at: http://lis.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm
- Novák, A., Skultéty, F., Kandera, B., Lusiak, T. 2018. Measuring and Testing Area Navigation Procedures with GNSS, MATEC Web of Conferences, Volume 236, 21 November 2018, DOI: 10.1051/mateconf/201823601004
- Performance-based navigation (PBN) manual. 2009. Montréal, Quebec: International Civil Aviation Organization.
- Procedures for Air Navigation Services — Aircraft Operations. 2014. 6th ed. Montreal: International Civil Aviation Organization.
- QCM s.r.o., w. 2019. Informační věstník OLD 03/2016, Úřad pro civilní letectví. Caa.cz. Available at: <http://www.caa.cz/informacni-vestnik-old-03-2016>
- QCM s.r.o., w. 2019. Schválené organizace pro výcvik ATO, Úřad pro civilní letectví. Caa.cz. Available at: <http://www.caa.cz/file/6874/>

OCCURRENCE CLASSIFICATION SYSTEM PROPOSAL FOR ENGINE UNITS

Petra Housková
Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Horská 3
128 03 Prague 2
houskapet@fd.cvut.cz

Andrej Lališ
Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Horská 3
128 03 Prague 2
lalis@fd.cvut.cz

Abstract

The goal of this article is to create nomenclature for safety events classification, which will help to identify the root cause of such events via STAMP model. The thesis is made with help of the GEAC company, which provided necessary data or realization of this classification. STAMP model of the company is divided into individual system analyses. The nomenclature of primary factors, which may lead to occurrence of the event, is then implemented into the real and fictive event sample. The proposed nomenclature and system analyses are intended to be used for future database development in GEAC as well as in any other company that is interested in such safety event classification.

Keywords

system analysis, accident database, power plant, aviation accident, GEAC, nomenclature classification, root cause, systemic measure, STAMP

1. Introduction

Safety is one of the most important aspects of any human activity. It covers aspects such as protection of life, property, management and development of technologies. As well as other types of transport, not even air transport is safe. There might be various factors involved from secondary ones, through crew failure to powerplant failure. Powerplant, or engine is one of the most critical and important systems of the aircraft.

During the powerplant development, manufacture and regular maintenance, even the slightest error can cause an occurrence. The process does not end with this; even the cause itself does have its own factors, leading to it.

It is appropriate to use the system analysis while finding the root cause. Every company chooses its own method; in this case it is STAMP model of the accidents, depending on the system theory. Data used for the system analysis were provided by the company GEAC.

2. GEAC company

General Electric is a foreign corporation, owning number of companies one of which is GEAC, which resides in the Czech Republic. In 2008, GEAC has bought the Walter manufacturing plant, which had specialized on turboprop engine's manufacture. In short time, the GEAC has developed the GE H80 turboprop engine, which became a successor to the Walter M601 engine. These engines are used in airliner, utility, agricultural and other modern airplanes. ([<http://www.praguebest.cz>], 2019)

3. STAMP model

STAMP model (Systems-Theoretic Accident Model and Processes) is part of the system theory, which depends on the part's failure assumptions. STAMP model (theoretical system for modelling of the accidents and processes). It changes the emphasis of the safety measures to prevent their violation by the path of the least resistance. The model combines accidents after failures of the certain parts as well as finding the root

causes expanded to include accidents or failures in the interaction with the components. (Leveson, 2016) (Leveson and Thomas, 2018)

The model has three main terms, which are: safety restrictions, hierarchical control and process model. This model describes a new view to causality with the failure and/or accident root cause.

In the traditional root cause model, there accidents are considered as results caused by various chains of failures, while every failure directly causes the next one, continuing in the chain of events. The event definition needs to be stated as a chain of events, expanded so it contains parts of direct occurrences and indirect system causes. The first step is always to generalize the accident definition. The accident is always unplanned (from the operational point of view, the human factor is not being considered). This event can contain human death or injury, but also other significant losses, including equipment, financial and information losses. The losses are result of failure of the system's parts failures, interaction between the system components and behaviour of each of the system's components, leading to dangerous situations. (Leveson, 2016) (Leveson and Thomas, 2018)

The STAMP model as such is portrayed in the figure 1. In the system theory, there arises terms such as safety from mutual interaction between components. This term means that the safety becomes a problem of management, where the target of the control is to enforce safety between each component. It's primary target is to enforce safety measures. This means that the occurrences are consequences of insufficient research/development control or enforcement, system design or operation.

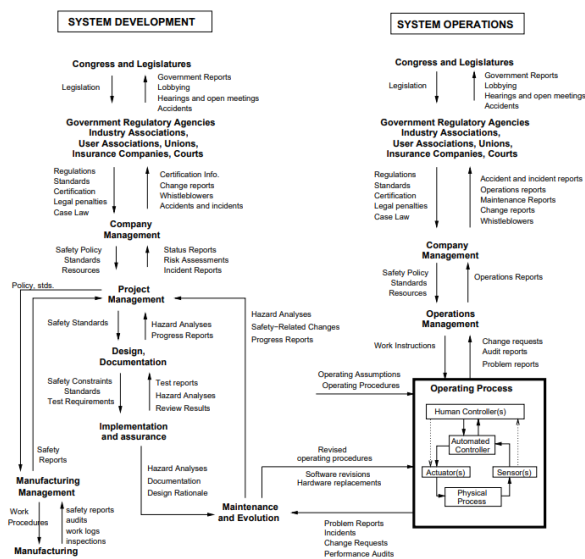


Figure 1: STAMP model (Leveson, 2016).

3.1. GEAC STAMP model

GEAC being a foreign corporation is influenced from many directions. Not only by the highest board of directors, but by the local leadership, foreign and Czech laws as well as company processes, development, complaints department and many more.

The GEAC develops, builds and provides complete maintenance of its engines to the operators (customers). This is the reason why the STAMP model is divided into legislative part, Part M – Operator, internal processes category (design, manufacture, maintenance and training). Part M – Operator requires independent system analysis of customer’s processes, which are only input and not part of the GEAC STAMP model. All internal process’s categories include system analysis for each activity and process operation.

4. Current powerplant occurrence classification in GEAC

Input information evaluation process (input, recording to system, evaluation) and follow-up resolution search happens in a few independent steps. The fundamental complication in the current process is imperfect continuity between different systems. Consistency of single systems depends on communication of authorized persons, cooperating on solution of the problem. The materials are transmitted between the systems according to different groups, working on solution for the problem. By manually entering the information to each system, usually by various people, a discrepancy between recorded data arises. Everyone inserts data to the respective systems by his own words, and it leads to different expressions being used. When information summaries, such as annual reports for company leadership, every occurrence needs to be found in every system individually. It is quite common that similar occurrences, with the same course of events, cause, primary factor and solution have different names between the systems. The most common mistake in the process is human error.

4.1. Improvement opportunities

The main source for mistakes is human error. In our case it is manual insert of the data by multiple people amongst various systems. This source is unfortunately impossible to get rid of completely. That is why it is necessary to simplify and standardize the nomenclature between various systems and make the orientation between the systems easier. Due to overall complexity, it is practically impossible to fully standardize all nomenclatures into one. Single occurrences are different, and it is necessary to record them during investigation. To simplify event recording, orientation and searching in occurrence causes, their standardization and reverse search of similar occurrences it is possible to standardize the nomenclature of all root causes or system measures. Occurrences might currently be recorded differently in various GEAC systems due to no standard root cause nomenclature amongst the systems. Process system measurements are currently being taken only based on serious/major events.

5. Event classification system design

Occurrence is a vague definition, which is impossible to define by a limited amount of causes. There cannot be found only a single cause for the occurrence, so it is necessary to see it as set of multiple factors. Due to continuously raising aviation needs, more new types of occurrences are high likely to happen and it is necessary to define a flexible classification. As an example, only small amount of the most common root causes is stated. Each company can develop it’s classification as per own needs. However, this possibility needs to comply with various restrictions (legal, system, etc.).

To include the root cause finding process into the STAMP model, we need to separate single activities of the GEAC to three system analyses for better imagination of all process parts and their continuity. The fault might occur not only during operation of the engine, but also during manufacture, assembly or maintenance process.

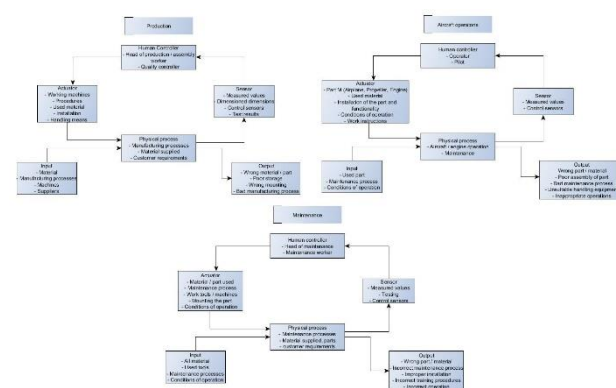


Figure 2: System analysis of processes (Source: Authors).

To simplify it, the processes are shown in the figure 2. Even if the fault appears during the engine operation, the root cause still might come from any previous process (manufacture, assembly, maintenance, etc.). In the figure 2, there are all processes, including their influencing factors. The inputs, potentially leading to the root cause and control elements are responsible for the whole process including the sensors leading to the possible cause.

Outputs of the processes are corrective measures or changes to the system and manufacture process itself.

For better understanding of the topic, there is an example of the occurrence (corrosion) and subsequent investigation in the figure 3. The operator reported an occurrence (insufficient engine function) to authorized GEAC employees. Authorized employee has made necessary measurements and identified the fault. He recommended dismantling the engine and sending it back to the GEAC for further inspection. After the engine arrival, further inspection and all necessary measurements, a flow path and compressor turbine blockage due to corrosion was found. This occurrence is from the internal sources of the GEAC. The model shows the root cause investigation from its origin all over to the manufacture and design process review. If the root cause cannot be determined, it is recorded as sporadic or new event for possible future use. Next step of the system analysis is division of the investigation parts into processes, then divided to system analyses for the root cause search.

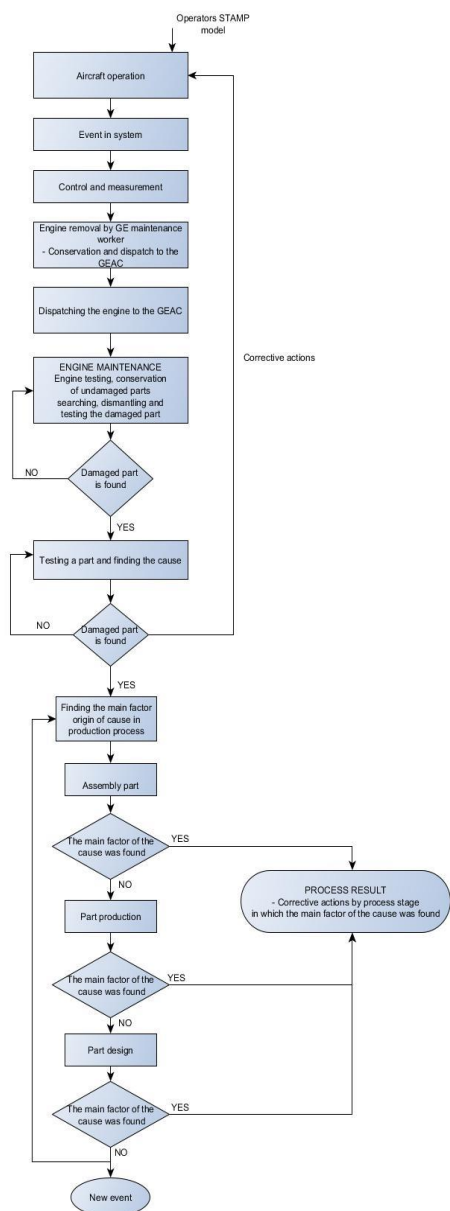


Figure 2: Event – corrosion (Source: Authors).

After identification and classification of the occurrence causes, it is possible to use the system analysis in various steps. Usually it is manufacture, assembly or design process. Every worker needs to be properly equipped in each process and must be properly trained as well. If everything is abided, we can declare the process flawless. Otherwise, we need to find which condition was not fulfilled and why using the system analysis (figure 4). Assembly system analysis can be described generally or specifically from every process input operation's point of view. The engine manufacture process is divided to more standalone system analyses. Only one system analysis (controlled part's manufacture process) is provided due to capacity reasons.

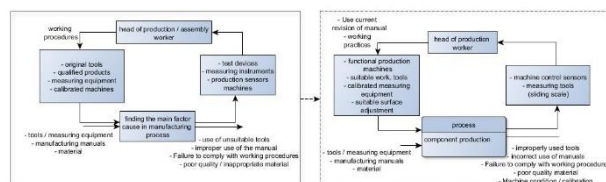


Figure 4: System analysis of maintenance (Source: Authors).

Single system measurements for occurrence cause investigation can be derived from particular processes system analyses. As an example, few general system measurement's name is shown in the table 1. Some names of system measurements are in the table one as a sample as well. This nomenclature can be defined as per every company's needs.

Table 1: Systemic measure (Source: Authors).

Systemic measure	Description of systemic measure
broken production machine	Machine or part is unable to perform work because of a failure
inappropriate tool	Production worker chose the wrong working tool and did not do his job according to the prescribed procedures
uncalibrated measuring device	The measuring device (machine or tool) is not adjusted or calibrated according to maintenance regulations
poor maintenance of working machines	Failure to follow the maintenance manual
Part is out of tolerance	in the case of 2 parts that are both within their tolerance (one at the lower limit, the other at the upper limit) and do not fit together when they should

6. Discussion

System analysis of the STAMP model and follow-up situation evaluation was made. Power plant occurrence was divided into single steps and then to particular system analyses. Table 1 shows the result of the system analyses, which will be used as a proposal of the nomenclature classification for the system measurements, which might be used in the future.

7. Conclusion

Creation of the STAMP model and related system analyses used for concluding system measurements used for the occurrence evaluation is very subjective for every company evaluating their utilization. It is necessary to evaluate different circumstances under which the occurrence might happen and subsequent cause investigation. In the long term, it is effective to not only find the cause, but also what caused it. The root cause identification is the best for occurrence's complete elimination in the future. The structure and analysis process is tailored for the company's needs of the manufactured unit's reliability improvement.

References

Leveson, N. (2016). *Engineering a Safer World*. Cambridge: The MIT Press.

Leveson, N. and Thomas, J. (2018). *STPA HANDBOOK*.

[<http://www.praguebest.cz>], P. (2019). Přední letecká společnost v ČR | GE Aviation. [online] [Geturboprops.com](http://www.geturboprops.com). Available at: <https://www.geturboprops.com/cz/spolecnost/o-nas> [Accessed 18 Jun. 2019].

PERFORMANCE BASED NAVIGATION IN GENERAL AVIATION AIRPLANES

Juraj Kresáč

Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Horská 3
128 03 Prague 2
kresajur@fd.cvut.cz

Jakub Kraus

Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Horská 3
128 03 Prague 2
kraus@fd.cvut.cz

Viktor Sýkora

Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Horská 3
128 03 Prague 2
sykorvik@fd.cvut.cz

Abstract

Individual radio stations differ from each other not only in terms of physical and technical parameters, but also in terms of their user name so-called "call signs" used for identification. The communication between a pilot and an air traffic controller itself is vital and due to the large volume of traffic is increasingly time consuming. Often, it is very difficult to establish a connection with a station due to the overload and high occupancy of a given frequency. This situation results in increased pressure on flight crews and air traffic controllers. It is also potentially dangerous and unwanted in time-critical situations. Naturally, there is a need to reduce the time of the communication and create enough space for further potential radio contact. The call signs are an integral part of each radiotelephone connection and themselves taking up a certain time interval from the whole communication. These identifications are often the cause of accidents and incidents, so it is vitally important to apply the highest safety standards to their usage and design. The issue is closely related to the human factor. Call signs, specifically their length in terms of the number of symbols, should be reduced as much as possible to the acceptable minimum. There have been several attempts by EUROCONTROL and air companies themselves to solve the call sign similarity problem in the recent past, but none have been focused directly on reducing the occupancy of frequencies by shortening the call signs. It is necessary to examine in detail the impact on safety using different methods of reduction in the number of symbols the call signs are composed of. The result of this process will be the lowering the occupancy of frequencies, easier establishment of first connection, easier use, and greater overall effectiveness in the use of airline call signs. There is also an impact on the financial aspect of providing air traffic control and air traffic services in general. Especially in terms on the number of active personnel and the amount of technical equipment needed for the individual workplaces and stations.

Keywords

time interval, flight number, phraseology, identification, occupancy, optimization, operational flight plan, redundancy, software, call sign

1. Introduction

This paper and study are aimed to analyse the current usage and method of formation call signs in commercial air transport. There were analysed flight and operational flight plans of selected EU-based airlines for this purpose. Data are statistically processed and mutually compared.

An extensive English-language questionnaire was designed with the intention of obtaining comments from commercial pilots to examine the subjective opinion and the pilot's view to the call signs used in current air traffic. Questionnaire forms a subjective view of the issue, which is inextricably linked to the human factor deeply rooted within the concerned topic.

Another major aim is to measure the time needed to transmit identifications of aircraft and the amount of traffic today's forms of call signs can cover. Data were obtained by real-time monitoring of frequencies all around the world to obtain the most accurate data. There is also the evidence of the used call sign forms in the monitoring.

Such a detailed analysis of the actual use serves as a basis for the design of more efficient call sign forms to reduce the time required for broadcasting while covering the necessary traffic volume. The current and proposed call sign forms are validated and compared using the created software. In addition to the reduced frequency occupancy, the number of possible combinations by using the designed reduced forms of identifications were compared to the traffic volume to avoid multiple redundancy as is currently the case.

2. Methods and principles used in the study

There is a need to provide different point of view to the terms such a capacity of an airspace and reduction in the occupancy of radio connection. The approach is based on the capacity of the radio connection and the ability to establish the potential contact with any station required for purposes of conducting the commercial flight.

2.1. Questionnaire

The huge survey has built the base for the gathering the information directly from the commercial pilots, more specifically 67 active commercial pilots operating all over the world. Questionnaire was spread via social networks and emails. Answers were statistically processed using the pie and pie-of-pie charts for better visualization of the concerned issue. The collected data from the survey is mainly based on the human factor, the subjective opinion on currently used call signs and with the aim to the process of changing the short-term memory into the long-term one. "We talk about long-term memory if the information is stored for later use after it has been learned or encoded in the working memory. Information can be triggered a few or even more minutes later." (Dzvoník, Blaško and Kříž, 2011)

2.2. Analysis of flight plans

Collected flight plans and operational flight plans of the companies Travel Service (Smartwings), CSA and Ryanair provided the outcome which proved the sovereignty of each company over the formation of call signs used for their

operations. The data was statistically processed to form the overall view to the principles of formation the call signs.

2.3. Monitoring of frequencies

There was formed the list of the airports based on the number of movements per a year in order to sort out the measured data during the immense monitoring of the radio frequencies in real time. Monitoring took 50 hours and 35 minutes and 1632 transmissions were measured, out of which each measurement consisted of 3 data sets.

1. Total time of one-way communication
2. Time occupied by call sign
3. Form of call sign

Time intervals were measured using the sport stopwatch for the highest possible accuracy. The average outcomes were also statistically and even visually classified and processed. The charts in the forms of box-plots took place to sorted out the data based on the number of movements per a year depicted. Using the description in the forms of box plots provides us more data than in the case of other possible statistical description of these measurements. "A boxplot is a standardized way of displaying the distribution of data based on a five-number summary ("minimum", first quartile (Q1), median, third quartile (Q3), and "maximum"). It can tell you about your outliers and what their values are. It can also tell you if your data is symmetrical, how tightly your data is grouped, and if and how your data is skewed." (Towards Data Science, 2019)

The measured time intervals were organized based on the categories of airports. Categories of airports arrange the airports according to the number of movements per a year. Such a ranging is the only one possibly used in this kind of study because the radio connection and the total time occupation of the given frequencies is connected only to the number of movements not to a weight category, wingspan category etc. "The aircraft movements are defined as the move that can be either take-off or landing (take-off plus landing equal to two movements)." (Reference manual on the ICAO Statistics Programme: Doc 9060, 2013)

2.4. Validation and application of measured data

There were designed and formed two software to prove and visualize the outcomes resulting from all the measured and processed data. Matlab program was chosen as a medium for this design. Software were in the form of the Graphical User Interface for the possible user-friendly design of depicted data.

3. Results of the study

There are the main diagrams and figures depicting the results of the questionnaire, flight plans analysis and immense frequencies monitoring.

3.1. Outcomes of the survey and flight plans analysis

You can see the subjective opinions to some of the questions included in the survey in the figures 1 and 2. The questions were based mainly on the human factor and on the pilots' opinion and experiences concerning current usage of call signs.

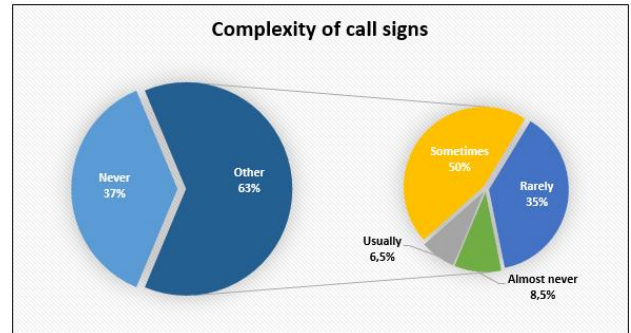


Figure 1: Experience with the high complex call signs used in air traffic (Source: Authors).

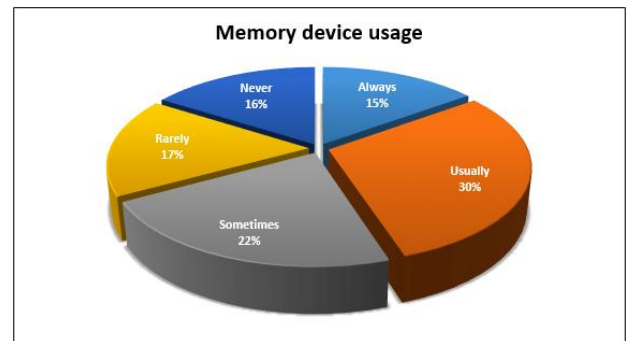


Figure 2: Usage of memory devices by pilots (Source: Authors).

3.2. Outcomes of the frequencies monitoring

The figure 3 describes the total measured time interval and figure 4 shows the time interval occupied by pronunciation and transmitting the call sign itself.

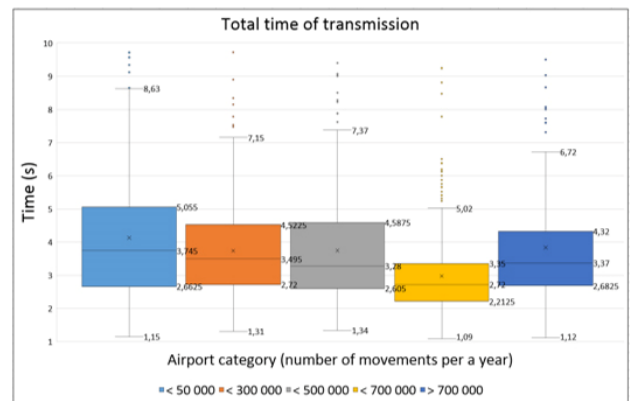


Figure 3: The total time of the whole one-way communication (Source: Authors).

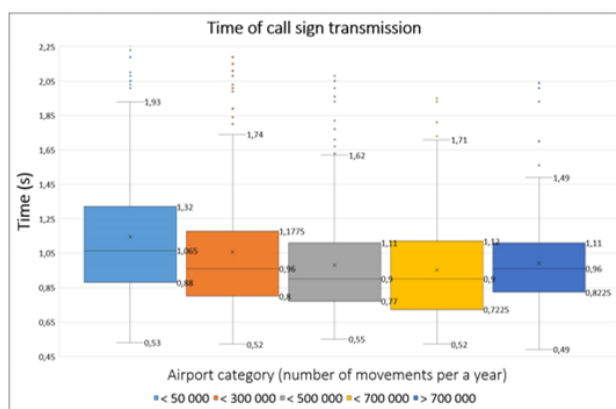


Figure 4: Time needed for call sign transmission (Source: Authors).

There is a time interval and the percentage out of all used call signs described in the Table 1. Time intervals are in seconds and ratios in % out of all the measurements taken place in the monitoring. The forms of identifications depend mainly on the airline itself and the origin of the given company.

The acronym OP is the typical call sign mark of a given company, etc. Speedbird, Lufthansa, Ryanair, Cactus...

Table 1: Average time interval of call sign and the ratio of its usage in traffic (Source: Authors).

Airport category	OP + 3 symbols (s)	Ratio of the form out of all types of call signs (%)	OP + 3 symbols (s)	Ratio of the form out of all types of call signs (%)	Other combinations (%)
> 700 000	0,954	46	1,017	51	3
< 700 000	0,940	31	0,935	68	1
< 500 000	0,948	76	0,947	15	9
< 300 000	0,912	47	1,097	45	8
< 50 000	1,115	24	1,140	72	4

3.3. Redundancy in the current usage

Redundancy in the number of combinations possibly formed out of the currently used forms of call signs is shown in the Table 2. The amount of possibly covered traffic volume is often more than 10 000 times larger compared to the expected daily amount of traffic for a given category of airport. The calculated values using the designed software are the minimal values. There is an immense redundancy in usage of the current forms of call signs.

Table 2: Redundancy in the currently used forms of call signs

Form of call sign	Number of combinations	Airport category		
		< 700 000	< 500 000	< 50 000
Redundancy to the total daily traffic				
3 letters + 2 numbers	1,71 x 10 ⁷	10 410 x	15 615 x	124 909 x
2 letters + 3 numbers	6,76 x 10 ⁶	4 115 x	6 173 x	49 379 x
1 letter + 4 numbers	1,30 x 10 ⁶	791 x	1 187 x	9 496 x
1 letter + 3 numbers	1,04 x 10 ⁵	63 x	95 x	760 x

3.4. Reduction of the occupation and redundancy

Delta "t" shown in the Table 3, describes the difference in the time interval needed for transmitting the original form of call sign and the reduced form of call sign. The values are given in a relationship to the specific chosen airport category and in the form corresponding to the different time periods.

Table 3: Reduction in the occupation of the radio frequencies (Source: Authors).

Original form	Reduced form	Airport category		
		< 700 000	< 500 000	< 50 000
Delta "t" for a day / month / year (h)				
3 letters + 2 numbers	1 letter + 2 numbers	2,6 / 79,6 / 955	1,8 / 55,8 / 670	0,3 / 8,1 / 97
2 letters + 2 numbers	2 letters + 1 number	1,3 / 40,0 / 479	0,9 / 28 / 336	0,1 / 4 / 48

There is a redundancy shown in the Table 4, specifically the redundancy by using the reduced number of symbols forming the call sign in a relation to the different category of an airport. Value is corresponding to the possible amount of traffic covered by the designed reduced forms. This value is in the form of multiple of the today's traffic volume.

Table 4: Redundancy in case of the reduced call signs usage (Source: Authors).

Original form	Reduced form	Airport category		
		< 700 000	< 500 000	< 50 000
Covered amount of traffic				
1 letter + 2 numbers	7 800	4,8 x	7,1 x	57,0 x
2 letters + 1 number	20 280	12,3 x	18,5 x	148,1 x

4. Discussion

The detailed analysis of the effectiveness of call signs usage all around the world resulted in the findings of extremely high redundancy in amount of possibly covered traffic volume using the current forms of call signs. This condition is caused by high number of symbols forming the call signs.

The data obtained by monitoring of the frequencies proves that the call signs occupy a significant amount of time as a vital part of the whole communication between air traffic control and the pilots. This time could be easily reduced and still cover the required volume of traffic with a safety buffer.

There is a real and effective way how to reduce the number of symbols forming the call sign in advance via Integrated Initial Flight Plan Processing System (IFPS) and Network Manager Operations Centre (NMOC) systems in Europe. It is the software issue of implementing the real time examination during the flight plan submission. The impact on the safety must be examined in more details.

There is no known paper or study dealing with the capacity of an airspace, safety, occupancy and effectiveness in terms of communication connected as directly to the call signs as this one is.

5. Conclusion

The impact of reduction in the number of symbols forming the call signs would be the reduced occupation of the radio

frequencies, simpler establishment of radio contact, lower mental pressure and stress on pilots or ATC personnel and even potentially decreased financial expenditure, all that within the maintained safety standards. The overall result is the higher effectiveness of call signs usage in air transport.

References

Dzvoník, O., Blaško, P. and Kříž, J. 2011. Ľudský faktor v letectve: Ľudská výkonnosť a jej obmedzenia. ISBN 8071008117

Novák, A., Havel, K., Bugaj, M. 2018. Measurement of GNSS signal interference by a flight laboratory, Transportation Research Procedia Volume 35, 2018, Pages 271-278, DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.011

Reference manual on the ICAO Statistics Programme: Doc 9060. 2013. 5th ed. Montréal: International Civil Aviation Organisation.

Towards Data Science. 2019. Understanding Boxplots. Available at: <https://towardsdatascience.com/understanding-boxplots-5e2df7bcbd51>

PROPOSAL OF MEASURES TO SOLVE SECURITY ISSUES PROCESSES OF AIR MAIL TRANSPORT

Kateřina Matasov

Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Horská 3
128 03 Prague 2
mataskat@fd.cvut.cz

Andrej Laliř

Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Horská 3
128 03 Prague 2
lalis@fd.cvut.cz

Abstract

The issue of security processes in the transport of air mail consists, above all, of the consignor's ignorance of prohibited articles in air mail. Shipments received for national postal traffic have different criteria as to what may be their content. Much stricter rules apply to air transport. Postal operators have not yet taken any measures to cover the different rules for ensuring the safety of consignments that are carried by air. By comparing the process of receiving shipments to air traffic between postal operators, shippers, and cargo agents, we were able to propose measures to accommodate differences in mail acceptance. Suggestion of measures to the issue should eliminate the risk of inserting prohibited and dangerous items into the consignment.

Keywords

Security, air mail, e-commerce, dangerous goods, batteries, Czech Post

1. Introduction

Post offices are nowadays increasingly engaged in deliveries of diverse shipments. This also increases the risk. Aircraft fire due to battery burst inside package and other incidents can have fatal consequences. Customers do not know what they are allowed to send by post. They usually don't even realize that sending some items may endanger the post office workers, global logistics network or wide public.

The inspiration for the design of new measures is the activities of express couriers and cargo handling agents in the shipment process. Procedure of how they accept a shipment and requirements placed on a sender and foremost deciding about responsibility for deviations from the facts.

2. The process of transporting air mail to postal operators

Air Mail represents the transport of mail by air between the individual postal operators. In the past, air mail was transported via balloons, airships or pigeons. The transport of mail by air follows the aviation from the takeoff of the first aircraft. It can be said that the air mail commenced the development of commercial aviation since it was the first paid shipment in this. The activities of the first airlines were based on mail transport. Over time and the technological advancements, mail transport yielded to the transport of people and goods. However, it still remains the integral part of aviation transport and ensures international postal traffic.

Common rules for international postal services are set by the Universal Postal Union (UPU) in the document called the Universal Postal Conventions and Regulations, of which it is part of the Parcel post Regulations and the Letter Post Regulations.

Commercially, the transport of air mail is provided on the basis of agreements between air carriers and postal administrations. They are concluded while maintaining the rules laid down

between air carriers and UPU, in particular between air carriers and relevant air carrier postal administrations of the countries concerned. These agreements on one side bind the carrier to ensure agreed transport capacities to designated destinations in the available destinations at the specified time and date. On the other hand allow you to get the appropriate postal the message has chosen the carrier that has the most advantageous lines for it, the best price is associated with the highest reliability of its operation or has sufficient capacity. All procedures related to takeover, own transportation and delivery of mail are fully regulated. They also include the assurances taken by the carrier and prices of the agreed tariffs for the transport of individual types of consignments. (Pruřa et al., 2015)

The transfer of mail from origin to destination is subject to a number of regulatory requirements. They mainly affect the operators handling the shipment. Shipments vary in their physical properties and values. They can come from different parts of the world and go almost anywhere. The shipment is during of the shipment chain handled by many subjects, from postal operators through agents, ground handlers or carriers. All these entities who are involved in these often complex movements, are responsible for ensuring that the shipment did not endanger the aircraft or passengers. Shipping chain mail progresses by the following steps.

4. Receive mail from sender. By submitting the shipment, the sender confirms the item it contains isn't dangerous or forbidden. If the shipment is outside the area of European Union, it must be accompanied by a customs declaration.
5. Post office processing, collection and sorting.
6. Handing over the air mail to the aircraft operators or possibly to use check-in company for an airmail. Pre-loading screening security checkers. Sorting on individual flights. Handing over to the ground handling for loading on the aircraft.

7. After the mail has been transported to the importing airport, the post is handed over to the competent airport post office. In the case of consignments from third countries, it is controlled by import customs office, which examines items of incoming mail on a customs basis declaration, determines their admissibility and, where necessary, fixes the duties.
8. Operative processing of postal items and subsequent delivery to the end recipients.

The movement of international mail includes 3 sections of information exchange. The first is between the post itself, between post offices and aircraft operators, and between post offices and customs.

3. Security process

Aviation security processes generally include multi-stage control, which takes place before and after the transport process itself. As they prove details of attempts to conceal improvised explosive devices or incendiary shipment means, security measures are necessary.

The issue of security processes in the transport of air mail lies above all, in the ignorance of what the customer can send by the mail. As the main problem of postal services has been shown by lithium batteries that occur in ubiquitous consumer electronics such as mobiles, notebooks, electronic cigarettes. These items are shipped between users across the boundaries of individual countries, mainly due to increasing e-commerce. In the last decades, the volume of international packages shipped has more than tripled, this growth is shown in figure 1, created from the UPU statistical data. The development of e-commerce brings increased interest in logistic services. Thus creating new opportunities and threats for postal organizations.

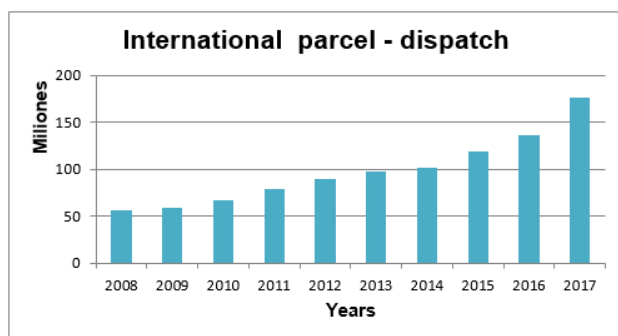


Figure 1: Development of International parcel – dispatch (Pls.upu.int, 2019)

Nine times a day, the Czech Post will bring a postal truck closures to Skyport. Here, all the sealed postal closures are inspected via X-ray. A shipment that passes the security check is placed at the prescribed position by flight trips to a dedicated security area. If the shipment doesn't pass the security control, it is removed from transport and returned to the Česká pošta by the shortest route. Around 100 consignments are returned per month. During the Christmas period, their number can be doubled.

As a rule, the Skyport is screening for the postal items such as sprays, camping burners, lighters, sparklers and batteries. These items are well recognizable on X-ray equipment. Bottles are also problematic with liquids, or other containers with a chemical

substance. Their content on the X-ray image is very difficult to identify.

4. Comparison of processes of postal operators, shippers and cargo agents

The process of arranging the transport of air mail between postal operators, Shippers and cargo agents differs mainly in the process of receiving the shipment. After receiving by individual operators, all shipments are screened by X-ray equipment and placed in a warehouse where it is controlled access.

4.1. Receiving shipments

Submitting a shipment at the Česká pošta counter is a trivial matter. It lies in filling in information such as the name and address of the sender and the recipient in the filing ticket. Česká pošta does not inform the customer about the illegality of some items, and what may be the consequences and the risks that may arise.

In the case of forwarders and cargo agents, the sender must complete the Air Waybill form, where, among other things, it confirms the safety of the consignment for which he is liable and may be penalized in case of incorrect declaration. Through the information graphics on the premises of the operator's mail room, the sender is informed about articles which may not be subject of a consignment or may be carried only under specific conditions. In the consignment note the sender fills in except personal data, in particular detailed information on the goods being transported.

Shipping companies often accept unpackaged items for shipping respectively stored in an unopened container. The operator receiving the shipments checks content. This situation is not feasible for Česká pošta because of the shipment subject to letter and postal secrecy.

A postal shipment sent for air transport from postal operators services is not accompanied by any declaration of its security. First and only security check is carried out at the airport before being handed over for loading on the aircraft. This check is provided by Skyport through X-ray equipment.

4.2. Security check

The aim of security control is to prevent weapons, explosives and other dangerous equipment, articles or substances to be used to commit any offense. All the mail must be screened before being loaded into an aircraft and from The moment of this security check up to the loading on the plane must be protected from unauthorized interference. (Aviation Security International Magazine, 2019)

Special methods must be used during the screening of mail to ensure that no prohibited items are hidden in the shipment. If the worker who is checking cannot be sure that there are no prohibited items in the shipment, the shipment is refused to be transported, or subjected to further screening which excludes prohibited items from the shipment. (Aviation Security International Magazine, 2019)

Security controls use detection methods under specified conditions individually or in combination, as a major or secondary means control. It is possible to label a safe condition of a shipment as multi-level decision-making process. If the first

check does not decide on the safety of the shipment continue with the next method until the shipment is released for shipment as safe or is excluded from transport. The most widespread detection method is X-ray inspection, other methods are usually used as additional control.

The first check, which already takes place at the reception of the postal closures, is checking by sight. A worker who takes over from the Czech Post in the center Skyport, visually inspects individual caps. In particular, it focuses on the obvious damage, such as whether the postal closure is not broken shipment, or whether the seal of the cap is impaired. Visual inspection should prevent forwarding to the process of shipments that is leaking, or theirs packaging is insufficient for transport. If something like this happens, the shipment should be immediately removed from transport.

Any openings on the shipment are inadmissible for cargo shipments. If shipment has such openings, for example for reasons of better handling, it has to be sealed after a safe control in order to avoid the risk of insertion of items. For mail no more attention is paid to the holes in the package, as shown in Figure 2.



Figure 2: Post after security check (Source: Authors).

Checking the content of the shipment is provided by RTG technology. The advantage of this method detection is its speed and efficiency in detecting hidden dangerous objects in mail and cargo. Detection of dangerous object by X-ray consists of two components. The first is the X-ray device itself, whose activity it is to detect the internal content of the object being scanned. The second component is then the operator who controls the device and evaluates image output.

The X-ray machine generates an image of the object by radiating X-rays that pass through and reflect off the object. These beams are then detected by a number of sensors and an image is created. For dense materials, radiated X-rays may not pass, then the X-ray equipment does not provide an image of sufficient quality. (Aviation Security International Magazine, 2019)

In order for a shipment to be shipped through shippers and cargo agents security control, its content must be identical to the information on the Air Waybill. The X-rayer checks that the shipment contains only those items that are listed on the attached AWB. If the X-ray operator finds that the shipment contains items that are not declared on the AWB, the shipment is placed in the vault and the sender who did not declare an item on the shipment is immediately contacted either withdraw or submit a new AWB.

Postal closures are controlled so that they can be excluded any hidden dangerous objects, or bait explosive system. In one postage closure is a variety of shipments. The number may vary depending on dimensions or their weights. The problem with

post-X-raying is that all packages are x-rayed at once. It may cause more difficult to illuminate deeper and overlapping shipments. Next problem occurs when the package contains items that are limited in air transportation quantity and under certain conditions can be transported. If there is such a package properly labeled, and has a proper declaration, if stored the parcel post cannot be seen by the X-ray operator. In such circumstances, the mail closure is opened.

If shipments are difficult to illuminate with X-ray equipment, or if any because it is not possible to x-ray them, either the physical check or the check is proceeding trace detection of explosives. Additional control should exclude presence improvised explosive devices, possibly banned substances.

Physical check is done by opening the shipment and physically palpating it content. As a rule, the X-ray examines a specific location in a shipment that appears suspicious in the image. In order to open the shipment and to perform a physical load check, the presence of the sender is required. Mailings they are not subject to physical control. Opening a shipment would violate the letter post secret. Manual inspection of mail items may only be performed under supervision customs and customs only for import consignments that are subject only customs inspection.

ETD equipment is used to control explosive trace detection. These devices it is probably the most popular security technology organizations and shippers. It allows detection of trace amounts of explosives by means of an air mail smear. The collected samples are analyzed by ETD on traces of particles or vapor through which explosives can contaminate the surface or content shipment. The device can detect common military and homemade explosives including TNT or RDX, as well as a number of illegal narcotic and regulated drugs substances, including morphine, cocaine or heroin. Ion Mobility Spectrometry, called IMS, without radioactive source. The advantage of this method is that the shipment does not need to be opened.

Security check for mail at Skyport is only done by X-ray equipment. Any suspicious shipments containing items that are on the X-ray are visible and marked as hazardous, are excluded from transport. Concerns especially items like sprays, paints, sparklers, camping burners, batteries, lighters, etc. The essence of X-ray control is mainly the detection of dangerous ones articles and improvised explosive devices. Some sub-substances are X-ray undetectable by control. This includes, for example, cans, barrels, and liquid bottles, optionally any container with a chemical substance. It is allowed to send liquids to 100 ml of what is contained in them cannot be recognized from the X-ray picture. For these shipments is the shipper's declaration of the subject of the shipment is necessary. The declaration serves as form a declaration that the item or substance being transported is not dangerous.

5. Proposal of measures

ENES Cargo, Skyport and the Česká pošta Security Department are independent they agreed on the inevitability of postal education. It is necessary that Česká pošta deals with it the contents of the shipment with the customer. With regard to postal and letter secrets that It imposes the obligation to conceal all information concerning the shipment, it is necessary that the mail focused on prevention and possible consequences.

Proposal for measures to reduce the risks of dangerous and prohibited traffic items in the international post should eliminate the sender's lack of information about dangerous and unauthorized content of the shipment. New action in the adoption process consignments consist of 2 elements. The first is the information graphics at the post office. The second is the shipment content declaration.

Graphics with illustrations of what an international mail may not contain could to look similar in Figure 3 ask the sender to view the graphic and briefly highlight the possible consequences. The current consequences of sending unsafe items are discarding the shipment from air transport and redirecting it to a non-priority route such as maritime transport. In the case of banned substances such as drugs and narcotics, there is to seize the content by the customs of the country of destination.







Odesílatel je zodpovedný za kontrolu, zda odesílané předměty jsou v poště zakázané nebo omezené.			
Následující předměty jsou v poště jednoznačně zakázané:			
	Všechny typy baterií, včetně lithiových baterií		Zápalky
	Spreje a tlakové nádoby		Zábavní pyrotechnika, prskavky
	Zapalovače a náplně		Všechny druhy drog a narkotik
Děkujeme, že odesíláte s námi.			

Figure 3: Information graphics at the post office (Source: Authors).

Currently, the sender concludes a postal service contract by submitting the shipment and thereby declares that the shipment contains nothing dangerous. This is done only by handing over shipment to the post office worker. The sender does not submit any written confirmation. The appropriate measure is to locate the declaration of the contents of the shipment as part of the delivery slip. A declaration pattern is shown in Figure 4.

<p>Tímto prohlašuji, že obsahem zásilky nejsou zakázané nebo nebezpečné předměty stanovené v přepravních podmínkách České pošty. Jsem si vědom/á, že porušením těchto podmínek ohrožuji bezpečnost, zdraví a majetek dalších osob. (Nedodržení těchto podmínek může být v rozporu s právními sankcemi.)</p> <p style="text-align: center;">..... Jméno příjmení, podpis</p> <p><small>Zakázané předměty jsou: živí obratlovci, tlakové nádoby, stlačené nebo zkapalněné plyny a plyny v roztocích, zábavní pyrotechnika, prskavky, sirky, zapalovače, omamné a psychotropní látky, baterie, výbušniny, radioaktivní látky, jedy a žiraviny, biologické látky, aj.</small></p>

Figure 4: Declaration on the post receipt (Source: Authors).

The combination of the info graphic and the written declaration on the post receipt should to ensure that the sender is informed of unauthorized items of the shipment. Stricter the measure would be sanctioning the sender for violation of transport conditions.

Security control measures that can be reduced the probability of storing dangerous objects, prohibited substances or explosive systems in shipments on board aircraft is recovery modern screening methods. These methods include EDS (Explosive Detection System) or, for example, explosion detection dogs.

EDS is a method very similar to X-ray detection. The difference is that the EDS system performs shipment control automatically and makes decisions based on software algorithms. Operator decisions are needed only when the system is unable to recognize the contents of a shipment or suspect a dangerous object. EDS devices are composite systems consisting of a device that examines physical properties object components and software components that process images and data to make it possible determine whether objects contain explosive substances. EDS device uses computer tomography and are designed to automatically determine weight and density object. The rotating X-ray source is used to capture hundreds of images from that object at many different angles. The specialized software then assembles the images to provide visual representation of objects. Explosives have a unique density range. Properties the object is compared and an alarm is issued when a match is found. The device operator is required to check the validity of the alarm by digital control images. (Aviation Security International Magazine, 2019)

Canines are used as a complementary method, as well as trace detectors (ETDs). The use of ETDs for mail is unsatisfactory, because individual packages are stored in mail closures. ETD also it cannot be applied across the board and it is necessary to make a smear of each package. It is for this purpose effective to use specially trained dogs. The ability to detect a dog is created by the handler and the dog who work together as a team. To achieve dog efficiency, dogs must be trained in the appropriate searching for discipline and in situations and environments that replicate specific operations screenplay. Training is carried out regularly and is renewed every year. The dog is able to search for any smell that will be imprinted on his smell memoirs. Detection dogs can also be trained to detect firearms as well as to a wide variety of other contraband, such as narcotics. Exercise dogs have their own representation mainly in customs, police, military and prison services. (Cpni.gov.uk, 2019)

6. Conclusion

The number of shipments that do not pass the airport security check shows insufficient measures to receive mail. The mailroom is basically the only place that the customer encounters when purchasing a shipment. Just here the sender's ignorance of prohibited items can be ruled out in shipments. Just here, what the customer is sending can be affected. Through information graphics and Confirmation of shipment safety should exclude ignorance sender about prohibited items in shipments Therefore, Czech Post should take measures analogous to the proposals above.

Modern detection methods show that there are many at present ways to reliably detect hazardous substances. However, no technology can ensure 100% certainty. It is therefore necessary to use a combination of these for detection. For elimination hazardous substances in the post would be an appropriate combination of the existing X-ray control detection using specially trained dogs. Their indisputable advantage is surface utilization to check all shipments at one time.

References

Cpni.gov.uk. 2019). Canine Detection - Public Website. [online] Available at: <https://www.cpni.gov.uk/canine-detection-0>

Aviation Security International Magazine. 2019. Cargo Screening: technological options - Aviation Security International Magazine. Available at: <https://www.asi-mag.com/cargo-screening-technological-options/>

Pruša, J., Brandýský, M., Hlinovský, L., Horník, J., Pazourek, M., Slabý, F., Třešňák, M. and Žežula, J. 2015. Svět letecké dopravy. ISBN 9788080739386.

Pls.upu.int. 2019. Query the postal statistics data base. [online] Available at: http://pls.upu.int/pls/ap/ssp_report.main?p_choice=AGGREG&p_language=AN

THE REQUIREMENTS FOR ESTABLISHING A HANDLING COMPANY – BASIC INSIGHT AND FINANCIAL ANALYSIS

David Žatečka
Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Horská 3
128 03 Prague 2
zatecdav@fd.cvut.cz

Štěpán Matouš
Air Bohemia
Airport Hořkovice
295 01 Mnichovo Hradiště

Jakub Hospodka
Department of Air Transport
Czech Technical University in Prague
Horská 3
128 03 Prague 2
hospodka@fd.cvut.cz

Abstract

This article describes general knowledge needed for establishing of handling company, mainly describing important requirements of the whole process set by Czech Civil Aviation Authority (CAA). It summarizes all important information and guidelines to obtain an idea how to apply and smoothly go through the process of approval for providing handling services at certain airports in the Czech Republic. Furthermore, it provides basic insight to already approved handling service provider – Air Bohemia a.s. The article lays down initial steps to be made, before applying for providing handling services, such as: company financial stability analysis, financial analysis of fuelling services in the future and measures to be taken in order to have the business stable and profitable. As the analysis of Air Bohemia a.s. business has revealed, the financial balance of newly set business of providing the handling services by this company won't be profitable immediately after its introduction, therefore proposed corrective measures must be taken in the future.

Keywords

Handling Services, Handling Company, Requirements for Establishing, Aircraft Refuelling, Financial Analysis, Air Bohemia a.s.

1. Introduction and Current Situation

The process of establishing of a handling company has not yet been described in Czech Republic. In order to make the whole process clearer and more understandable, it is essential to have exact information about the form of documents which are required to be approved by CAA in order to become a handling service provider. In the recent decades the upward trend of using private aero-taxi commercial aviation requires more smaller regional airports to be involved in this kind of commercial transport. In order to have the infrastructure complex and reachable, regional airports are indirectly forced to provide handling services to the aircraft, thus opening the opportunity to have a profit from handling services.

All the information described throughout this article needed has been gained throughout a process of establishing an actual handling company. Therefore, this article uses real data which were used in the process of approving the handling services by Czech aero-taxi company Air Bohemia a.s. with its base at Mnichovo Hradiště airport LKM. Air Bohemia a.s. is a small regional aero-taxi company with fleet consisting of one commercial jet – Cessna Citation Excel C560XL and five turbo-prop Piper Cheyenne. The company has temporary bases all over Europe where medical flights are also the scope of operation.

Comprehensive information in this exact provides credible insight into a successful process of approving a handling company and could serve as a help for other potential applicants allowing the real-world use. As a practical insight to financial analysis, chosen methods of financial analysis, done for the Air Bohemia a.s. to assure overall stability for providing handling services, will be introduced later on. The main idea, which is in

detail described in authors master thesis, is to reveal all possible issues during the approval process as well as financial aspects of the business and to provide a guideline for smooth application for providing handling services in the Czech Republic.

2. Background

The need for establishing and approval of handling services by Air Bohemia company lead to creating a compact material in a form of Master Thesis and its attachments "The Requirements for Establishing a Handling Company".

The core of theoretical background for the knowledge needed to become a successful applicant is in the legislation set by the Czech Ministry of Transportation. Furthermore, in aspects of air transport according to ICAO laws established at 1947, every member state must have its own national aviation authority (NAA) or civil aviation authority, being a statutory authority in each country which oversees the approval and regulation of civil aviation. It is necessary to mention, that general knowledge is almost nowhere to reach, thus co-working with employees of Czech CAA was a real help and enhancement to this topic. (Bína, 2014)

Specific requirements for establishing a handling company is laid down in Law No 49/1997 Coll., Head II Air services, part 5 "Handling services on public airport". Other regulations come from IATA agreements, which may be fulfilled if required by the customers of handling service providers. (Bína, 2014)

3. Handling company

Important part before applying for approval for providing handling services is the knowledge of what the handling company does and how the procedures are organized in time. Each airline has its own material called ground operations

manual (GOM) having a form described by IATA (GOM) for the handling companies, which covers all information about standard as well as specific airline requirements. (Ashford, 2013)

A stopover of Boeing 737 at Spanish island Tenerife was used for a real-world demonstration of handling services provided by handling companies. The documentation in form of pictures taken by the author has been prepared together with different time schedules analysis of all handling services provided by a handling company. Main differences between 45 minute and 75 minutes schedules are the length of cabin servicing, pre-departure duties done by cabin crew, longer offloading and onloading of luggage in case of 75 minutes roster.

3.1. Approval for Providing of Handling Services

The establishing of a handling company is complex process and has its own specifics and requires a lot of documentation to prove that applying company has technical and financial capability to do so. As mentioned above, the requirements come from the Czech legislation, which also covers providing of handling services. The authority which controls and approves the subject for providing such services is CAA, more specifically the department of air operators. There are three different applications:

- Application “A” is used for handling the aircraft on movement area of the airport – passenger, cargo and mail handling,
- application “B” is for providing fueling services on the airport and
- application “C” is for services connected with catering providing.

The applicant is first required to contact Czech CAA and then deliver back the application given by CAA. The application contains several forms to be filled, documents and attachments. The goal for Air Bohemia company was approval of application “B”, but demonstration of correct approval process is sufficient for all types of applications concerning aircraft handling. The differences are described throughout the thesis.

The requirements for providing fuelling services are as follows: verified copy of the applicant’s legal entity, extract from commercial register, criminal record form, verified diploma, verification of applicants work experience in aviation, insurance for providing handling services, verified or original contract with airport operator, list of all facilities and machines used for planned services together with ownership rights, financial capability, employee qualifications and health status, financial stats – revenues and payments and other if needed. All of these in detailed description and forms that are acceptable to be found in author’s Master Thesis.

The used method for gaining these documents and stats required cooperation with many different institutions and colleagues. Very important part is the insurance for these handling service activities, which required exact definition how the services will be executed. Furthermore, by who and with use of which machines and so on. This part must be accomplished only with help of qualified insurance agent who specializes on commercial air transport services insuring.

4. Financial Analysis of Air Bohemia Company

To ensure that Air Bohemia company is capable to provide handling services financially, it is vital to have an idea about company’s financial balance and stability. It’s important not only for the company itself, but also for the Czech CAA to know, if the company is financially stable and in case of some damage to third party or to the aircraft which is handled, generally to compensate damage caused by the company.

For this reason, the financial analysis has been conducted by the author. The methods used were horizontal analysis of assets and liabilities. Furthermore, the liquidity ratio together with debt ratio revealed overall financial balance of Air Bohemia company and possible issues connected with handling service providing. (KNÁPKOVÁ, PAVELKOVÁ and ŠTEKER, 2013), (Businessinfo.cz, 2019)

4.1. Horizontal Financial Analysis

The source of data for horizontal analysis for both assets and liabilities comes from financial closing balance of Air Bohemia company since the year 2012. All data has been processed and used for revealing the trend set by the company in recent years and potential issues. (KNÁPKOVÁ, PAVELKOVÁ and ŠTEKER, 2013), (Businessinfo.cz, 2019)

As for the absolute values of liabilities, Figure 1 shows main parts of company liabilities and its trend from the years 2012 till 2017.

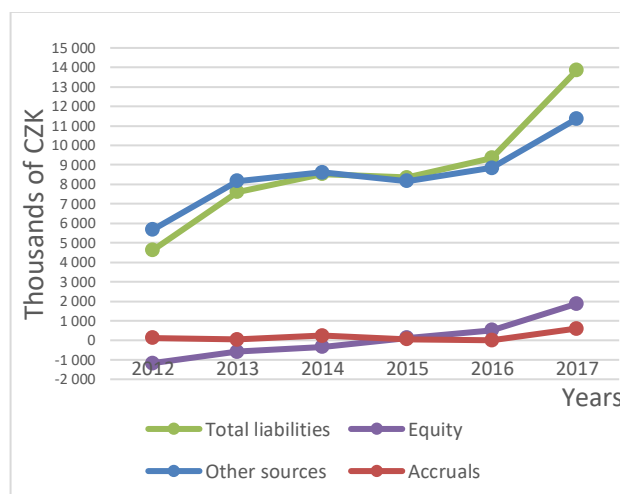


Figure 1: Absolute liabilities of Air Bohemia company (Source: Authors).

The figure shows steady upward tendency for almost every component. The main issue that can be seen is that in the middle of analysis period the other resources reach smaller amount than total liabilities. That means correct trend for the company as it becomes more independent on other sources of liabilities.

Two methods have been used for horizontal analysis of liabilities, first one uses absolute changes (see Table 1) and second one uses relative (percentage) changes (see Table 2). These changes have reference in the preceding year value. (KNÁPKOVÁ, PAVELKOVÁ and ŠTEKER, 2013)

Table 1: Absolute horizontal analysis of liabilities (Source: Authors).

LIABILITIES	Absolute changes [thousands of CZK]					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Σ Liabilities	4543	2 990	918	-167	1 003	4 486
Equity	-1 012	580	255	460	399	1 354
Other sources	5 430	2 496	454	-449	666	2 529
Accruals	119	-86	209	-178	-62	603

Table 2: Relative horizontal analysis of liabilities (Source: Authors).

LIABILITIES	Relative changes [%]					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Σ Liabilities	6223,3%	64,8%	12,1%	-2,0%	12,0%	47,9%
Equity	609,6%	-49,5%	-43,1%	-136,5%	324,4%	259,4%
Other sources	2272,0%	44,0%	5,6%	-5,2%	8,2%	28,6%
Accruals	N/A	-72,3%	633,3%	-73,6%	-96,9%	301,5%

Horizontal analysis of total liabilities reveals only one and minor downward tendency of 2% in year 2015. As for the equity, constant growth has been observed over the years, the most noticeable in 2017 with value over 1300 thousand CZK. Other resources are being suppressed by the equity. Generally, analysis of liabilities shows positive progress and stability of the company.

Overall trend for company assets can be seen from Figure 2. Alike for liabilities, the total assets of company consist mainly of current assets and small amount is contributed by fixed assets. It can be assumed that property of company is in large scale made by other resources and current assets, but overall trend is stable.

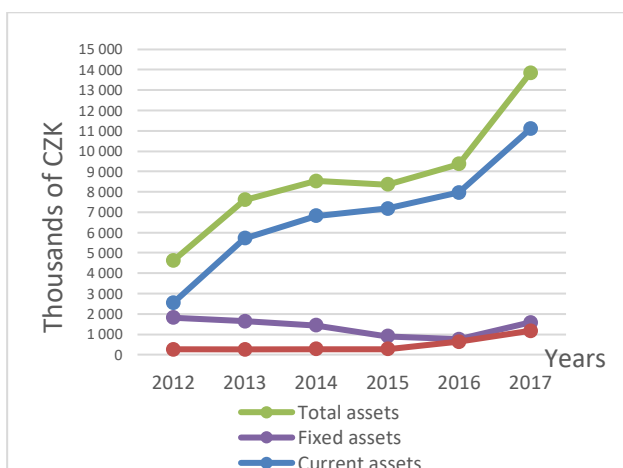


Figure 2: Absolute assets of Air Bohemia company (Source: Authors).

Same methods of analysis have been used for assets analysis. Horizontal analysis represented by the Tables 3 and 4, shows trend for company assets and its components.

Table 3: Absolute horizontal analysis of assets (Source: Authors).

ASSETS	Absolute changes [thousands of CZK]					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Σ Assets	4543	2990	918	-167	1003	4486
Fixed assets	1813	-177	-206	-526	-144	821
Current assets	2470	3170	1104	367	778	3132
Accruals	260	-3	20	-8	369	533

Table 4: Relative horizontal analysis of assets (Source: Authors).

ASSETS	Relative changes [%]					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Σ Assets	6223,3%	64,8%	12,1%	-2,0%	12,0%	47,9%
Fixed assets	N/A	-9,8%	-12,6%	-36,8%	-15,9%	51,9%
Current assets	3383,6%	124,7%	19,3%	5,4%	10,8%	39,3%
Accruals	N/A	-1,2%	7,8%	-2,9%	137,2%	83,5%

Trend shows stable upward tendency in each year, except for the year 2015, where decrease by 167 thousand CZK can be seen, which is just 2% less compared with preceding year.

4.2. Debt Ratio

The company is considered trustworthy as long as it has its own property in form of current or fixed assets. If you compare it with payables you get the debt ratio. Analysis of Air Bohemia debt ratio can be seen from Table 5 and its trend from Figure 3. Trend shows positive tendency. (KNÁPKOVÁ, PAVELKOVÁ and ŠTEKER, 2013)

Table 5: Debt ratio (Source: Authors).

Debt ratio	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Copmany property	4 356	7 349	8 247	8 088	8 722	12 675
Payables	5 669	8 165	8 619	8 170	8 836	11 365
Difference	-1 313	-816	-372	-82	-114	1 310

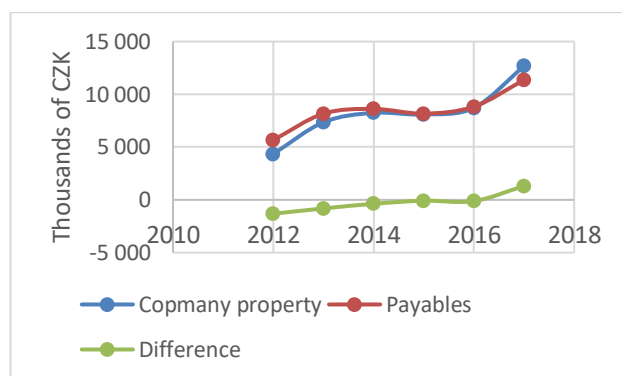


Figure 3: Trend of debt ratio (Source: Authors).

4.3. Liquidity Ratio Analysis

This ratio represents the ability of a company to pay its commitments in time. This analysis is very important for lenders and creditors, who want to get an idea of the financial situation of a company and it may or may not enhance trustworthiness of a company depending on analysis results.

In case of Air Bohemia company there have been chosen two types of liquidity (current CR and quick QR) ratios and both show positive results. The main difference is that current liquidity contains inventories, therefore raising company's property. QR does not contain that and better represents the actual ability of the company to pay its commitments instantly. As seen from Table 6, values of both CR and QR are in majority above 1, which means that the company may be trustworthy in the aspect mentioned above.

The values of CR and QR have been calculated using equations (1) and (2). (KNÁPKOVÁ, PAVELKOVÁ and ŠTEKER, 2013) (Businessinfo.cz, 2019)

$$\text{Current liquidity} = \frac{\text{current assets}}{\text{short term payables}} \quad (1)$$

$$\text{Quick liquidity} = \frac{\text{current assets} - \text{inventories}}{\text{short term payables}} \quad (2)$$

Table 6: Current and quick liquidity ratios (Source: Authors).

LIQUIDITY RATIO	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Current liquidity	0,98	1,13	1,42	1,33	1,02	1,20
Quick liquidity	0,89	1,09	1,36	1,30	0,96	1,18

5. Financial Analysis of Handling Services

For Air Bohemia purposes, the financial analysis of fuel providing has been carried out, in order to reveal possible issues and propose corrective measures to make the business profitable in the future.

According to planned amount of two fuel types provided to customers (1 000 liters of AVGAS and 3 000 liters of JET-A1), the fuel providing won't be profitable. The analysis revealed, that for a month balance, there will be a loss of nearly 38 000 CZK (monthly cost of fuel providing at amount of 47 850 CZK, fuel buying excluded, insurance, employee wages and other included). Furthermore, the analysis counts with following margins for fuel buying/selling as can be seen in the table 7.

Table 7: Financial balance of fuel providing

Fuel cost [CZK/ltr]	Selling	Buying	Margin
AVGAS 100	42,35	36,30	6,05
JET A-1	24,20	18,88	5,32

It is clear, that to make the fuel providing profitable, two possible scenarios are optional. The financial balance has been calculated using equation (3), where two variables can be changed to get more optimistic values.

$$\begin{aligned} \text{Balance [CZK]} &= (\text{liters of sold JETA1} * \text{margin on JET A1}) \\ &+ (\text{liters of sold AVGAS} * \text{margin AVGAS}) \\ &- (\text{monthly costs of fuel providing}) \end{aligned}$$

First one, but more difficult to influence, is the increase of the amount of sold fuel. From equation (3), if we put in balance the cost of fuel providing (47 850 CZK/month) and the profit from fuel providing, we get minimum amount of fuel, that has to be sold to have zero profits and no loss. While maintaining margins and amount ratio of both sold types of fuel, we get result of 6 540 liters of JET A1 and 2 158 liters of AVGAS a month to be sold.

Since the first scenario depends more on current situation and is influenced by many factors, the second scenario has an instant effect while being more efficient. When we maintain the amount of fuel sold, ratio of margins for both fuel types, and change their margins, we can get better financial balance. The results showed, that when we double the margins, we get neutral balance – no profit, no loss. Exact numbers are: for the JET A1 12,33 CZK/liter (instead of 5,32) and for AVGAS 10,85 CZK/liter (instead of 6,05).

6. Discussion and Purpose of the Article

Based on the above-mentioned facts of the whole process of establishing handling company and its financial analysis, potential future applicants may have easy reachable information which together with the thesis could help in such a process and topic orientation.

The process of establishing a handling company may last for a year or even longer, in which all required documents have to be collected and approved by Czech Aviation Authority. Important facts which are vital for approval are forms of documents, their content and guidelines how to apply and where to deliver finished application for providing handling services. Going through this process reveals possible issues while discovering possibilities of approval for different legal entities. As the application has been successfully approved, the information placed in the authors thesis and this article provides relevant information which can be used in the future by other potential applicants. Knowledge gained is presented in straight forward way, to acquaint the readers with broader topic, which include the process of aircraft ground handling, company structure, approval process of handling services and financial analysis of the company.

7. Conclusion

This paper presents the overview and analysis that investigated the process of approving handling company for handling services at certain airport in the Czech Republic. Firstly, it gives an idea of legal background of handling services. Next part summarizes aircraft ground handling process and its purpose. The most important part offers an overview of different requirements, which are enforced by Czech Aviation Authority, for handling company depending on the scope of intended kinds of handling services.

As the financial stability and trustworthiness are crucial aspects for prosperous business, the financial analysis has been made. Analysis of past several years showed, that the analyzed company has stable progress and therefore will most likely be able to run this business in the form of fuel providing. On the other hand, analysis for the fueling services has revealed issues that could harm company financial balance. The balance has been in the loss of nearly 38 000 CZK per month of service. This means, that corrective measures will have to be implemented to make the business profitable. As mentioned above, the most straight forward and effective will be to double margins for both AVGAS and JET-A1 types of fuel. If this measure will be done while maintaining predicted sold quantity, the balance of fuel providing will be neutral. For the future, the second corrective measure may be helpful too. It is about attracting more customers to stop at the airport for the refueling, thus the quantity of sold fuel will be growing and raising the profits.

References

- Ashford, N. 2013. Airport operations. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Bína, L. 2014. Provozování letecké dopravy a logistika. Brno: Akademické nakladatelství CERM.
- Knápková, A., Pavelková, D., Šteker, K. 2013. Finanční analýza. 2nd ed. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Businessinfo.cz 2019. Techniky a metody finanční analýzy | BusinessInfo.cz. Available at: <https://www.businessinfo.cz/cs/clanky/techniky-a-metody-financni-analyzy-3384.html> [Accessed 18 May. 2019].

Reference manual on the ICAO Statistics Programme: Doc 9060.
2013. 5th ed. Montréal: International Civil Aviation
Organisation.

Towards Data Science. 2019. Understanding Boxplots. [online]
Available at:
[https://towardsdatascience.com/understanding-
boxplots-5e2df7bcbd51](https://towardsdatascience.com/understanding-boxplots-5e2df7bcbd51) [Accessed 11 Sep. 2018].

ANS CR AND LPS SR: COMPARISON OF COMMERCIALIZATION APPROACHES

ŘLP ČR A LPS SR: KOMPARÁCIA PRÍSTUPOV KU KOMERCIALIZÁCIÍ

Matúš Materna

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

Andrea Galieriková

Department of Water Transport
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
andrea.galierikova@fpedas.uniza.sk

Abstract

Paper is focused on describing differences between air navigation providers of Czech Republic and Slovak Republic in terms of commercialization. Brief commercialization overview and history of both ANSPs is provided in the first two parts of the paper. Both air navigation services providers are described and compared in terms of their commercial activities. Last part of this paper proposes several recommendations for LPS SR, š.p. in terms of commercialization by using ANSOFF matrix.

Keywords

ANSPs, air navigation service providers, commercialization, LPS SR, ANS CR

1. Úvod

Poskytovanie leteckých navigačných služieb bolo dlho považované za monopolné odvetvie, v ktorom jednotlivé infraštruktúrne podniky (poskytovatelia), poskytovali letecké navigačné služby na národných monopolných trhoch výhradne vo verejnom záujme. Poskytovatelia navigačných služieb neboli ako množina nikdy považovaní za subjekty, ktoré vykonávajú činnosti za účelom tvorby zisku. Avšak v posledných (približne desiatich) rokoch sa v súvislosti s niektorými poskytovateľmi začína frekventovanejšie objavovať pojem komercializácia. Podľa slovníka Cambridge znamená komercializácia „organizáciu činností, za účelom tvorby zisku“, čo predstavuje viditeľný odklon od zaužívaného pohľadu na poskytovateľov leteckých navigačných služieb. Väčšina autorov venujúcich sa tejto problematike spája komercializáciu poskytovateľov leteckých navigačných služieb výhradne s ich organizačno-vlastníckou štruktúrou a uplatňovaním spôsobov riadenia typických pre súkromný sektor.

Problematike komercializácie poskytovateľov leteckých navigačných služieb sa vo veľkom rozsahu venovala aj Tomová (2015, 2016 a 2017). Vo svojom článku z roku 2015 hovorí o komercializovaných poskytovateľoch leteckých navigačných služieb ako o takých, u ktorých sú uplatňované princípy riadenia typické pre súkromný sektor. Avšak komercializáciu autorka ako jedna z prvých popisuje aj ako *poskytovanie leteckých navigačných služieb na komerčnom princípe*. Tomová (2016) sa ďalej venuje problematike komercializácie poskytovateľov leteckých navigačných služieb. Predchádzajúce členenie produktu autorka ďalej rozširuje o dva prístupy k produktu. Klasický pohľad na produkt, ktorým sa pozerá na produkt ako v článku (Tomová, 2015) a komerčný, ktorý rozlišuje služby na základe ich poskytovania na domácom trhu (teda regulovanom) alebo na komerčnej báze (teda neregulovanej). Autorka ďalej hodnotí aj niektorých komercializovaných poskytovateľov Tomová (2017) na základe príkladu NATS tvrdí, že trh s poskytovaním leteckých navigačných služieb prestáva mať protekcionistický a národný charakter, ale začína nadobúdať

nadnárodnú podstatu. Tomová vo svojich článkoch ako jedna z prvých autorov priamo hovorí o komercializácii ako o činnosti spojennej s orientáciou na komerčné formy príjmov. Materna (2018) lingvistickou analýzou mnohých definícií dokázal, že komercializácia: „*Komercializácia poskytovateľov leteckých navigačných služieb je proces dodávania komerčných služieb a produktov na trhy s leteckými navigačnými službami, resp. podpornými a doplnkovými službami s využitím inovatívnych foriem riadenia za účelom tvorby dodatočných ziskov*“.

2. História podnikov

Rok 1989 predstavoval pre Česko-slovenskú federatívnu republiku (ČSFR) významný medzník. Pád komunistickej strany znamenal prechod od totalitného režimu k demokracii. Tento jav sa neodrazil iba v spoločensko-politickej sfére, ale mal aj priamy vplyv dopravu, ako dôležitú súčasť infraštruktúry národného hospodárstva. Tieto zmeny sa dotýkali aj národného poskytovateľa leteckých navigačných služieb ŘLP ČSFR. V roku 1993 došlo k rozdeleniu ČSFR na dve samostatné krajiny, čo predstavovalo pre spoločného národného poskytovateľa ŘLP ČSFR etapu najväčších organizačno-vlastníckych zmien.

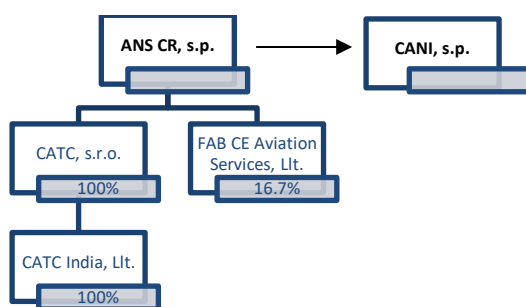
Delenie majetku, personálu i činností zanikajúcej organizácie, prebiehajúce podľa Ústavného zákona o delení majetku federácie, značne odčerpalo kapacity riadiacich, správnych a prevádzkových pracovníkov. Spolu s negatívnym prístupom nadriadených orgánov k snahám ŘLP ČSFR o riešenie vlastného postavenia, vnesením trhovo ekonomických princípov znemožnilo dosiahnuť aspoň čiastočný pokrok ešte v roku 1992. Svoj vplyv vtedy zohrala aj absencia moderného leteckého zákona, ktorý by nahradil v tom čase už 36 rokov starý zákon z čias totality, rovnako ako zastarané metódy riadenia civilného letectva a konzervatívna neochota opúšťať príkazové metódy predchádzajúceho režimu.

Rozdelenie ČSFR k 31. decembra 1992 si však vynútilo úpravy existujúcich privatizačných aj technologických projektov podľa novej situácie, ktorá nastala vznikom dvoch nástupníckych organizácií - Řízení letového provozu České republiky (ŘLP ČR) a

Leteckých prevádzkových služieb Slovenskej republiky (LPS SR) od 1. januára 1993.

3. ANS CR, s.p.

ANS CR (Řízení letového provozu České republiky) je národný poskytovateľ leteckých navigačných služieb pre Českú republiku, ktorý má na národnom trhu monopolné postavenie. Podnik je organizačne usporiadaný ako štátny podnik v úplnom verejnom vlastníctve. Okrem poskytovania navigačných služieb vo verejnom záujme sa ANS CR venuje niekoľkým komerčným aktivitám v oblasti doplnkových služieb prostredníctvom Czech Air Navigation Institute, s.p. (CANI) a Czech Aviation Training Centre, s.r.o. (CATC). Tento fakt podnik proklamuje aj vo svojej výročnej správe z roku 2017, kde tvrdí: „Vedle rozvoje hlavní činnosti – poskytování letových provozních služeb – klade strategie podniku důraz na rozšiřování komerčních aktivit“ (ANS CR, 2018). Spoločnosť je takisto účastná v nekomerčnej joint-venture spoločnosti FABCE Aviation Services Ltd.



Obrázok 1: Organizačno-vlastnícka štruktúra ANS CR, s.p. (Zdroj: Autori).

Školenie a výcvik personálu je jednou z hlavných komerčných činností ANS CR. Tieto doplnkové služby sú poskytované na medzinárodnej úrovni štátnym podnikom Letecká škola – Czech Air Navigation Institute, s.p. (CANI), ktorý je vo verejnom vlastníctve Českej republiky, avšak za organizáciu jeho činnosti, zabezpečovanie odborného výcviku a vzdelávania je zodpovedný ANS CR. CANI poskytuje školenie a výcvik personálu leteckých navigačných služieb na domácom trhu pre potreby ANS CR ale aj na medzinárodných trhoch pre iných poskytovateľov leteckých navigačných služieb. Od roku 2017 poskytuje CANI výcvik riadiacich letovej prevádzky pre BHANSA (Bosnu a Hercegovinu). V súčasnej dobe boli podpísané zmluvy o budúcom komerčnom výcviku riadiacich letovej dopravy Avinor (Nórsko) a MATS (Matla). Okrem výcviku zameraného na letecké navigačné služby poskytuje CANI aj teoretický výcvik súkromných, obchodných, dopravných pilotov a ostatných leteckých pracovníkov.

Druhou komerčne orientovanou organizáciou patriacou pod ANS CR je ich dcérska spoločnosť Czech Aviation Training Centre, s.r.o. (CATC). Spoločnosť CATC sa špecializuje na poskytovanie výcviku pre pilotov, palubného personálu a technických pracovníkov. Z pohľadu výcviku pilotov poskytuje CATC viacero možností kvalifikačných kurzov, vrátane typovej kvalifikácie zabezpečovanej troch full-flight simulátoroch (B737, A320 a L410, ATR42/72). Czech Aviation Training centre má od roku 2014 dcérsku spoločnosť v Indii, avšak podľa tvrdia z výročných správ RLP (2018) sú dlhodobý majetok a odpisy vykazované spoločnosťou CATC India sú z hľadiska konsolidačného celku úplne nevýznamné.

ANS CR vykonáva niekoľko komerčných aktivít v segmente doplnkových služieb na domácom, ale aj na zahraničných trhoch. Hlavným komerčným zameraním ANS CR sa stal výcvik personálu nielen v súvislosti s leteckými navigačnými službami, ale aj z dôvodu širokého spektra leteckého personálu. Organizačne sú komerčné aktivity od ANS CR separované pomocou založenia dcérskej spoločnosti CATC a štátneho podniku CANI, ktorý je síce priamym majetkom štátu (nie ANS CR), ale prevádzkovo za neho zodpovedá ANS CR.

4. LPS SR, š.p.

Štátny podnik Letové prevádzkové služby Slovenskej republiky (LPS) je monopolným poskytovateľom leteckých navigačných služieb vo vzdušnom priestore Slovenskej republiky. Podnik prešiel procesom korporatizácie v roku 2000, kedy sa organizačne odčlenil od ministerstva dopravy, zmenil svoj názov z RLP SR na LPS SR a nadobudol stav štátneho podniku.

Letové prevádzkové služby vo svojej výročnej správe z roku 2016 tvrdili že: „LPS SR, š. p. chce pokračovať v rozvoji svojej schopnosti poskytovať niektoré z podporných činností súvisiacich s manažmentom letovej prevádzky na komerčnej báze (napríklad výcvik, konzultácie, služby súvisiace s infraštruktúrou), expandovať tieto služby za hranice Slovenska a stať sa regionálnym lídrom v uvedenej doméne v horizonte piatich rokov“ (LPS, 2017). Aj napriek týmto tvrdeniam, LPS nevykazuje v dobe písania tejto práce žiadne známky komerčných aktivít alebo komerčného zamerania. LPS nedisponuje vlastníctvom žiadnych dcérskych spoločností. Podnik sa podieľa na vlastníctve joint-venture spoločnosti FAB CE Aviation services Ltd., ktorá však v dobe písania tejto práce nevykonáva komerčné aktivity, ale je založená za účelom zlepšenia kooperácie poskytovateľov leteckých navigačných služieb vo FAB-e Centrálna Európa.



Obrázok 2: Organizačno-vlastnícka štruktúra LPS (Zdroj: Autori).

Slovenský poskytovateľ navigačných služieb nemá vo svojej vnútropodnikovej organizačnej štruktúre žiadnu divíziu, ktorú by bolo možné priamo spájať s rozvíjaním komerčných aktivít. LPS SR vo svojej najviac aktuálnej výročnej správe pre roku 2017 síce tvrdí, že: „Organizačnou zmenou platnou od 1. októbra 2017 vznikla nová divízia podpory a stratégie. Medzi jej hlavné ciele patrí koordinácia prípravy strategických materiálov, podpora implementácie projektov a koordinácia medzinárodných vzťahov podniku“ (LPS, 2018), avšak podnik nikde nedeclaruje, že by táto divízia priamo plánovala rozvíjať komerčné aktivity. Vytvorenie vnútro-podnikovej divízie, prípadne dcérskej spoločnosti, ktorá by sa zaoberala komerčnými aktivitami a činnosti s nimi spojenými je jednoznačne prvý krok k úspešnému rozvíjaniu komerčných aktivít. Takéto organizačné, prípadne organizačno-vlastnícke separovanie komerčných aktivít od poskytovania ANS vo verejnom záujme je viditeľné u väčšiny poskytovateľov leteckých navigačných služieb, ktorí vykonávajú komerčné aktivity.

4.1. Návrh opatrení v súvislosti s komercializáciou

Ak by podnik v budúcnosti plánoval rozvíjať komerčné aktivity v oblasti ANS, je potrebné definovať základné strategické oblasti rozhodovania o budúcom smerovaní komerčného podnikania. Ansoffova matica je vhodný nástroj na tento účel. Strategické rozhodovanie v oblasti komercializácia zahŕňa dve základné zložky, ktoré obsahuje aj Ansoffova matica – produkty (existujúce a nové) a trhy (existujúce a nové).

Tabuľka 1: Ansoffova matica pre LPS SR, š.p. (Zdroj: Autori).

		Produkty	
		Existujúce	Nové
Trhy	Existujúce	<p><i>Pokračovanie v joint-venture spolupráci FAB CE Aviation Services za účelom naplnenia SES cieľov</i></p> <p>Trhová penetrácia</p>	<p><i>Spolupráca s Ozbromenými silami SR pri implementácii nových technológií</i></p> <p>Rozvoj produktu</p>
	Nové	<p><i>Komerčné výstupy FAB CE Aviation Services</i></p> <p>Rozvoj trhu</p>	<p><i>Produkt komerčného výcviku riadiacich letovej prevádzky a pseudopilotov</i></p> <p><i>Konzultačné služby</i></p> <p>Diverzifikácia</p>

4.1.1. Trhová penetrácia

Najmenej rizikovou stratégiou je stratégia trhovej penetrácie. Ide o stratégiu ponúkajú existujúceho produktu na existujúcom trhu. Z tohto pohľadu je možné využiť (v dobe písania práce) nekomerčnú spoluprácu s ostatnými členmi stredoeurópskeho bloku vzdušného priestoru FAB CE prostredníctvom joint-venture spoločnosti FAB CE Aviation Services. Prostredníctvom tejto spolupráce by sa LPS SR mohlo snažiť o maximalizovanie úspešnosti v plnení cieľov SES nielen v prostredí FAB CE, ale aj na domácom trhu. To by mohlo mať v konečnom dôsledku zvýšenie nákladovej a prevádzkovej efektivity a teda skvalitnenie existujúceho produktu poskytovania ANS na národnom trhu. Trhový podiel na súčasnom trhu síce zostáva rovnaký, avšak skvalitnenie poskytovaných služieb a s tým spojené „know-how“ má jednoznačne pozitívny efekt pre ďalšie rozvíjanie komerčných aktivít.

4.1.2. Rozvoj trhu

Stratégia rozvoj trhu je z pohľadu rizikovosti viac náročná ako predchádzajúca stratégia. Táto stratégia obsahuje zavádzanie existujúceho produktu na nové trhy. Pre LPS je taktiež možné využiť účasť na vlastníctve joint-venture spoločnosti FAB CE Aviation Services, ktorá v dobe písania tejto práce nevykazuje žiadne komerčné aktivity. Spoločnosť je zameraná na nekomerčnú spoluprácu členov FAB CE. Avšak to neznamená, že v budúcnosti nie je možné ponúkať jej output vo forme konzultácií pre iných poskytovateľov vzdušného priestoru, prípadne funkčné bloky vzdušného priestoru na komerčnej báze. To by teda znamenalo vstup s existujúcim know-how na nové medzinárodné trhy. Výhodou je, že táto spoločnosť už má

sídlo v inej krajine ako SR a do podielu jej vlastníctve už bola vykonaná finančná investícia. LPS by teda prostredníctvom tejto spoločnosti mohla poskytovať konzultačné služby na komerčnej báze bez významných finančných investícií, čo minimalizuje jedno z hlavných rizík vyplývajúcich z penetrácie zahraničných trhov.

4.1.3. Rozvoj produktu

Ďalšou stratégiou, ktorá je z pohľadu rizikovosti zaradená medzi náročnejšie, je rozvoj produktu. Táto stratégia pozostáva zo zavádzania nových produktov na existujúce trhy. Z pohľadu LPS by mohlo ísť o komerčnú spoluprácu s Ozbromenými zložkami Slovenskej republiky pri inovácii ich existujúcej navigačnej infraštruktúry na existujúcich vojenských letiskách. LPS by pri tejto komerčnej aktivite mohlo figurovať ako komerčný poskytovateľ know-how pri výbere technológií a neskôr ako poskytovateľ služieb týkajúcich sa inštalácie, údržby a kalibrovania týchto zariadení. Takéto služby by LPS mohla poskytovať samostatne prostredníctvom vnútro-podnikovej divízie na to určenej, čo predstavuje aj finančne najmenej nákladnú alternatívu. Druhou možnosťou je vytvorenie joint-venture spolupráce s podnikom, ktorý ma s takýmito druhmi podnikania isté skúsenosti. V oblasti Slovenskej republiky by to mohla byť napríklad spoločnosť Techniserv, s.r.o., ktorá má bohaté skúsenosti s obstarávaním a implementáciou technológií v oblasti letectva.

4.1.4. Diverzifikácia

Najnáročnejšou stratégiou komerčného rozvoja LPS z pohľadu rizikovosti je diverzifikácia. Ide o stratégiu, kedy sa spoločnosť snaží penetrovať nové (zahraničné) trhy s inovatívnymi produktom. To zahŕňa investíciu nielen do vývoja produktu, ale aj do penetrácie zahraničných trhov a s tým spojeným vytvorením dcérskej alebo joint-venture spoločnosti. Prvou možnosťou rozvoja stratégie diverzifikácie je penetrácia zahraničných trhov s komerčným výcvikom riadiacich letovej prevádzky a pseudopilotov. S touto činnosťou má LPS dlhodobé skúsenosti, pretože tento výcvik v súčasnej dobe zabezpečuje nielen pre vlastné potreby, ale aj pre potreby Ozbromených síl Slovenskej republiky. Ďalšou komerčnou aktivitou, s ktorou by bolo možné penetrovať zahraničné trhy sú konzultačné služby získané v spolupráci s FAB CE, ale aj rokmi poskytovania ANS v malom vzdušnom priestore v strede Európy podľa vysokých prevádzkových a bezpečnostných štandardov.

Problémom oboch týchto činností je však výber správnych trhov na ich rozvíjanie. Z pohľadu súčasného stavu problematiky v Európe je zjavné, že „veľkí hráči“ majú všetky tieto aktivity pokryté veľkým množstvom dcérskejších a joint-venture spoločností. LPS v súčasnej dobe s najväčšou pravdepodobnosťou nemá kapacity, aby konkurovala etablovaným komerčným hráčom v európskom neregulovanom priestore. Potenciálne vhodným trhom pre tieto druhy komerčných aktivít by mohli byť menšie ázijské krajiny, na ktoré ešte neprenikli „veľkí hráči“. LPS má ako európsky poskytovateľ leteckých navigačných služieb bohaté skúsenosti nielen s výcvikom, ale aj s náročnými regulačnými a technickými požiadavkami na poskytovanie ANS v Európe, čo je možné komerčne využiť. Na strane druhej Slovensko nepredstavuje zástupcu silných globálnych ekonomík, čo by pre niektoré štáty mohlo predstavovať vhodnejšiu alternatívu prítomnosti silných globálnych ekonomík na ich národnom trhu. Práve kombinácia

týchto faktorov by mohla LPS priniesť úspech na menších trhoch Ázie.

Rozvíjanie takýchto medzinárodných aktivít však predstavuje najviac rizikovú stratégiu. Na poskytovanie takýchto činností je jednoznačne potrebné založenie dcérskej spoločnosti. To predstavuje veľkú finančnú investíciu s rizikom, že nebude dostatočne rentabilná. Logickou voľbou by teda bolo založenie joint-venture spoločnosti, kde by sa riziko rozdelilo medzi viaceré subjekty. Otázkou zostáva výber vhodného partnera / partnerov a ich ochota sa podieľať na takýchto projektoch.

4.2. Zhrnutie odporúčaní

Na základe výskumu iných komerčne orientovaných poskytovateľov leteckých navigačných služieb a trhovo-produktovej analýzy pomocou Ansoffovej matice je možné navrhnúť pre LPS SR š.p. niekoľko odporúčaní v súvislosti s komercializáciou.

- Po vzore iných úspešných komercializovaných poskytovateľov ANS vytvoriť vnútro-podnikovú divíziu alebo dcérsku spoločnosť, ktorej hlavným zameraním je organizácia a tvorba komerčných aktivít a služieb. Týmto opatrením sa vytvorí prirodzená separácia poskytovaných služieb regulovanom a neregulovanom (komerčnom) segmente.
- Rozvíjať existujúcu spoluprácu s ďalšími poskytovateľmi leteckých navigačných služieb s joint-venture FAB CE Aviation Services za účelom získania know-how pre zvýšenie nákladovej a prevádzkovej efektívnosti poskytovania navigačných služieb na národnom trhu. Získané know-how môže predstavovať významný základ pre rozvíjanie ďalších komerčných aktivít.
- Využiť nadobudnuté know-how a existujúci podiel na joint-venture vlastníctve FAB CE Aviation Services za účelom snahy o penetráciu zahraničných trhov. Hlavným outputom spoločnosti sú informácie a skúsenosti nadobudnuté spolupracou viacerých poskytovateľov ANS. Takto nadobudnuté know-how je možné komercializovať formou ponúkajú konzultačných aktivít v oblasti zvyšovania prevádzkovej a nákladovej efektívnosti jednotlivých poskytovateľov nielen na národnej úrovni, ale aj na úrovni FAB-u ako celku.
- Sledovať situáciu a naviazať možnú komerčnú spoluprácu s Ozbromenými silami Slovenskej republiky pri pripravovanom projekte modernizácie slovenských vojenských letísk. Na základe miery a rozsahu projektu zväziť joint-venture spoluprácu so súkromnými spoločnosťami, ktoré majú v danej oblasti skúsenosti.
- Identifikovať nové zahraničné trhy mimo Európy, na ktorých je možné rozvíjať komerčné aktivity v oblasti výcviku a poradenstva na báze dlhoročných skúseností s výcvikom vlastného personálu a pôsobenia v silno (technicky aj ekonomicky) regulovanom prostredí poskytovania ANS v Európe.
 - Po vzore britského NATS zväziť možný rozvoj komerčnej spolupráce so slovenským Dopravným úradom. Ten by mohol predstavovať zaujímavý zdroj komerčných produktov, hlavne v oblastiach

konzultácií založených na dlhoročných skúsenostiach slovenského Dopravného úradu, v oblasti silno regulovaného letectva v prostredí EÚ.

- Prostredníctvom spomínaného Dopravného úradu by bolo možné zo strany štátu vykonávať aj potrebnú politickú diplomaciu, ktorá by mohla pomôcť vstupu LPS SR, š.p. na zahraničné trhy.
- Sledovať nadchádzajúcu komercializáciu terminálnych navigačných služieb v Nórsku a prípadne zväziť možnosti vstupu na daný trh.

5. Záver

Aj napriek bohatej spoločnej histórii sa podniky RLP CR a LPS SR po rozdelení vydali diametrálne odlišnou cestou. Zatiaľ čo český poskytovateľ leteckých navigačných služieb prejavuje silnú snahu o komerčné aktivity, tak slovenský poskytovateľ sa aj napriek deklarácii záujmu o komerčné aktivity drží zaužívanému poskytovaniu služieb výhradne vo verejnom záujme. Ak by sa však Letové prevádzkové služby, š.p. rozhodli vydať cestou komerčných aktivít, tak pre nich existujú segmenty trhu, ktoré majú silný potenciál.

Pod'akovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **VEGA 1/0006/17** s názvom „*Ekonomická integrácia európskeho vzdušného priestoru ako štrukturálny a regulačný problém*“.

Referencie

- ANS CR. 2018. Výročná správa 2017. Dostupné na: http://www.rlp.cz/spolecnost/vykonnost/vyrocnizpravy/RLP_VZ%202017_CZ_update.pdf
- LPS SR. 2018. Výročná správa 2017. Dostupné na: <https://www.lps.sk/images/vs/vyrsprava2017sk.pdf>
- LPS SR. 2017. Výročná správa 2016. Dostupné na: <https://www.lps.sk/images/vs/vyrsprava2016sk.pdf>
- Materna, M. 2019. Commercialisation of air navigation service providers as an issue of definition. New trends in civil aviation 2018: Proceedings of the 20th international conference, s. 19-22. ISBN 978-80-554-1530-7.
- Tomová, A. 2015. The need for new directions in airspace economics: Seventy years after Chicago. Journal of Air Transport Management, číslo 44-45.
- Tomová, A. 2016. Are commercial revenues important to today's European air navigation service providers? Journal of Air Transport Management, číslo 54.
- Tomová, A. 2017. Two businesses of air navigation service providers: The case study of NATS. Transportation Research Procedia, číslo 28, s. 99-105.

ELECTRONIC FLIGHT BAG USED IN THE FLIGHT SCHOOL LVVC

ELEKTRONIC FLIGHT BAG V PROSTRĚDÍ LETECKÉ ŠKOLY LVVC

Andrej Novák

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

Ľubomír Kováčik

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

Alena Novák Sedláčková

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

Tomasz Lusiak

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

Abstract

This paper is oriented on issues with using EFB in the flight schools LVVC UNIZA. In the beginning paper describes history of EFB and important legislation which is essential in using EFB. Idea of this thesis is to find the right Electronic Flight Bag for flight school with needed equipment and create rules of use. To be able to find this EFB, author made a market research to find the possible devices. After that SWOT analysis was made to find out what are the strengths, weaknesses, opportunities and threats of using EFB in the LVVC UNIZA.

Keywords

aircraft, EFB, documentation, flight bag, LVVC

1. Úvod

Používanie elektronickej dokumentácie na palube lietadla je jednou z tém ktorými sa zoberá civilné letectvo už niekoľko desiatok rokov. Vývoj zavedenia elektronickej dokumentácie siaha do polovice 90 rokov, kedy sa začali používať osobné počítače a elektronicke zariadenia. V počiatkoch ich použitie na palube lietadla bolo iba experimentálne, ale postupom času sa zmenilo na rutinu až konkurenčnú nutnosť. Electronic Flight Bag (EFB) alebo inými slovami „elektronická letová taška“ je v podstate počítač prípadne tablet, v ktorom je uložená všetka dokumentácia v elektronickej podobe. Služi ako náhrada tradičnej letovej tašky, kde bola uložená všetka dokumentácia v papierovej podobe. Takáto dokumentácia mohla vážiť aj 15 kg a piloti ju museli mať vždy so sebou. Elektronická verzia tejto tašky nie len ušetrí hmotnosť, keďže moderné EFB majú hmotnosť okolo 0,5 kg ale taktiež umožňuje členom posádky lietadla pracovať efektívnejšie, keďže nie sú nútení vykonávať niektoré činnosti manuálne ako napríklad výpočet hmotnosti a vyváženia.

1.1. Požiadavky na EFB

Pri konštruovaní a programovaní systémov používaných v letectve, je potreba dbať na celý rad dôležitých faktorov, ktoré je treba dodržať pri navrhovaní týchto systémov. Pri zariadení EFB sa jedná sa najmä o tieto faktory:

- Primeraná použiteľnosť – zariadenie by malo byť udržiavateľné pri čo najmenších možných nákladoch
- Správne fungovanie – zariadenie by malo byť 100% spoľahlivé v každej situácii, ktorá môže nastať
- Vhodná doba odozvy – zariadenie by malo mať čo najkratšiu dobu odozvy. V prípade náročnejších aplikácií alebo výpočtov sa jedná o sekundy a pre jednoduchšie aplikácie a výpočty hovoríme o milisekundách

- Pomer cena/výkon – jedná sa o dôležitý faktor, ktorý sa zohľadňuje pri výbere každého zariadenia. Ponúknuté možnosti zariadenia by mali patrične cenovo zodpovedať

1.2. Hardvér a softvér

Vo všeobecnosti, z hľadiska spoľahlivosti systémov, nie je možné potenciálne riziká spojené s hardvérom a softvérom celkovo eliminovať. Výskyt porúch je pri oboch skupinách rozdielny. Zatiaľ čo hardvér podlieha konštrukčnému a prevádzkovému opotrebeniu, teda je závislý na čase, softvér je predovšetkým náchylný na návrhové chyby a teda spoľahlivosť nie je časovo závislá. Avšak chyby softvéru sú väčšinou do systému zavádzané prostredníctvom aktualizácií a rôznych zmien. (Jianto, P., 1999)

Obzvlášť veľký pozor je treba dať na prenosné platformy, ktoré sú voľne dostupné na trhu. Väčšina týchto výrobcov nepredpokladá použitie týchto výrobkov v podmienkach aké poskytuje letectvo a teda nie sú k tomu nijak prispôbené.

Porucha a následné znemožnenie použitia ktorejkoľvek časti systému EFB môže spôsobiť veľké riziko. Jedná sa hlavne o aplikácie spojené s výpočtom vyváženia lietadla. Akákoľvek malá chyba softvéru môže mať až fatálne následky. Každý systém by mal byť vybavený nejakým kontrolným mechanizmom, ktorý včas indikuje poruchu. (Johnstone, N., 2013)

Na rozdiel od porúch softvéru, mechanické poruchy zariadenia nepredstavujú ohrozenie pre posádku. Výnimkou je poškodenie zariadenia na toľko, že dôjde k následnému požiaru. Avšak, stav kedy dôjde k prípadnému prehriatiu zariadenia a následnému obmedzeniu funkcií alebo k prípadnému vypnutiu zariadenia, nepredstavuje ohrozenie pre posádku. Z bežných porúch sa môžu spomenúť poruchy displeja a jeho činnosti, problémy z napájaním zariadenia prípadne nefunkčnosť častí zariadenia.

Ďalším z rizík je možnosť ovplyvnenia iných zariadení zariadením EFB. Prístroj, ktorý vysiela elektromagnetické žiarenie, môže ovplyvniť ostatné prístroje, predovšetkým komunikačné

zariadenia letúna a teda znížiť schopnosť dorozumievania sa medzi pilotmi a ATC.

1.3. Legislatíva v oblasti EFB

Základným dokumentom popisujúcim požiadavky na EFB je AMC 20-25, ktorý je vydávaný Európskou agentúrou pre bezpečnosť civilného letectva (EASA) a celá problematika EFB je v tomto dokumente detailne popísaná a vysvetlená.

Obsah a štruktúra tohto dokumentu sú v súlade so záväznými požiadavkami a nariadením obsiahnutým v CAT.GEN.MPA.180, (EC) No 20114/2003 a (EU) No 748/2012. Vo svojej časti 3 REFERENCE DOCUMENTS, respektíve podkapitolách 3-1 Related Requirements, 3.2 Related Certification Specification a 3.3 RELATED GUIDANCE MATERIAL, navyše odkazuje na všetky súvisiace certifikačné špecifikácie a materiály konkrétne. Týmto uľahčuje proces získania schválenia využitia EFB zariadenia. (Tuma, J., 2017)

Na základe špecifikácií v AMC 20-25, papierová dokumentácia môže byť úplne nahradená EFB len po detailnom preskúmaní rizík a testovaní na simulátore. Zariadenie EFB sa testuje pri normálnych a núdzových situáciách.

1.3.1. Povinné doklady na palube lietadla

Podľa Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva (§ 14, odst. (1), letecký zákon, doklady, EASA, NCO) je nutné počas letu mať na palube lietadla nasledovné dokumenty:

- „osvedčenie o zápise lietadla do registra lietadiel
- osvedčenie letovej spôsobilosti lietadla
- palubný denník alebo doklad, ktorý ho nahrádza
- povolenie na zriadenie a prevádzkovanie spojových a rádionavigačných zariadení, ak sú na palube
- doklad o poistení zodpovednosti za škodu spôsobenú prevádzkou lietadla“

Navyše podľa Nariadenia Komisie tzv. Príloha VII k s označením „Letecká prevádzka – OPS“ časť NCO-IR, ktoré vydala EASA, je nutné mať na palube lietadla počas letu aj nasledovné dokumenty vo forme originálov alebo kópií, ak nie je stanovené inak:

1. „letová príručka lietadla (AFM);
2. originál osvedčenia o zápise do registra;
3. originál osvedčenia o letovej spôsobilosti (CofA), Príloha VII „Časť NCO“ strana 10 z 47;
4. osvedčenie o hlukovej spôsobilosti, ak je to použiteľné;
5. zoznam osobitných povolení, ak je to použiteľné;
6. povolenie palubnej rádiostanice, ak je to použiteľné;
7. doklad o poistení zodpovednosti za škodu spôsobenú prevádzkou lietadla tretej strane;
8. palubný denník lietadla alebo dokument, ktorý ho nahrádza;
9. podrobnosti vyplneného letového plánu letových prevádzkových služieb (ATS), ak je to použiteľné;

10. platné a vyhovujúce letecké mapy plánovanej trasy letu a všetkých trás, ktorými môže viesť prípadná odchýlka od plánovanej trasy;

11. informácie o postupoch a vizuálnych signáloch, ktoré majú používať zakročujúce lietadlá alebo lietadlá, proti ktorým sa zakročuje;

12. zoznam minimálneho vybavenia (MEL) alebo zoznam odchýlok v konfigurácií (CDL), ak je to použiteľné;

13. akákoľvek iná dokumentácia, ktorá sa môže týkať letu alebo ktorú požadujú štáty, nad ktorých územím sa má uskutočniť let.

Pri letoch, ktoré:

- plánujú vzlietnuť a pristáť na tom istom letisku/prevádzkovom mieste; alebo
- zotrvávajú vo vzdialenosti alebo oblasti stanovenej príslušným orgánom;

Dokumenty a informácie uvedené v bodoch 2 až 8 môžu zostať uložené na letisku alebo prevádzkovom mieste. „Veliteľ lietadla musí poskytnúť príslušnú dokumentáciu v primeranom čase od požiadania. (Novák Sedláčková, A, 2015)

2. Technické riešenie pre LVVC UNIZA

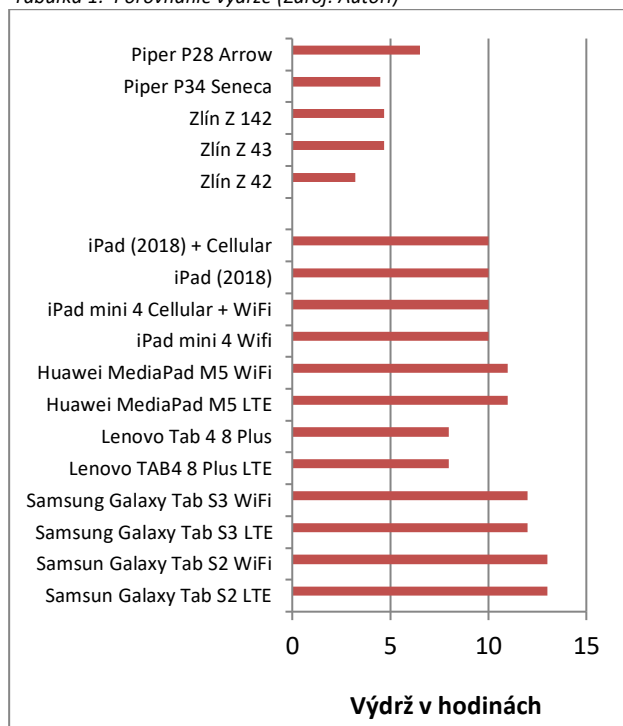
Keďže Letecké výcvikové a vzdelávacie centrum UNIZA disponuje lietadlami Zlín Z142, Z242, Z43, Z42 Piper PA34 Seneca, Piper PA28 Arow, je potrebné vyriešiť použitie tabletu priamo v týchto typoch lietadiel. Jedná sa o lietadlá z rôznym typom umiestenia riadiacej páky a zároveň používaných pri rôznych fázach výcviku. Tu je nutné pristupovať rôzne k použitiu a uchyteniu zariadenia v lietadlách. (Kandera, B, 2015)

2.1. Porovnanie výdrže

V nasledujúcom grafe sú porovnané výdrže batérie tabletov s maximálnou dobou letu lietadiel, ktoré vlastní Letecké výcvikové a vzdelávacie centrum UNIZA. Ako môžeme vidieť, výdrž tabletov pri plnom nabití ďaleko prekonáva možnosti výdrže lietadiel. Časom síce táto výdrž môže degradovať, avšak aj pri polovičnej výdrži tabletu bude stále vytvorená istá rezerva. Treba zdôrazniť, že výdrž batérie závisí aj od vyťaženia zariadenia.

V nasledujúcej tabuľke sú vybrané zariadenia, ktoré sú vhodné a následne k nim boli vybrané aplikácie, vhodné pre leteckú školu UNIZA. Ide o aplikácie Garmin pilot, ktorá je komplexná aplikácia pre všetky typy letov, následne Databáza letísk a AeroWeather. Ako uchytenie bol vybraný nákolenník z dôvodu komplexnosti použitia v rôznych typoch lietadlách, nakoľko montáž iného zariadenia na palube lietadla by si vyžiadala dodatočnú certifikáciu. Respektíve použitie certifikovaného upevňovacieho zariadenia.

Tabuľka 1: Porovnanie výdrže (Zdroj: Autori)



Tabuľka je vytvorená len z tabletov, ktoré majú dátové pripojenie, pretože ich použitie je omnoho komplexnejšie ako tablety, ktoré dátové pripojenie nemajú. Tablety bez dátového pripojenia sú síce lacnejšie, avšak následne je nutné k nim dokúpiť externé prijímače, čo v konečnom dôsledku vyjde cenovo rovnako prípadne drahšie a zväčší sa riziko možnosti poruchy.

Z tabuľky môžeme vidieť, že finančne najnáročnejšia možnosť je zakúpenie iPadu mini 4 Cellular za 773,98€ a najlacnejšia možnosť je Lenovo TAB 4 540,98 €. Je však treba dopredu zvážiť, ktorý s týchto tabletov je výhodnejšie kúpiť. iPad mini 4 je od najlacnejšej možnosti drahší o 240 €, avšak kvalitou ďaleko predbieha všetkých svojich konkurentov. Disponuje všetkými potrebnými senzormi a hlavne funkciou A-GPS, ktorá je užitočná počas letu pretože ja jej funkciu nie je potrebné použiť dátového pripojenia, ktoré musí byť tak či tak vypnuté, z dôvodu možnej interferencie s ostatnými prístrojmi. Taktiež rýchlosť práce a odozvy lacnejších Android tabletov môže robiť problémy pri práci s viacerými aplikáciami. Z Android tabletov je najvýhodnejší Samsung Tab S2, ktorý vyniká kvalitou displeja a taktiež výdržou batérie.

Z iOS tabletov sme vybrali iPad mini 4, ktorý je síce drahší za cenu väčšej pamäte, menšej celkovej veľkosti a hmotnosti. V menších kokpitoch lietadiel je viac praktickejšia a jednoduchšia na umiestnenie.

3. SWOT analýza použitia EFB v prostredí LVVC

3.1. Silné stránky použitia EFB

- rýchlejšia práca s informáciami

Žiaci a inštruktori vedia rýchlo a efektívne nájsť všetky potrebné informácie k uskutočneniu letu, prípadne aj počas letu. Jedná sa najmä o správy TAF, METAR a statické letecké mapy.

- jednoduchosť používania

Väčšina aplikácií je navrhnutá tak aby posádka mala čo najviac uľahčenú prácu v predletovej príprave a taktiež počas letu. Aplikácie sú preto vytvorené prehľadne.

- možnosť zaznamenávania letu a následná analýza

V prípade sólo letu ale aj pri lete s inštruktorom je možné zaznamenávať informácie o lete. V debriefingu je možné tieto informácie zanalyzovať. Táto činnosť sa môže uskutočniť len v prípade použitia aplikácie, ktorá zaznamenávanie letu umožňuje.

- spoľahlivosť
- zvýšenie bezpečnosti

3.2. Slabé stránky použitia EFB

- spoliehanie sa na zariadenie

Pri výcviku mal žiak získať všetky potrebné informácie k tomu aby vedel let vykonať samostatne bez pomoci elektroniky a vedel sa spoľahnúť v prvom rade sám na seba. Je treba zvážiť použitie zariadenia pri prvotných letoch či už VFR alebo IFR. Hlavným článkom, ktorý by mal povoľovať žiakovi použitie zariadenia je inštruktor.

- zvýšená cena kurzu

Zakúpenie zariadenia a požadovaných aplikácií je výdavok, ktorý pri použití papierovej dokumentácie nie je potrebný. Treba si uvedomiť, že niektorým aplikáciám je potrebné predĺžovať každoročnú platnosť, čo nepriamo zvyšuje cenu kurzu.

- nutnosť zriadiť pozíciu administrátora zariadenia

V prípade kúpy EFB zariadení leteckým a vzdelávacím centrom bude treba vytvoriť túto pozíciu. Administrátor bude jediná oprávnená osoba, ktorá bude dohliadať na aktuálnosť aplikácií v zariadeniach.

- prílišná zjednodušenosť aplikácií

Na rýchlu a efektívnu prácu so zariadením musia byť aplikácie zjednodušené.

3.3. Príležitosti

- použitie EFB pri výcviku na simulátore

Letecké výcvikové centrum disponuje rôznymi simulátormi s ktorými by bolo možné zosynchronizovať a použiť EFB zariadenie. Tento tréning by bol vhodný na preskúšanie vedomostí nie len z letu ale aj zo zariadenia.

- väčšia atraktivita

Na Slovensku sa aktuálne nevyskytuje, prípadne vyskytuje len malý počet leteckých škôl, ktoré majú použitie EFB vo svojich oficiálnych osnovách. Použitie tohto zariadenia je v niektorých krajinách ako napríklad USA už bežným štandardom. Taktiež väčšina leteckých spoločností už toto zariadenie má v prevádzke a preto žiaci, ktorý chcú pokračovať cestou dopravného pilota, by radi začali s používaním tohto zariadenia už počas výcviku. Uľahčilo by im istým spôsobom prechod na toto zariadenie v budúcnosti.

3.4. Ohrozenia

- nízka znalosť aplikácií

Treba zaistiť aby žiak, pred tým ako začne zariadenie používať, bol oboznámený so všetkými funkciami, v lepšom prípade aj z týchto funkcií otestovaný inštruktorom.

- rozptýlenie zariadením pri výcviku

Túto možnosť môžeme spojiť s nízkou znalosťou aplikácií, kedy počas letu sa žiak bude viac venovať zariadeniu ako samotnému letu, čo môže viesť k nepozornosti a následným chybám.

- zhoršenie kvality výcviku

V prípade zlej implementácie zariadenia a nepochopenia podstaty použitia vo výcviku, môže dôjsť k degradácii znalostí žiakov a následnému zhoršeniu celkovej kvality výcviku.

Tabuľka 2: SWOT analýza použitia EFB v prostredí LVVC TST (Zdroj: Autori).

Silné stránky	Slabé stránky	Príležitosti	Ohrozenia
Rýchlejšia práca s informáciami	Zvýšenie ceny kurzu	Väčšia atraktivita	Nízka znalosť zariadenia
Jednoduchosť používania	Nutnosť zriadiť funkciu administrátora zariadenia	Použitie EFB pri výcviku na simulátore	Rozptýľovanie zariadením pri výcviku
Možnosť zaznamenávania letu a následná analýza	Spoliehanie sa na zariadenie		Zníženie vedomostí žiakov
Zvýšenie bezpečnosti	Zjednodušenosť aplikácií		Zníženie kvality výcviku

4. Analýza rizík zavedenia EFB v LVVC UNIZA

Pozmeňovací návrh 30 Annexu 6 požaduje, aby organizácia zaviedla Safety Management System, ktorý:

- identifikuje bezpečnostné riziká
- posudzuje riziká
- zaisťuje, aby boli vykonané opatrenia na zaistenie bezpečnosti
- vykonáva nepretržité monitorovanie a pravidelné posudzovanie dosiahnutej úrovne bezpečnosti
- zameriava sa na nepretržité zlepšovanie bezpečnosti (Maragakis, I. et.al., 2009)

Identifikácia nebezpečenstva je proces rozoznania poruchových stavov, ktoré by mohli viesť k nežiaducim udalostiam. Nebezpečenstvo je teda aktivita alebo udalosť, ktorá môže viesť ku potenciálnym zraneniam personálu, poškodeniu príslušenstva a iné. Na identifikovanie nebezpečenstva sa pýtame otázkami: Čo sa môže pokaziť? Čo by mohlo viesť k niečomu, čo by sa mohlo pokaziť?

Riziko môžeme definovať ako kombináciu predpokladanej početnosti a závažnosti následkov nebezpečenstva pri zohľadnení všetkých potenciálnych výsledkov.

Pravdepodobnosť výskytu môžeme vyjadriť nasledovne:

- 0-10% alebo veľmi nepravdepodobné
- 11-40% alebo nepravdepodobné
- 41-60% alebo môže sa vyskytnúť
- 61-90% alebo pravdepodobné že sa vyskytne
- 91-100% alebo veľmi pravdepodobne, že sa vyskytne

Aby sme predišli nebezpečným situáciám je potrebné vytvoriť analýzu rizík, a vytvoriť procedúry, ktoré pomôžu tieto situácie vyriešiť prípadne odstrániť. V prvom rade treba určiť, kto bude zodpovedať za presnosť a aktuálnosť informácií v zariadeniach EFB. Nechať zodpovednosť na žiakovi by bolo nezodpovedné a veľmi riskantné. Preto za aktuálnosť softvéru musí zodpovedať osoba (administrátor). V prípade, že EFB zariadenie nebude vlastniť škola ale študent, bude nutné aby inštruktor v predletovej príprave skontroloval študentovi aktuálnosť aplikácií. Prípadne je vhodné vytvorenie check listu, kde si študent počas predletovej prípravy skontroluje aktuálnosť softvéru a následne podpíše, že to vykonal.

Pri navrhovaní procedúr je dôležité myslieť na zníženie rizika spojeného so zlyhaním zariadenia. Jedná sa najmä o:

- čiastočné alebo úplné zlyhanie zariadenia EFB
- strata dát
- chybné výstupy dát

V prípade, že nastanú takéto situácie, musí byť k dispozícii záloha, či už vo forme druhého EFB zariadenia, alebo v papierovej podobe. Taktiež treba určiť minimálnu kapacitu nabitia batérie, aby k situáciám zlyhania zariadenia vôbec nedochádzalo. Ideálne pre prípad 2 hodinového letu by stav nabitia batérie mal dosahovať od 80-100%. Batéria má výdrž 10 hodín, avšak počas letu je vystavená rôznym podmienkam (zima/teplo), čo môže mať negatívny dopad na výdrž batérie. Jedná sa o prípad, kedy počas letu nie je možné zariadenie nabíjať. V tom prípade, by stav nabitia mohol byť o niečo menší. (Babb, T.A. 2017)

V iných štátoch je používanie EFB bežným štandardom, avšak použitie papierovej formy učenia a lietania počas PPL tréningu je dôležité. Základné porozumenie plánovania letu je podstatné na zvládnutie použitia softvéru na plánovanie letu. Toto zahŕňa plánovanie kurzu, rýchlosti letu a paliva. [28] LVVC má na internete voľne dostupné súbory na výpočet weight and balance pre všetky typy lietadiel. Do EFB zariadenia je teda možné nainštalovať aplikáciu Excel, v ktorej sa výpočty vykonávajú, a v prvotných fázach si môže pomocou tejto aplikácie overiť správnosť svojho výpočtu.

Pri použití zariadenia počas letu je treba vytvoriť filozofiu používania, teda určiť v ktorých fázach letu je zariadenia možné použiť a aké aplikácie. Ideálne je treba vytvoriť zoznam dovolených aplikácií, ktoré je možné počas výcviku použiť. Zabráni sa tak tomu, že každý žiak bude mať vo svojom tablete iné aplikácie s ktorými nemusia byť inštruktori plne

oboznámený. S použitím elektronického zariadenia na palube lietadla počas letu sú spojené určité riziká. Tieto riziká môžu byť nasledovné.

- vybitie zariadenia
- prehrievanie zariadenia – zníženie výdrže batérie
- rozptyľovanie zariadením
- neaktuálnosť aplikácií
- odraz displeja počas letu
- latencia displeja
- závislosť na zariadení

Z tabuľky vyplýva, že s prechodom na tablet sú spojené určité riziká, ktoré pri použití papierovej formy dokumentov neexistujú a existovať nikdy nebudú.

5. Záver

Využitie EFB v leteckej škole je otázkou investície školy do zariadení a vhodného aplikačného softvéru. Prax a trh ukazuje, že je nevyhnutnosť pripravovať študentov na použitie nových technológií tak aby nebola ohrozená ich bezpečnosť. Tu sú k dispozícii dve možné technické riešenia, jedným je zapožičanie zariadenia, kde je správcom zariadenia letecká škola, ktorá využíva tieto zariadenia na výcvik svojich študentov a zapožičiava zariadenia na jednotlivé lety. Druhou možnosťou je personalistova zariadenia vo vlastníctve študentov a inštruktorov tak, aby počas letu bolo zariadenie na základe aplikácie kontrolované leteckou školou. Tu je však riziko použitia nevhodného vyššie nakoľko je obtiažne kontrolovať zariadenie ak nie ste jeho správcu.

Z pohľadu našej analýzy sa javí ako optimálny variant pre LVVC UNIZA obstaráť a personalizovať zariadenia pre inštruktorov a študentov tak, aby boli zabezpečené na každý let, pričom správcu a zodpovedná osoba za OS by bol manažér z LVVC.

Podakovanie

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

Referencie

Babb, T., A. 2017. Electronic Flight Bag Policies at Collegiate Aviation Programs. International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace. Dostupné na: <https://commons.erau.edu/ijaaa/vol4/iss4/8>

Čatloš, M. et al. 2018. Continual Monitoring of Precision of Aerial Transport Objects. New Trends in Aviation Development 2018, s. 30-35. ISBN 978-1-5386-7917-3

Ficová, D. et al. 2016. Effects of automation and electronic devices on board aircraft on pilot skills, training

requirements and flight safety 4/2016, s. 242-269. ISSN 2084-1809.

Ivín, F., Novák, A. 2019. Použitie Electronic Flight Back v prostredí leteckej školy. Práce a štúdie Volume 6. ISBN 978-80-554-1564-2 .

Jiantao, P. 1999. Software Reliability. Philip Koopman's Home Page. Pittsburgh: Carnegie Mellon University.

Johnstone, N. 2013. The Electronic Flight Bag Friend or Foe? Air Safety Group.

Kandera, B. 2015. Letecké prístroje. ISBN 978-80-8181-017-6

Kurdel, P., Lazar, T., Novák Sedláčková, A. 2016. Evaluation of asymptotic learning of operator - pilot in symbiotic simulator environment. INAR - International conference on air transport, s. 84-88. ISBN 978-80-554-1273-3.

Lazar, T. et al. 2017. Sophistry of navigation errors in the transport systems. Modern Safety Technologies in Transportation. ISBN 978-80-553-2864-5.

Maragakis, I. et al. 2009. Safety Management System and Safety Culture Working Group (SMS WG).

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

Povinné doklady na palube lietadla podľa Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva (§ 14, ods. (1), letecký zákon, doklady, EASA, NCO). Dostupné na: [https://www.lewik.org/term/18531/povinne-doklady-na-palube-lietadla-podla-europskej-agentury-pre-bezpecnost-letectva-14-ods-1-letecky-zakon-doklady-easa-nco/](https://www.lewik.org/term/18531/povinne-doklady-na-palube-lietadla-podla-europskej-agentury-pre-bezpecnost-letectva-14-ods-1-letecky-zakon-doklady-easa-nc/)

Risk management toolkit. Dostupné na: <http://www2.mitre.org/work/sepo/toolkits/risk/StandardProcess/definitions/occurrence.html>

Tuma, J. 2017. EFB a možnosti jeho rozvoje v malé letecké spoločnosti, bakalárska práca, FD ČVUT v Praze.

THE OCCURRENCE OF DANGEROUS WEATHER PHENOMENA FOR THE AVIATION DURING THE YEAR AT THE AIRPORT ŽILINA

VÝSKYT NEBEZPEČNÝCH POVETERNOSTNÝCH JAVOV PRE LETECTVO POČAS ROKA NA LETISKU ŽILINA

Miriám Jarošová

Air Transport Department

University of Žilina

Univerzitná 8215/1

010 26, Žilina

miriam.jarosova@fpedas.uniza.sk

Abstract

Aviation is weather-sensitive. Weather-related phenomena greatly affect the fluidity and especially the safety of air traffic. The article deals with the occurrence of dangerous weather phenomena during the year at the airport in Žilina.

Keywords

aviation, weather phenomena, airport Žilina, LZZI

1. Počasie a letecká doprava

Počasie má veľký vplyv na každodenný život človeka. V súčasnej dobe, keď sme závislí na technike, rýchlom riešení problémov a rýchlej preprave z miesta na miesto sa kvalitná predpoveď počasia stáva nevyhnutnou informáciou.

Človek využíva rozličné druhy dopravy a každá doprava reaguje na poveternostné podmienky rôzne. Letecká doprava je veľmi rýchlo sa rozvíjajúci druh dopravy. Pretože kvalita, bezpečnosť a plynulosť leteckej dopravy je tiež závislá na kvalite poskytnutej informácie o počasí, stanú sa znalosti o prevládajúcich poveternostných podmienkach a možných javoch s nimi súvisiacimi na letiskách veľmi dôležitými informáciami. Aj keď sa dnešné lietadlá považujú za veľmi bezpečný prostriedok dopravy, sú niektoré poveternostné javy, ktoré veľmi vplyvajú na bezpečnosť leteckej dopravy a stali sa už príčinou veľkých leteckých katastrof.

Najznámejšou a asi aj najhoršou je letecká tragédia z roku 1977. Na španielskom ostrove Tenerife pri zrážke dvoch lietadiel typu Boeing 747 zachránilo iba 61 ľudí. Táto nehoda bola spôsobená aj hustou hmlou.

Aj v roku 2017 zahynulo 122 ľudí pri páde lietadla do Andamanského mora. Príčinou nehody bol vlet lietadla do búrkového oblaku.

Ale ja na letisku Žilina sa v roku 2004 stala nehoda. Nemecké lietadlo Piper 34 plánovalo pristáť na letisku v Dolnom Hričove, ale pre zlé poveternostné podmienky sa rozhodol pilot vykonať ešte jeden okruh nad letiskom, ale tento pokus o pristátie sa nevydaril a pilot s cestujúcimi zahynul.

2. Nebezpečné javy pre letectvo

Nebezpečné poveternostné javy sú meteorologické javy, ktoré ohrozujú a znemožňujú leteckú prevádzku, alebo výrazne ovplyvňujú jej bezpečnosť. Môžu na lietadle spôsobiť napr. mechanické poruchy, zhoršiť ovládanie lietadla. Patrí sem

niekoľko javov počasia. Ide napr. o námrazu, búrky so sprievodnými javmi, hmlu, alebo aj o strih vetra, turbulencie. Niektoré letiská majú väčší a častejší výskyt týchto javov, na niektorých letiskách sa nepriaznivé javy vyskytujú iba pri špecifických poveternostných situáciách.

Každý zo spomenutých nebezpečných javov by sme mohli ešte rozdeliť podľa jeho intenzity, prípadného tvaru a veľkosti alebo hrúbky, či príčiny vzniku.

3. Letisko Žilina a výskyt niektorých nebezpečných poveternostných javov na ňom

Nachádza sa na severozápade Slovenska, asi 12 km od mesta Žiliny, v Bytčianskej kotline. Je to medzinárodné letisko a okrem vnútroštátnych, zahraničných a športových letov tamojšieho aeroklubu slúži aj na výcvik pilotov študujúcich na Katedre leteckej dopravy. Pohyb lietadiel je v rozmedzí 6000 až 15500 letov.

Poloha letiska v kotline je príčinou výskytu niektorých poveternostných javov vplyvujúcich na leteckú prevádzku.

Z klimatologického hľadiska letisko Žilina patrí do mierneho klimatického pásma s častí ovplyvňované Atlantickým oceánom. Má mierne teplé letá, s denným maximom teploty 26-28°C, v zime pri vyjasnení v polárnej a arktickej poveternostnej hmote s potenciálom poklesu teploty až na hranicu -30°C. Prúdenie od severozápadu prináša zrážky, najčastejšie sa pozorujú v mesiaci máj. Sneženie sa vyskytuje od novembra po marec, s tým, že v januári býva snehová pokrývka najvýraznejšia.

3.1. Meteorologické správy z letiska Žilina

Na spomínanom letisku sa vykonávajú meteorologické pozorovanie Slovenským hydrometeorologickým ústavom (SHMÚ).

Ide o správy SYNOP, čo je správa o prízemných meteorologických pozorovaniach z pozemnej stanice v hlavných a vedľajších termínoch UTC (svetový čas) Správa SYNOP sa delí

na niekoľko sekcií a každá sekcia obsahuje niekoľko skupín. Do správy SYNOP sa kódujú informácie o stave a priebehu aktuálneho počasia, ale aj počasia za uplynulé hodiny. Správa poskytuje užívateľom informácie o počasi z daného meracieho bodu.

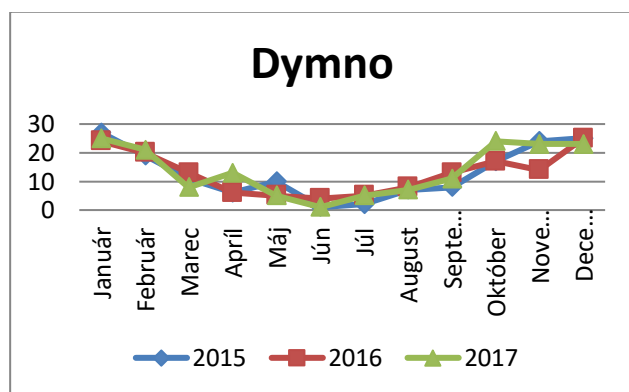
Správa METAR je správa, ktorá poskytuje informácie o aktuálnom počasi na letisku. Je vydávaná každú pol hodinu. Užívatelia z nej získajú informáciu o hodnotách meteorologických prvkov na letisku, o meteorologických javoch vyskytujúcich sa na letisku a v jeho blízkosti.

3.2. Nebezpečné javy na letisku Žilina

Nebezpečné javy môžeme rozdeliť do niekoľkých skupín.

Za obdobie 2015-2017 sa podľa analýzy meteorologických správ vyskytol jav *dymno* 477 krát, v priemer za rok 159 krát. Tento počet tvorí približne 43% z roka, čo je vysoké číslo a súvisí s vysokou vlhkosťou ovzdušia. Tá je zase na letisku z veľkou pravdepodobnosťou kvôli blízkosti vodnej nádrže.

Dymno je jav, pri ktorom sa znižuje dohľadnosť na letisku pod 10 km. Podľa analýzy správ METAR a SYNOP sa najčastejšie vyskytuje na konci jesene a v zime, keď je počet dní s dymnom vyšší ako 22. V lete je tento jav zriedkavý a vyskytuje sa menej ako 10 dní za mesiac.



Obrázok 1: Výskyt dní s dymnom za sledované obdobie (Zdroj: Jarošová & Straková, 2018).

V letnom polroku roka, v mesiacoch máj až september, sa môžeme stretnúť s búrkou. Tento jav súvisí s oblakom typu Cumulonimbus a sprevádzaný je bleskami, hromom, nárazovým vetrom a často aj s intenzívnymi zrážkami. Nebezpečnými javmi súvisiaci s búrkou sú aj: zhoršená viditeľnosť a dohľadnosť, rýchle zmeny tlaku vzduchu, strih vetra a krupobitie. Všetky tieto spomenuté javy môžu výrazným spôsobom ovplyvniť letové podmienky nielen na letisku, ale aj v jeho okolí. Na detekciu búrky v blízkosti letiska nám slúži meteorologický radar a meteorologická družica. Pri využívaní týchto zdrojov meteorologických informácií však musíme veľmi dobre poznať spôsob získavanie meteorologických informácií a vedieť ich správne vyhodnotiť a zinterpretovať.

V sledovanom období sa na Letisku Žilina a v jeho blízkosti vyskytlo 89 dní s búrkou. Pri búrkach sa vyskytli aj sprievodné javy ako napr. krupobitie. Ak by sme ale do počtu dní s búrkou zahrnuli aj výskyt nebezpečnej oblačnosti zo správ METAR, teda výskyt oblakov typu Cumulonimbus a towercumulus, ktoré nás

upozorňujú z meteorologického pohľadu na nebezpečnosť poveternostnej situácie, vzrástol by počet dní s búrkou na 186.

Tabuľka 1: Výskyt dní s búrkou za sledované obdobie (Zdroj: Jarošová & Straková, 2018).

	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

Búrka sa môže vyskytnúť aj v zimnom polroku, ale tu je mechanizmus vzniku búrky iný ako v lete.

Z tabuľky je vidieť, že každá sezóna výskytu búrok je iná. Najčastejšie sa búrky vyskytujú v mesiacoch jún, júl, august. Či však ide o búrky vo vnútri vzduchovej hmoty alebo o búrky súvisiace s postupujúcim studeným frontom sa však dá zistiť iba po starostlivej analýze.

4. Záver

Z uvedených údajov je možné zistiť, že na letisku Žilina sa dymno vyskytuje počas celého roka, ale v niektorých mesiacoch je jeho výskyt častejší. Častejšie sa môžu vyskytovať problémy s dohľadnosťou a tieto môžu komplikovať napr. aj vyučovací proces na LVVC.

Búrky sa síce vyskytujú iba v niektorých častiach roka, ale javy pri búrkach môžu byť intenzívnejšie.

Poznanie výskytu nebezpečných poveternostných javov na danom mieste je pre bezpečnosť leteckej dopravy dôležitá. Klimatografia miesta dokáže povedať s určitou pravdepodobnosťou, či sa dá predpokladať výskyt nejakého poveternostného javu v danej ročnej dobe. Pre zlepšenie kvality leteckej dopravy by ale bolo vhodné zamerať sa aj na iné druhy nebezpečných javov a popísať tak ich výskyt počas roka podrobnejšie.

Referencie

- BBC NEWS. 2017. Myanmar plane: Bad weather blamed for Andaman Sea crash. Dostupné na: <http://www.bbc.com/news/world-asia-40653524>
- Dvořák, P. 2017. Letecká meteorologie. 456 s. ISBN 978-80-7579-014-5.
- Galileo Corporation. 2018. Obec Dolný Hričov. 2018. Dostupné na: <http://www.dolnyhricov.sk/>
- Jarošová, M., Straková, S. 2018. Nebezpečné poveternostné javy pre letectvo a ich výskyt počas roka na letisku Žilina. Bakalárska práca.

Kasík, P. 2007. Srážku století a 583 mrtvých zavinila nešťastná souhra okolností. Dostupné na:
https://technet.idnes.cz/srazku-stoleti-a-583-mrtvych-zavinila-nestastna-souhra-okolnosti-phg/tec_technika.aspx?c=A071109_133958_tec_technika_pka

Nedelka, M. 1979. Letecká meteorológia II. 1.vyd. Bratislava: Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, ALFA, 1979, 326 s. ISBN 63-751-79.

Plus jeden deň. 2011. Pilot neprežil pád lietadla: Rudolf miloval lietanie nadovšetko. Dostupné na:
<http://www.pluska.sk/slovensko/regiony/pilot-neprezil-pad-lietadla-rudolf-miloval-lietanie-nadovsetko.html>

EFFICIENCY OF PILOT TRAINING

ZEFEKTÍVNENIE VÝCVIKU 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.azaltovic@fpedas.uniza.sk

Branislav Kandra

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina

kandra@fpedas.uniza.sk

Abstract

Nowadays is no common and standardized training content on the assessment of instrument scanning performance and situation awareness for pilots. Our research is devoted to the use of eye track technology to track eye movement for pilot flight simulator training. For the relevance of the data, we verified our theory in practice during the training of pilots on the flight simulator ELITE at Žilina Airport. After flight, pilots could check the correct scanning technique, total dwell time, number of fixations, saccades, scan maps and pupil size. This option has proven to be very effective not only for pilots themselves, but also for instructors, especially in the case of inexperienced pilots starting with instrument flying.

Keywords

eye track, pilot training, attention distribution, scanning behavior

1. Úvod

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.

Selektívna pozornosť ako dôsledok evolúcie, nám umožňuje spracovať obrovské množstvo informácií, ktoré prijme náš mozog cez optický nerv. Tento objem je príliš masívny na to, aby bol nepretržite spracovávaný. Pilot musí správne vyselektovať počas jednotlivých fáz letu zameranie na určité prístroje. Keďže človek dokáže udržať plnú pozornosť len pri obmedzenom počte objektov, je nevyhnutné pre správne prevedenie daného úkonu zamerať sa na prístroje, ktoré si tento manéver vyžaduje. Platí jednoduché pravidlo: čím je okruh pozorovaných objektov menší, tým je koncentrácia väčšia (Causse, 2011).

Keďže piloti nemajú tendenciu sériovo spracovávať informácie, zameranie a rozdelenie pozornosti sú najdôležitejšími spôsobmi. Niekedy sa však tieto spôsoby môžu podieľať na leteckých nehodách. Napríklad piloti, ktorí sa dôrazne zameriavajú na pristátie lietadla, nemôžu vnímať iné lietadlá alebo vozidlá na pristávacej dráhe, čo môže viesť ku kolízií. Fixácia pozornosti bola tiež už niekoľkokrát príčinou leteckých nehôd, pri ktorých sa letová posádka zamerala na jediný problém, bez dostatočného venovania pozornosti samotnému riadeniu lietadla. Na druhej strane, už niekoľko nehôd bolo zapríčinených pilotmi, ktorí rozdelili svoju pozornosť na príliš veľa úloh a nedostatočne sa venovali prioritným úkonom.

Pri koncentrácií pozornosti na hodnoty niektorých prístrojov pilot často nezistí objavenie ďalšieho signálu na prístrojovej doske. Platí pravidlo, že čím vyššia je koncentrácia pozornosti, tým menšiu oblasť prístrojovej dosky pilot registruje.

2. Možnosti vzniku chýb pri prehliadaní

Počas sledovania rozloženia pozornosti za letu môže dôjsť k viacerým zásadným chybám, ktoré si v nasledujúcich bodoch priblížime. Jedná sa o chyby, ktoré sú zapríčinené ľudským faktorom, čiže samotným pilotom.

2.1. Nedostatok informácií

Proces zberu informácií za letu prebieha v danom cykle, vo vynútenom tempe a v priamej postupnosti. Skúsený pilot počas kontroly dokáže prenášať svoj pohľad z prístroja na prístroj, neprezerá pritom celú stupnicu, ale len údaje alebo jednotlivé časti, kde by podľa predpokladu mala byť ručička, pohyblivý znak alebo digitálny údaj. Takto sa jeho príprava na vnímanie skladá z predbežného predvídania udalostí. Avšak je dôležité si uvedomiť, že chyba v predvídaní môže vyvolať chybu vo vnímaní, ktorá je tým pravdepodobnejšia, čím vyššie je emocionálne napätie pilota.

Ako následok zapríčinený nedostatkom informácií za letu môže dôjsť k rôznym chybám ako napríklad: nesprávnemu odčítaniu údajov z prístrojov s dvoma ručičkami; nesprávnej interpretácii smeru pohybu ukazovateľa, nesprávnemu rozlíšeniu čísiel alebo deleniu stupnice a pod.

Najhoršia situácia nastáva v prípade, keď pilot dostáva klamnú, neurčitú alebo nedostatočnú informáciu. Výskumy ukázali ďalšie okolnosti. Niektorí piloti práve vzhľadom na dôležitosť umelého horizontu si nepripúšťali nesprávnu funkciu prístroja a mali snahu hľadať poruchu niekde inde. Charakter chyby a určovanie chybného prístroja sú potom poznačené tým, ktorú odchýlku spozoruje ako prvú (Kyle K.E. a kol., 2012).

Pri dlhotrvajúcom automatizovanom lete má nedostatok proprioceptívnych spojení s lietadlom záporný vplyv nielen na kvalitu riadenia, ale i na kvalitu vizuálnej kontroly parametrov letu a vo svojich dôsledkoch sa negatívne prejavuje na kvalite pilotovania. Vzhľadom k tomu, že počas automatizovaného letu je zákonitě aj zníženie efektívnosti činnosti v spojení so zmenami procesu vnímania je nutné upozorňovať lietajúci personál na možnosť poklesu bdlosti za automatizovaného letu a následkov toho i na zníženie efektívnosti činnosti pilota.

2.2. Fixácia

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 skenovací technika s čo najkratšími fixáciami na jednotlivé prístroje.

2.3. Vynechanie prístroja

Ďalšou bežnou chybou súvisiacou s rozložením pozornosti na jednotlivé prístroje je vynechanie prístroja z poradia pri radiálnom selektívnom pozorovaní. Vzhľadom na vysokú spoľahlivosť primárnych prístrojov, majú piloti tendenciu vynechávať záložné prístroje ako sú; magnetický kompas, sklonomer. Ďalším dôvodom vynechania týchto prístrojov môže byť aj ich umiestnenie na palubovke. Je však dôležité monitorovať aj tieto prístroje najmä z dôvodu kontroly zlyhania alebo chybné indikácie primárnych prístrojov.

2.4. Priestorová dezorientácia

Zložitost orientácie v priestore počas letu je na jednej strane daná pohybom lietadla v troch rozmeroch, veľkou rýchlosťou, i pôsobením na zmysly pilota. Za letu sa lietadlo stavia tak, že výslednica pôsobiacich síl nie je vždy v smere zemskej príťažlivosti a nepôsobí vždy priamo do sedačky, takže pilot nemôže pri zavretých očiach určiť smer pôsobenia zemskej príťažlivosti.

Ďalšou bežnou chybou súvisiacou s rozložením pozornosti na jednotlivé prístroje je vynechanie prístroja z poradia pri radiálnom selektívnom pozorovaní. Vzhľadom na vysokú spoľahlivosť primárnych prístrojov, majú piloti tendenciu vynechávať záložné prístroje ako sú; magnetický kompas, sklonomer. Ďalším dôvodom vynechania týchto prístrojov môže byť aj ich umiestnenie na palubovke. Je však dôležité monitorovať aj tieto prístroje najmä z dôvodu kontroly zlyhania alebo chybné indikácie primárnych prístrojov.

Preberaním informácie z prístrojov za letu je vlastne vytváraním určitej predstavy, že letíme správne, i keď nevidíme prirodzený horizont. Vznik predstáv, ich vývoj a rozvoj, je vždy spojený s určitou konkrétnou činnosťou. Pre let podľa prístrojov je to udržanie takej priestorovej orientácie, ktorá umožňuje dokončenie letu niekedy i v mimoriadne ťažkých podmienkach. Jedným z hlavných príčin priestorovej dezorientácie je ilúzia. Ilúzia vzniká na základe klamnej alebo falošnej predstavy. Najhoršia vlastnosť predstáv (zvlášť pre tento prípad) je to, že u

nich chýba presná priestorová lokalizácia. Najčastejšie sa vyskytujú ilúzie zraková. Klasická zraková ilúzia vzniká náhle. Za letu podľa prístrojov však pilot nevidí nič zvláštneho, záhadného, hodnoty prístrojov zodpovedajú polohe lietadla v priestore. Ilúzia vyvolá priestorovú dezorientáciu, ktorej dôsledky pre let sú veľmi nebezpečné (Novák, 2015).

Strata priestorovej orientácie môže byť spôsobená klamnými pocitmi, ktoré sú vyvolávané zdanlivo, či skutočne rozpornými údajmi našich zmyslov alebo ich nesprávnou interpretáciou v centrálnom nervovom systéme. Najčastejšou formou ilúzií sú ilúzie priečneho sklonu, stúpania a klesania. Ilúzie môžu trvať od niekoľko sekúnd až po niekoľko minút. Pilot, ktorí začína lietať podľa prístrojov sa dostane do priestorových orientačných ťažkostí, pretože nezvládne veľké množstvo informácií základných letových a navigačných prístrojov v dôsledku slabých návykov, bez toho aby vznikla akákoľvek ilúzia.

Vznik ilúzií môže ovplyvniť zložitejší let, na ktorý pilot nie je pripravený, má teda nedostatočné návyky a môže ohroziť bezpečnosť celého letu. Systematické nácviky a znalosti zrakových ilúzií znižujú predpoklad zlyhania ľudského faktora. Z tohto dôvodu je dôležité pilotov vo výcviku oboznámiť s možným výskytom ilúzií, objasniť ich vznik a pôvod a taktiež najčastejšie podmienky, za ktorých môže k takýmto udalostiam dochádzať a ako sa s nimi vysporiadať (Novák, 2015).

3. Teoretická príprava pilota pred IFR letom

Existuje určitý systém sledovania, poradia a frekvencie prehliadky prístrojov, ktoré v závislosti na režime letu a vlastnostiach celého systému, t.j. stabilite kanálov, rozhodovacích možnostiach, motorickej činnosti a zodpovedajúcej reakcii lietadla, môže dať časové rozmedzie pre objektívne prenosy zorného poľa na jednotlivé prístroje so zárukou dodržania požadovaného režimu.

Pilot by pred začatím lietania podľa prístrojov mal byť teoreticky oboznámený s jednotlivými modelmi prehliadania pre rôzne manévry a fázy letu. Postupne si bude osvojovať tieto princípy na simulátore, kde bude následne schopný inštinkívne odhadnúť, ktorý prístroj má byť kedy pozorovaný a s akou frekvenciou prehliadania (Škultéty, 2018).

Optimálne systémy pozorovania palubných prístrojov, ktoré využívame pre uvedenie a udržovanie požadovaného letového režimu je najlepšie rozdeliť pri analýze do troch skupín:

- uvedenie
- udržanie
- opravy

3.1. Radiálne selektívne rozloženie pozornosti počas IFR letu

Na začiatku výcviku bude pilot prijímať obrovské množstvo informácií z viacerých prístrojov. Preto je nevyhnutné aby sa počas teoretickej prípravy oboznámil s metódou radiálneho selektívneho pozorovania a znížil tým pracovnú záťaž pilota. Metodika sledovania prístrojov počas IFR letu má v názve slovo „radiálne“ čo vystihuje skutočnosť, že umelý horizont je riadiaci a hlavný prístroj a teda všetky zmeny polohy sa vykonávajú podľa údajov tohto prístroja, od ktorého potom pilot radiálne prenáša pozornosť na ostatné prístroje. Ďalšie prístroje sa

zaradujú podľa potreby a povahy zamýšľaného alebo uskutočneného manévru. Umelý horizont je vždy hlavný prístroj, preto by pozornosť nemala skákať z jedného prístroja na druhý ale vždy by mala prechádzať cez umelý horizont (Kříž, 2007).



Obrázok 1: Radiálne selektívne pozorovanie prístrojov (Zdroj: FAA, 2012).

4. Analýza údajov a využitie pri výcviku pilotov

Pre realizáciu našich meraní sme si zvolili zariadenie na sledovanie očných pohybov (Eye Track), pomocou ktorého je možné sledovať rozloženie pozornosti pilota a správne prevedenie predpísaných letových úloh. V tomto prípade sa jednalo o okuliare SMI 2 Wireless (SMI ETG 2w).

Merania sa zúčastnilo šesť pilotov, ktorí boli podľa počtu nalietaných IFR hodín rozdelení do dvoch skupín – skúsení a neskúsení piloti. Postupne zaleteli NDB priblíženie pre vzletovú a pristávaciu dráhu 06 na letisku Žilina na simulátore ELITE S923 FNPT II MCC, ktorý sa nachádza na letisku Žilina – Dolný Hričov.

Pred samotným meraním je potrebná kalibrácia zariadenia, kde sa pilotom prezentuje niekoľko fixačných bodov, respondent dostane inštrukcie tieto body postupne sledovať a na základe merania sa zariadenie nastaví. Po kalibrácii nasleduje validácia, ktorá preverí presnosť kalibrácie.

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, 2011).

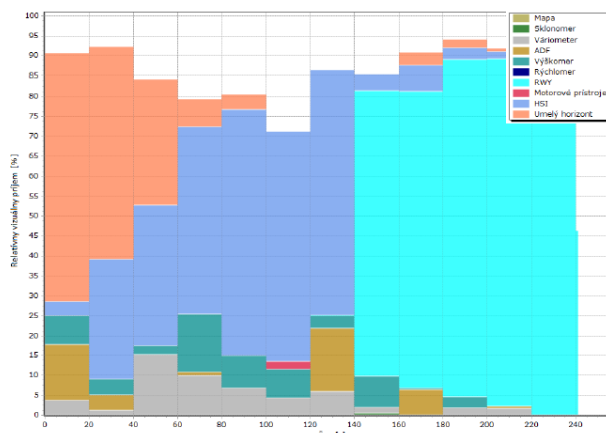
Surové dáta získane zo zariadenia Eye Track počas merania na simulátoroch, boli postupne spracované pomocou softvéru BeGaze. Softvér ponúka množstvo výstupov a pre využitie počas výcviku je najdôležitejšia spätná kontrola vykonaných postupov.

Vizualizovať dáta z Eye track zariadenia je možné viacerými spôsobmi. Medzi najvyužívanejšie patrí vizuálna cesta (scan path / gaze plot / visual path), kedy sú na zobrazovanom materiáli fixácie označené okrúhlymi oblasťami, pričom priemer týchto oblastí odráža dĺžku fixácie a jednotlivé fixácie sú spojené priamkami, ktoré vyjadrujú sakády. Táto metóda bola využitá počas merania a pilot si dodatočne skontroloval očné pohyby a najmä dĺžku fixácie počas letu.

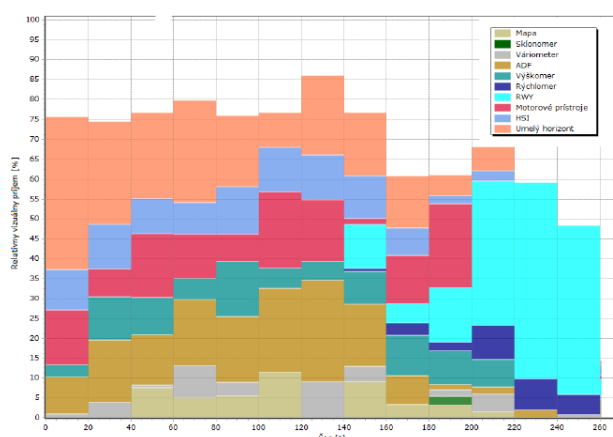


Obrázok 2: Porovnanie NDB priblíženia neskúsený a skúsený pilot (Zdroj: Autor).

Porovnaním skenovacích máp počas NDB priblíženia je viditeľný rozdiel v dĺžke fixácií. V prípade neskúseného pilota je vidieť niekoľko rozdielov oproti skenovacej technike skúseného pilota. Najväčšou chybou, ktorej sa neskúsený pilot dopustil je, že počas priblíženia vynechal primárny prístroj – rýchlomer. Taktiež dĺžky fixácií sú značne dlhšie, najmä čo sa týka sledovania dráhy pred sebou. Nevýhodou tohto zobrazenia je, že pilot si nemôže skontrolovať presne čas v ktorom sa venoval jednotlivým prístrojom. Z tohto pohľadu sa taktiež nedá určiť, či pilot začal so sledovaním dráhy v stanovenej výške.



Obrázok 3: Percentuálny podiel celkovej doby zotrvania na jednotlivých oblastiach záujmu. Neskúsený pilot (Zdroj: Autor).

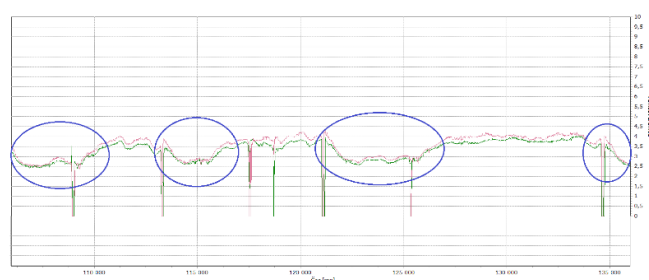


Obrázok 4: Percentuálny podiel celkovej doby zotrvania na jednotlivých oblastiach záujmu. Skúsený pilot (Zdroj: Autor).

Cieľové oblasti (v našom prípade jednotlivé prístroje a dráhu), ktoré nás zaujímajú, sa nazývajú oblasti záujmu (areas of interest alebo regions of interest). V našom prípade sme si pred samotnou analýzou vytvorili fotografiu palubnej dosky simulátora, na ktorom sa uskutočnilo meranie. Následne sme si na tejto fotografii určili jednotlivé oblasti záujmu (AOI). Pomocou softvéru sme vytvorili graf, na ktorom je zobrazený percentuálny podiel celkovej doby zotrvania na danej oblasti záujmu. Výhodou tohto zobrazenia je, že nie len pilot ale aj inštruktor si môže dodatočne skontrolovať správnosť vykonaných postupov. Pri porovnaní je možné vidieť, že skenovacie postupy pilotov sú rozdielne. Neskúsený pilot sa najmä v poslednej fáze priblíženia zamerá na dráhu pred sebou a nepokračoval v skenovacej technike ostatných prístrojov.

Ako už bolo spomenuté nesprávna skenovacia technika môže najmä u neskúseného pilota viesť ku zahlteniu informáciami čo môže spôsobiť zvýšenú únavu pilota. Po 30 až 90 minútach letu podľa prístrojov môže u niektorých pilotov vzniknúť pocit únavy, hlavne po dlhšej prestávke v lietaní alebo u menej skúsených pilotov. Táto únava a emočné napätie sa prejaví v chybných činnostiach a spomalených reakciách a môžu viesť ku vzniku klamných pocitov za letu. Ak pilot nemá prispôbené 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 frekvencia fixácií. Dĺžka fixácie je prvým parametrom, ktorý sa mení pôsobením stresu na pilota. 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.

V poslednej fáze nášho merania sme sa preto zamerali na vplyv osvetlenia v kabíne počas nočného letu. Analyzovaním údajov zo zariadenia sme si vytvorili graf, ktorý zobrazuje veľkosť pomeru zrenice pravého (červená farba) a ľavého oka (zelená farba), počas merania s najvyššou intenzitou podsvietenia I-Pad mini. Jednalo sa o počiatočnú fázu priblíženia, kedy pilot prechádzal pohľadom z prístrojov na I-Pad mini. Nasledujúce grafy zobrazujú sledované veličiny:



Obrázok 5: Zmena veľkosti zrenice počas priblíženia s najvyšším nastavením jasu v kokpite (Zdroj: Autor).

Počas vybraného časového úseku (30 sekúnd) pilot prechádzal zo zariadenia I-Pad mini na prístroje štyrikrát. Pri prechode I-Pad mini, ktorý bol nastavený na najvyšší jas došlo k viditeľnému zúženiu zrenice. Nesprávna optimalizácia výstupov prístrojovej dosky ako je intenzita podsvietenia, audiovnmov a komfort pilotáže ako komplex, pri dlhodobom pôsobení môže značne ovplyvniť pracovnú výkonnosť pilota a prípadný stres.

5. Záver

Dospeli sme k záverom, že osvojenie si techniky správnej radiálnej selektívnej pozornosti je náročný a zdĺhavý proces, ktorý potrebuje dobrý teoretický základ, ale najmä aktívne lietanie a získavanie nových skúseností s lietaním.

Neskúsení piloti sa počas nášho merania dopustili viacerých chýb. Najčastejšie sa jednalo o chyby, ktoré sú spojené s nedostatkom skúsenosti s IFR výcvikom. Narastajúcim počtom odlietanych IFR hodín a novými skúsenosťami sú tieto chyby postupne odstránené. Pre urýchlenie tohto procesu detekcie a odstránenia začiatočnických chýb sa ukazuje ako vhodná metóda analýza dát pomocou zariadenia na sledovanie očných pohybov. Využitie technológie Eye Track pri výcviku pilotov je sľubnou metódou, ktorá prináša množstvo výhod. Jedná sa o objektívne pozorovanie, ktoré nerozptyľuje pilota a taktiež dodatočne poskytuje informácie inštruktorom. Keďže sú jednotlivé údaje zaznamenávané a následne analyzované pilot si môže porovnávať zlepšovanie techniky lietaní a prevedenia jednotlivých úkonov. Veľkou výhodou tohto zariadenia je, že pilot si môže dodatočne skontrolovať rozloženie pozornosti na letové prístroje a taktiež celkovú dobu zotrvania v určitom čase, pretože v mnohých prípadoch si nemusí byť vedomý fixácie na letové prístroje prípadne rozptýlenie pozornosti inými zariadeniami.

Jedná sa o objektívne meranie, preto sa inštruktor počas letu môže venovať správne mu prevedeniu letových úkonov a dodatočne si svoje údaje skontrolovať. Analýza môže odhaliť rôzne chyby, ktorých sa počas letu pilot dopustil, a na ktoré sa môže zamerať a venovať im zvýšenú pozornosť.

Zariadenie je tiež vhodnou metódou pri nastavení optimálnej intenzity podsvietenia prístrojovej dosky a následne zníženie únavy pilota v dôsledku namáhania zrakového orgánu.

Pod'akovanie

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

Referencie

- Causse M., Dehais F., Arexis M., Pastor J. 2011 Cognitive aging and flight performances in general aviation pilots. Inserm: Centre Aéronautique et Spatial ISAE-SUPAERO.
- FAA. 2012. Department of Transportation - Instrument Flying Handbook.
- Holmqvist, K., Nystrom M., Andersson R., Dewhurst R., Jarodzka H. 2011. Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures.
- Kříž, J. 2007 Metodika pilotného výcviku na letovom simulátore. ISBN 978-80-8070-7-4.
- Kyle K.E., Arthur III, J.J., Latorella, Kara A., Kramer, Lynda J., Shelton, Kevin J., Norman, Robert M., and Prinzel, 2012. Quantifying Pilot Visual Attention in Low Visibility Terminal Operations. National Aeronautics and Space Administration Langley Research Center
- 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), s. 103-107.
- Novák, A., Novák Sedláčková, A. 2015 International civil aviation regulations, 150 s. ISBN 978-80-8181-011-4.
- Škultéty, F., Škvareková, I., Pecho, P. 2018. Meranie rozloženia pozornosti pilota s využitím technológie eye track. AEROjournal 1/2018, s.36-40. ISSN 1338-8215.

DESIGN AND LAYOUT OF INFILLS IN 3D PRINTED WINGS IN RELATION TO OPTIMAL LIGHTWEIGHT

NÁVRH A USPORIADANIE VÝPLNE V 3D TLAČENÝCH KRÍDLACH VO VZŤAHU K OPTIMÁLNEMU ROZLOŽENIU HMOTNOSTI

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

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

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

Abstract

Greater technical advancement of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) used in air traffic means their possible use not only for entertainment and leisure. UAV technology in the military industry has opened up ground scanning capabilities for various purposes. Optimized design and 3D printing capabilities make it possible to apply UAVs beyond military use, for example, for Search and Rescue or Coast Guard applications that use long range UAVs. Authors compared the proposed design of wings made with 3D printing. Optimized design of wings for the needs of long range UAVs forms the basis for the implementation of UAV systems to life-saving applications. Several designs have been printed during the design process and the one that achieved the best results based on stress test have been printed out of multiple materials to achieve maximum strength. The results of the article show different designs of wings construction, their comparison with loading and selection of the optimal layout of the wing parts of the wing structure.

Keywords

UAV, 3D print, wings, weight optimization

1. Úvod

Počas celej histórie lietania sa výrobcovia vždy snažili vymyslieť lepšie a silnejšie konštrukcie pre svoje lietadlá. Všetky časti lietadla musia byť dostatočne pevné, aby dokázali prenášať veľké zaťaženia, a to najmä krídla. Krídla musia odolať rôznym zaťaženiam vo všetkých smeroch, takže vnútorná štruktúra je kľúčom k úspechu. Dôležitá je nielen konštrukcia alebo robustnosť, ale aj hmotnosť komponentu.

Lietadlá, ktorých cieľom je dosiahnuť dlhý let, napríklad pri mapovaní územia, majú rozdielne vnútorné štruktúry, ako napríklad lietadlá určené pre pátracie a záchranné misie. Priority počas procesu navrhovania sa môžu líšiť. Použijeme príklad na už spomínaných lietadlách určených na mapovanie. Počas procesu navrhovania lietadla na prieskumné lety alebo mapovanie je kľúčová hmotnosť lietadla, keďže sa budú musieť vo vzduchu udržať čo najdlhšie. Na druhej strane pri navrhovaní lietadla pre pátracie a záchranné misie je dôležitá stabilita a rýchlosť. Každá konštrukcia krídla má svoje vlastné výhody a nevýhody a použitie závisí od účelu.

2. Súčasný stav

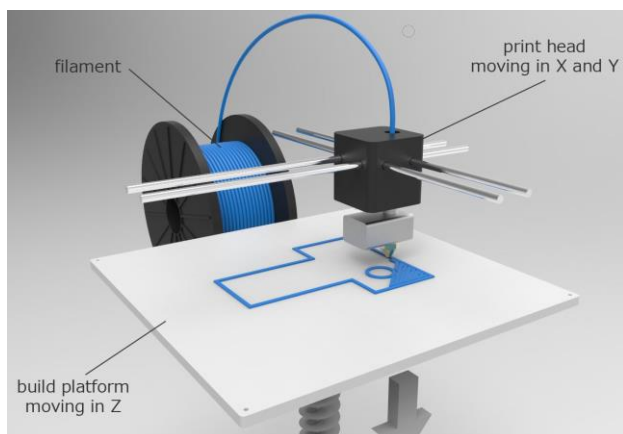
Od začiatku letectva sa radikálne zmenili návrhy lietadiel. Zmenili sa nielen vonkajšie tvary lietadiel, ale aj vnútorné štruktúry, takže môžu byť odolnejšie. Lietadlá v plnej miere sú oveľa odlišnejšie. Hlavný rozdiel je v materiáli. Krídla na skutočných lietadlách sa môžu skladať z rôznych materiálov, vrátane dreva, druhov kovov alebo kompozitných materiálov, ako sú sklolaminát alebo uhlík (Bugaj a iní., 2002), zatiaľ čo 3D tlačené krídla sú vyrobené z jedného materiálu, ale môžu byť vystužené iný ďalším. Napríklad krídlo vyrobené z PLA a vystužené karbónovým vláknom.

Použitie 3D tlačených objektov, ktoré sa reálne môžu používať v praxi, ešte stále nie je rozšírené. Veľa materiálov, ktoré možno použiť pri 3D tlači, sú stále predmetom pozorovania.

3. Materiály a metódy tlače

Na trhu je niekoľko spôsobov, ako 3D vytlačiť objekt z rôznych typov materiálov. Najpoužívanejšou metódou je Fused Deposition Modeling (FDM). V súčasnosti je FDM najobľúbenejšou a najrozšírenejšou metódou na tlačenie 3D objektov, ako sú funkčné prototypy, koncepčné modely a výrobné pomôcky, väčšinou kvôli jednoduchosti tlače. Pomocou tejto technológie je možné dosiahnuť skutočne jemné detaily a výnimočný pomer pevnosti k hmotnosti. Proces tlače pozostáva z vrstvenia vrstvy roztaveného materiálu po vrstve na stavebnej podložke (obr. 1). Táto metóda bola použitá aj na tlačenie krídel na účely tohto článku.

V súčasnosti je na trhu približne 25 druhov materiálov. Každý z týchto materiálov má svoje vlastné výhody a nevýhody a použitie závisí od aplikácie. Dva najpoužívanejšie materiály sú PLA (Polylactic Acid – kyselina polylaktónová) a ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene). Oba tieto materiály sú veľmi populárne medzi užívateľmi.



Obrázok 1: Fused Deposition Modeling (Zdroj: 3D printing and design).

Pre tento projekt sa autori rozhodli použiť najobľúbenejší zo všetkých materiálov, PLA. Existuje niekoľko dôvodov tohto rozhodnutia, ako napríklad:

- Najprístupnejší materiál na trhu
- Dobrý pomer cena / výkon
- Jednoduchá práca

4. Proces návrhu

Na začiatku procesu navrhovania bol zvolený vhodný profil. V tejto fáze projektu nebol profil krídla tak dôležitý. Dôležitejšia je jednotnosť všetkých testovaných krídiel. Na všetkých krídlach bol použitý profil NACA2412. Hlavný rozdiel je vo vnútri krídel. Každé jedno krídlo má unikátnu vnútornú štruktúru vytvorenú použitím rôznych vzorov výplne v programe Cura, ktorý slúžil na tlačenie vzoriek krídel pre účely tohto článku.

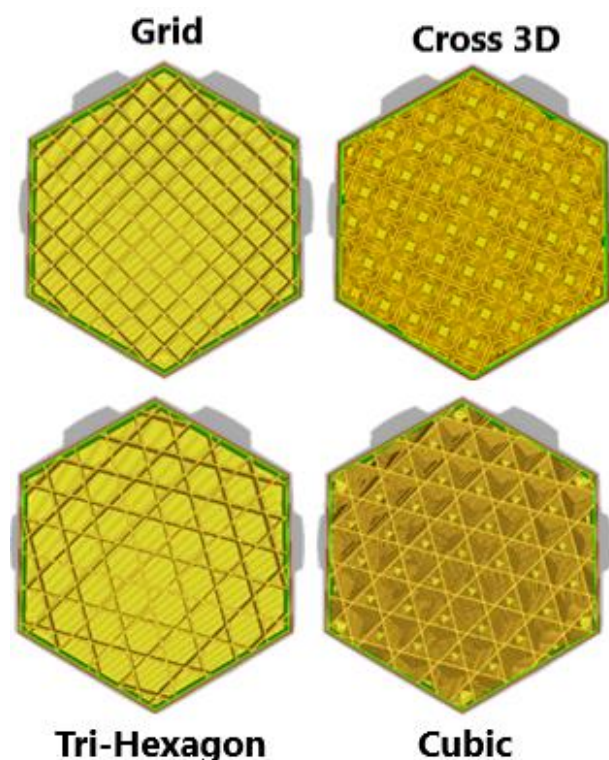
V priemysle 3D tlače sa používajú nasledujúce typy výplní.

- **Grid:** Silná 2D výplň
- **Lines:** Rýchla 2D výplň
- **Triangles:** Silná 2D výplň
- **Tri-hexagon:** Silná 2D výplň
- **Cubic:** Silná 3D výplň
- **Octet:** Silná 3D výplň
- **Quarter cubic:** Silná 3D výplň
- **Concentric:** Flexibilná 3D výplň
- **Concentric 3D:** Flexibilná 3D výplň
- **Zig-zag:** Výplň v tvare mriežky, ktorá sa nepretržite tlačí v jednom diagonálnom smere
- **Cross:** Flexibilná 3D výplň
- **Cross 3D:** Flexibilná 3D výplň

Vzor "Cubic" bol zvolený pre menej komplikovaný vzor. „Concentric“ vzor výplne ukázal 0% prepojenia a v prípade

vzorov „Cross“ a „Cross-3D“ bol zreteľne viditeľný lepší prepojavací vzor.

Voľba výplne bola založená na rôznych faktoroch. Keďže „triangles“ a „tri-hexagon“ sa v praxi veľmi nelíšia, autori sa rozhodli použiť „tri-hexagon“ kvôli hustote výplne. To isté platí pre výplne „Cubic“ a „Quarter-cubic“. "Cubic" vzor bol vybraný na základe menej komplikovaného vzoru, keďže v prípade výplne „Concentric“ sa ukázalo že preukazuje 0% prepojenia, a v prípade "Cross" a "Cross-3D" bol jasne viditeľné väčšie krížové spojenie pri vzore výplne „Cross 3D“.



Obrázok 2: Vybrané typy výplní (Zdroj: Ultimaker).

Všetky krídla boli navrhnuté pre celkovú hmotnosť 36 g aj spolu s materiálom, ktorý slúžil počas tlače ako základňa pre tlačný objekt. Obr. 3 znázorňuje jednotlivé výplne priamo v krídlach. Hmotnostný faktor ovplyvnil celkové percento výplne použité vo vzorkách krídiel. Na nasledujúcom zozname je možné vidieť percentuálne zastúpenie výplne pre každý typ výplne.

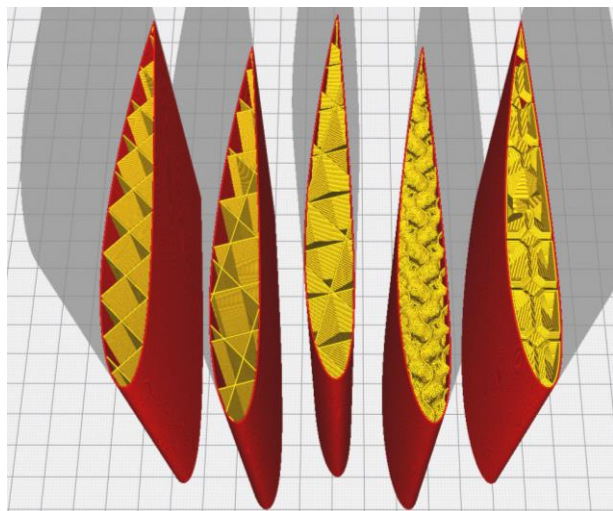
- Grid - 10%
- Tri-hexagon - 10,5%
- Cubic - 10%
- Gyroid - 10%
- Cross-3D - 9%

Všetky vzorky krídel boli vytlačené na tlačiarni Creality CR-10S s nasledujúcimi nastaveniami tlače:

- Materiál: Verbatim - PLA, Čierna farba
- Výška vrstvy 0,2 mm
- Teplota tlače 211 ° C

- Teplota podložky: 55 ° C
- Škrupina: hrúbka steny 0,4 mm, 3 spodné a vrchné vrstvy
- Rýchlosť: Výplň a Rýchlosť tlače steny = 15 mm * s-1

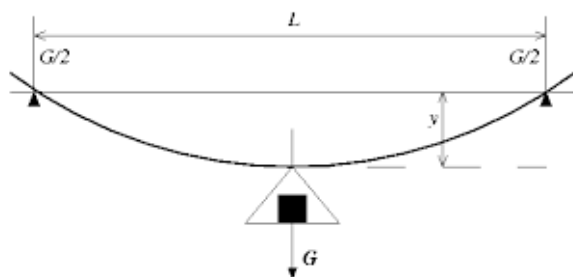
Doba tlače jednej vzorky trvala v priemere približne 10 hodín.



Obrázok 3: Navrhnuté krídla spolu s vybranými typmi výplní v programe Cura (Zdroj: Autori).

Po úspešnej tlači jednotlivých vzoriek sa uskutočnilo experimentálne overenie ohybom so známou záťažou na jednotlivých krídlach. Experimentálne overenie sa uskutočnilo podľa schémy uvedenej na obrázku 4.

Vzorka krídla bola umiestnená na dve podpery vo vzdialenosti 175 mm (parameter L) a cez prenosovú šnúru, ktorá bola umiestnená v strede testovanej vzorky bola zaťažená silou G. Hodnotiacim parametrom bol ohyb v strede krídla $L / 2$ charakterizované veľkosťou "y".



Obrázok 4: Schéma merania ohybu (Zdroj: https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/beam_bending/images/3_point_diagram.jpg).

5. Výsledky

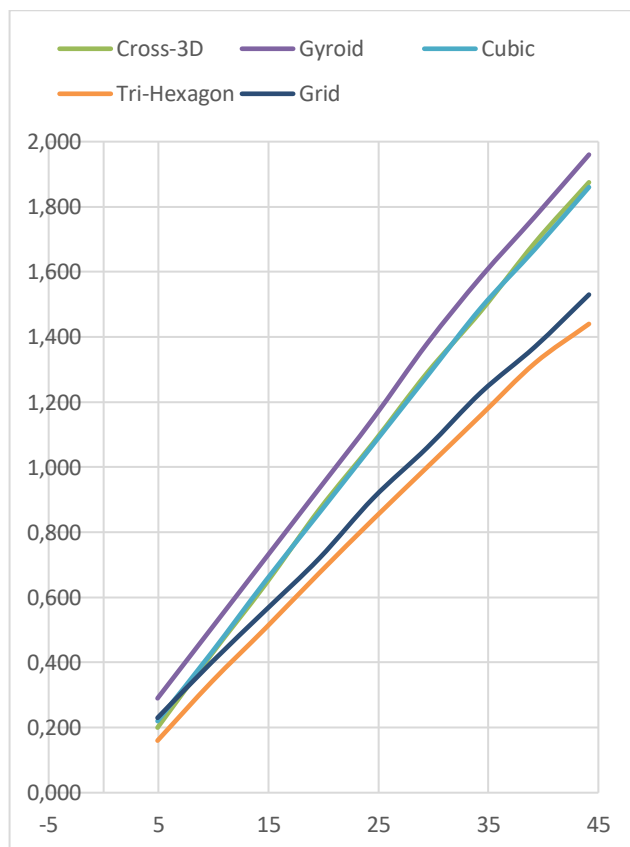
Výsledky merania sú uvedené v tabuľke 1. Grafické znázornenie merania je možné vidieť v grafe 1, ktorý ukazuje priebeh ohybov s danými zaťažovacími. Zaťažovanie každej vzorky krídla sa menilo v pravidelných 500 gramových krokoch. Merania sa začali zaťažením každého krídla s referenčnou hmotnosťou 100 gramov, aby sa zabezpečila relevantnosť výsledkov. Bod dotyku na meranie priehty krídla sa nachádzal vo vzdialenosti 60 mm od zadného okraja krídla.

Tabuľka 1: Namerané hodnoty počas experimentov

Typ výplne	Grid	Tri-Hexagon	Cubic	Gyroid	Cross-3D	Classic Holes	Grid 90°	Sila (N)
Ohyb (mm)								
Meranie 1	0,230	0,160	0,220	0,290	0,200	0,270	0,230	4,905
Meranie 2	0,400	0,340	0,430	0,505	0,425	0,490	0,400	9,81
Meranie 3	0,560	0,505	0,650	0,720	0,640	0,670	0,570	14,715
Meranie 4	0,720	0,675	0,860	0,935	0,870	0,830	0,720	19,62
Meranie 5	0,905	0,840	1,070	1,150	1,075	0,990	0,895	24,525
Meranie 6	1,060	1,000	1,280	1,380	1,290	1,140	1,040	29,43
Meranie 7	1,230	1,160	1,490	1,585	1,480	1,290	1,220	34,335
Meranie 8	1,370	1,320	1,670	1,770	1,690	1,440	1,370	39,24
Meranie 9	1,530	1,440	1,860	1,960	1,875	1,580	1,505	44,145

Na základe definície, že elasticita je schopnosť objektu alebo materiálu obnoviť svoj pôvodný tvar po natihnutí alebo stlačení, boli jednotlivé ohyby porovnané. Z výsledkov je možné definovať, že výplň "Tri-hexagon", ktorý je v grafe reprezentovaný zelenou farbou, je najpevnejším zo všetkých. Opačným prípadom je vzor "Gyroid", ktorý vykazuje najvyšší stupeň plastickej deformácie pri rovnakej záťaži ako ostatné výplne.

Zahrnutím skutočnosti, že väčšina krídel má tiež nosníky pri použití 3D tlačných UAV, tvar a hustota výplne slúžia najmä na zvýšenie tuhosti konštrukcie krídla, zatiaľ čo primárne ohybové zaťaženie prenáša vstavaná konštrukcia. Výsledky ukázali, že najvhodnejším typom výplne pre tlačné krídla je "Tri-Hexagon". Experimenty zároveň ukázali, že pri aplikáciách vyžadujúcich vysoký stupeň elasticity je možné použiť vzory ako „Cross-3D“ alebo „Gyroid“.



Graf 1: Závislosť ohybu jednotlivých vzoriek krídel od pôsobiacej sily (Zdroj: Autori).

6. Záver

Článok poukazuje na pevnosť konštrukčných jednotiek vytlačených na 3D tlačiarňami vzhľadom na ich celkovú pevnosť voči hmotnosti a odolnosť voči plastickej deformácii. Optimálnym pomerom hmotnosť / pevnosť je možné zvýšiť celkové vyhotovenie tlačených častí a v prípade týchto výrobkov aj krídla pre bezpilotné letecké prostriedky. Kvôli neprítomnosti parametrov, ako je modul pružnosti prierezu alebo celková nehomogenita tlače, boli vzorky krídla overené iba experimentálnym meraním a boli porovnateľne porovnané.

Výsledky meraní ukazujú, že vzor "Tri-Hexagon" má najodolnejší dizajn a vzor "Gyroid", na druhej strane najpružnejší. Na základe týchto poznatkov je možné integrovať a používať jednotlivé typy výplní v praxi.

Článok poskytuje základné údaje, ale slúži aj ako odrazový mostík pre ďalší výskum optimalizácie pevnosti 3D tlačených výrobkov a porovnanie iných kritérií, ako sú celkové napätie pri deformácii alebo definovanie modulu pružnosti. Pre sofistikovanosť 3D tlače je možné okrem zmien tvaru zmeniť aj parameter tlače, aby sa otvoril rad premenných faktorov, ktorých optimalizácia umožňuje vytvorenie vysoko-pevných komponentov. Pomer pevnosti a hmotnosti súčasných 3D výtláčkov vedie ku konkurencieschopnosti 3D priemyslu proti kompozitným materiálom, a v niektorých prípadoch aj ľahkým zliatinám kovov.

Pod'akovanie

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

Referencie

- 3D Insider. Different types of 3D printers [WWW Document]. 3dinsider.com. URL <https://3dinsider.com/3d-printer-types/>
- Gerin Fahlstron, P., Gleason, T. 2012. Introduction to UAV Systems. ISBN 978-1119978664.
- Havel, K., Balint, V., Novak, A. 2017. A number of conflicts at route intersections - rectangular model. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 19(2), 145-147.
- Bugaj, M., Beňo, L. 2012. Materiály v letectví, Žilina: EDIS
- Proto Labs. Stereolithography. [WWW Document]. Protolabs.co.uk. URL <https://www.protolabs.co.uk/services/3d-printing/stereolithography/> (accessed 1.21.19)
- Torres, J., Coteló, J., Karl, J., Gordon, A. 2015. Mechanical Property Optimization of FDM PLA in Shear with Multiple Objectives
- Turiak, M., Novák-Sedláčková, A., Novák, A. 2014. Portable electronic devices on board of airplanes and their safety impact

Ultimaker B.V. Ultimaker.com. Dostupné na:

<https://ultimaker.com/en/resources/52670-infill>
(accessed 1.19.19)

UAV TECHNOLOGY IN THE PROCESS OF ACCURATE FIRE LOCALIZATION & MONITORING OF BUILDINGS

VYUŽITIE BEZPILOTNÝCH LIETAJÚCICH PROSTRIEKOV V PROCESE LOKALIZÁCIE A MONITOROVANIA POŽIARU BUDOV

Pavol Pecho

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

Martin Bugaj

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

Viliam Ažaltovič

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

Abstract

The paper is focused on the application of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in the process of accurate and early source of fire localization during the firefighting operation inside buildings. UAVs in practice allow to use perspectives and insights that are not accessible to ground forces. The authors expect to provide an early localization of hidden center of enclosure fire using UAVs and compare how early detection of fire source could affect overall firefighting process. As a part of verification of this hypothesis a fire test was carried out in collaboration with fire department. Additionally, to the fire test, authors used numerical fire simulation of various scenarios according to experimental conditions. Results demonstrate the use of UAVs in terms of rescue forces and their overall contribution to safety related to firefighting and fire protection of buildings.

Keywords

UAV, firefighting, fire localization, FDS fire simulation, fire test

1. Úvod

DJI, celosvetový líder medzi výrobcami bezpilotných lietajúcich prostriedkov, publikoval prieskum, ktorý preukázal, že UAV (Unmanned Aerial Vehicles) doposiaľ zachránili najmenej 59 ľudí v život ohrozujúcich situáciách v 18-ich rôznych udalostiach po celom svete. Táto správa je založená na prieskume informácií svetových médií. Viac ako tretina týchto ľudí bola zachránená UAV prostriedkami riadenými civilnými pozorovateľmi alebo dobrovoľníkmi, ktorí ponúkli svoje služby profesionálnym záchranárom. Tento fakt možno pokladať za dôkaz, že extenzívne osobné vlastníctvo UAV ponúka aj výhody pre verejnú bezpečnosť. Vzhľadom k tomu, že UAV prostriedky sú využívané stále viac, a to nielen jednotlivcami ale aj bezpečnostnými zložkami, stávajú sa teda viac a viac častejšími účastníkmi leteckej dopravy (Havel et al., 2017), čo vedie k predpokladu nárastu zachránených osôb na 1 osobu za týždeň.

Bezpilotné lietajúce prostriedky, alebo UAV, môžu byť rozdelené na prístroje s pohyblivými povrchmi produkujúcimi vztlak, multikoptéry alebo lietadlá. V praxi je výber zostavy a komponentov UAV vo veľkej miere založený na účele využitia. Multikoptéry majú síce malý rozsah, no vďaka ich pozitívnym vlastnostiam ako možnosť zotrvať v statickej polohe počas letu, vzlet a pristátie z/na jeden bod alebo schopnosť skenovať územia počas letu s nízkou rýchlosťou, čo je už využívané LIDAR skenovaním terénu a objektov (Bobál et al., 2017). Lietadlá, na opačnej strane, majú dlhodobú výdrž letu a vyššiu rýchlosť letu možno využiť na skenovanie väčších plôch (Turiak et al., 2014). Prvýkrát bola technológia UAV použitá rakúskou armádou v roku 1849 pomocou „balónového transportéra“. V súčasnosti predstavuje lietadlo RQ-1 Predator najvyspelejšiu technológiu v oblasti UAV a jeho produkcia začala v roku 1996 spoločnosťou

General Atomics Inc. (**Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.a**).

Momentálne je využitie prostriedkov UAV v záchranných službách vo veľkej miere orientované na vyhľadávanie objektov a osôb. Kombinácia technológie infračervenej kamery s UAV



Obrázok 5 RQ-1 Predator (a) ("General Atomics MQ-1 Predator," 2019); Iris 2 kvadkoptéra s pripevnenou infračervenou kamerou FLIR Vue Pro (b)

(**Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.b**) predstavuje i deálny nástroj na vyhľadávanie a skenovanie zo vzduchu.

Článok je zameraný na návrh a možnosti využitia takýchto prístrojov v oblasti záchranných zložiek a hasičského zboru. Využívanie UAV na lokalizovanie lesných požiarov je v súčasnosti takmer samozrejmosťou. Autori sa preto zameriavajú na výskum potenciálnej možnosti aplikácie využitia UAV technológie v prípade požiarov v budovách. Prednosťou takéhoto systému je najmä možnosť monitorovania nedostupných plôch a častí budov zo zeme a z bezpečnej vzdialenosti bez ohrozenia života a zdravia.

Hlavným problémom požiaru v uzavretých priestoroch priemyselných stavieb je v prehrievaní a následnom zborvení oceľových konštrukcií. Skorá detekcia kritických teplôt by poskytla včasnú evakuáciu hasičských jednotiek z budovy, ak by boli v ohrození. Okrem toho by skenovanie priestoru

a konštrukcie mohlo viesť k odhaleniu neskorších zdrojov požiaru v častiach budovy, v ktorých nie je zásah požiarom predpokladaný. Možnosť skoršej lokalizácie ohniska požiaru by sa takisto mohla podieľať na efektívnejšom zásahu a záchrane ľudí a majetku.

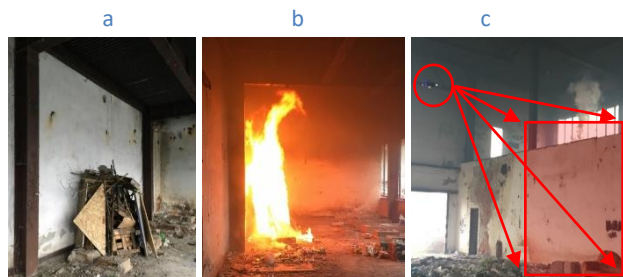
Pri lokalizovaní ohniska požiaru v budove pomocou skenovania infračervenou kamerou z exteriéru má dôležitú úlohu tepelná vodivosť stavebných materiálov. Konštrukcie tvoriace obálku budov sú vo všeobecnosti zložené z materiálov s nízkou tepelnou vodivosťou, čím spolu vytvárajú konštrukčné prvky s vysokým tepelným odporom. Požadovaná hodnota tepelného odporu takýchto konštrukcií je definovaná v národnej technickej norme (STN 73 0540-2 (73 0540), 2016). To znamená, že aj pri vysokých teplotách vzduchu vnútri budovy počas požiaru, obvodové konštrukcie zväčša zamedzujú rýchlemu zvýšeniu teplôt na exteriérovej strane budovy, ktorá nie je vystavená požiaru, avšak v niektorých prípadoch môžu k požiaru prispievať (Smolka et al., 2016). Počas prevedeného požiarneho testu a vytvorením numerických simulácií sa autori snažili určiť čas, ktorý je potrebný na prejavenie sa prestupu tepla na vonkajšej strane konštrukcií počas požiaru.

Tím autorov navrhol technológiu spájajúcu infračervenú kameru pripevnenú na kvadkoptéru spolu so zariadením zabezpečujúcim nahrávanie a prenos videa v reálnom čase monitorovania. Počas tejto štúdie bola použitá infračervená kamera FLIR Vue PRO a kvadkoptéra Iris 2. Videosignál bol prenášaný na 5,8 GHz frekvencii.

2. Materiály a metódy

Je nevyhnutné navrhnutú hypotézu verifikovať pred jej samotnou aplikáciou spojenou s reálnym hasičským zásahom. V spolupráci s HaZZ Partizánske bol autorom umožnený požiarový test v nepoužívanej priemyselnej budove v danom regióne. Test bol však limitovaný požiadavkou majiteľa budovy nezničiť žiadnu konštrukciu, nakoľko je v pláne budovu v budúcnosti zrekonštruovať a znova uviesť do prevádzky. Z tohto dôvodu bol požiarový test po celý čas monitorovaný, zabezpečený a ukončený prítomnými hasičmi predtým ako došlo k akémukoľvek poškodeniu stavebných konštrukcií.

Požiar bol umiestnený do uzavretej miestnosti budovy, ktorá bola ohraničená murovanou stenou z plnej pálenej tehly, betónovou podlahou a kompozitným oceľobetónovým stropom. Horľavým materiálom, predstavujúcim požiarne zaťaženie, boli použité drevené palety a iný drevený odpad (**Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.a**).

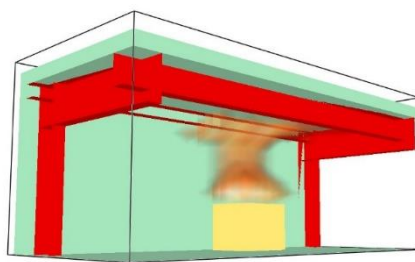


Obrázok 6 Horľavý materiál pripravený pre požiarový test (a); požiar počas testu (b); skenovanie pomocou UAV s pripevnenou infračervenou kamerou počas požiarneho testu (c)

Vedenie tepla bolo monitorované na stropnej konštrukcii (hrúbky 150-180 mm) a jednej tehlovej stene (hrúbky 250 mm), ktorá bola v bezprostrednej blízkosti k požiaru (**Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.b**). Konštrukcia miestnosti, v ktorej sa test odohrával, bola navrhnutá ako samostatný úsek vnútri priestrannej priemyselnej stavby, pričom ich oceľové nosné konštrukcie tvorili jeden celok. Na monitorovanie zvýšených teplôt vybraných konštrukcií bola použitý UAV Iris 2 s pripevnenou infračervenou kamerou FLIR Vue Pro (**Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.c**). Celkovo trval požiarový test 40 minút, ale približne po 20 minútach od začiatku prešiel požiar do fázy dohorievania sprevádzanej postupne sa znižujúcim výkonom.

V nadväznosti na vykonaný požiarový test autori taktiež vytvorili niekoľko scenárov počítačových simulácií požiaru pre overenie vyslovenej hypotézy. Simulácie boli vytvorené a prevedené v softvéri FDS, verzia 6.7, v súlade s oficiálnou užívateľskou príručkou vydanou výrobcom programu (McGrattan and Forney, 2013). Výstupy simulácií boli spracované použitím programu Smokeview, verzia 6.7, takisto v súlade s užívateľskou príručkou (Forney and McGrattan, 2018).

Geometria priestoru pre numerickú simuláciu bola vymodelovaná na základe reálnych rozmerov, materiálov a ohraničujúcich podmienok priestoru, kde bol vykonaný požiarový test (**Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**). Všetky materiály boli v programe FDS špecifikované všetkými materiálovými charakteristikami, ktoré sú nevyhnutné pre sledovanie prestupu tepla a povrchových teplôt. Niektoré z týchto materiálových vlastností sa menia v závislosti od teploty materiálu, čo program FDS umožňuje špecifikovať pomocou „ramp“ funkcie. Takýmto spôsobom bola definovaná tepelná vodivosť a merné teplo betónu v súlade s materiálovými vlastnosťami betónu za zvýšených teplôt definovanými v Eurokóde 2 (STN EN 1992-1-2 (73 1401): Eurocode 2, 2007). Vymodelovaná geometria bola rozdelená na dve siete (mesh) s rozmermi výpočtovej mriežky 200x200x200 mm na základe predošlej analýzy citlivosti výpočtami s 50, 100 a 200 mm mriežkou.



Obrázok 7 Vytvorená geometria pre FDS numerické požiarne scenáre

Pre sledovanie zmien povrchových teplôt vonkajšej strany stropu a steny boli vytvorené 4 scenáre s rôznym výkonom požiaru (HRR - Heat Release Rate) a rovnakou dĺžkou požiaru. Variácia vstupných parametrov je popísaná v **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**, kde sú označené ako scenár 1 až 4. Ďalšie 4 scenáre boli vytvorené za účelom sledovania chladnutia oceľovej konštrukcie po zhasení požiaru. V tomto prípade bola teplota konštrukcie monitorovaná počas 60 minút po zhasení v scenároch 5 až 8 v **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.** Všetky scenáre boli vytvorené v dvoch rôznych teplotných podmienkach: 20°C, čo predstavuje štandardnú teplotu

interiéru a konštrukcií, a -10°C (scenáre označené s *), čo bola reálna teplota konštrukcií počas požiarneho testu (v období zimy a v nepoužívanej budove).

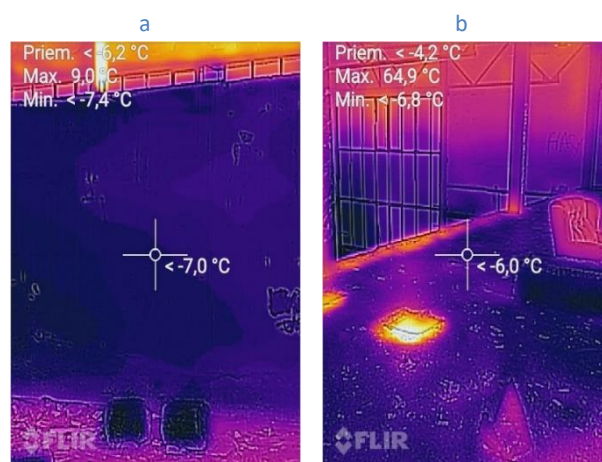
Tabuľka 1 Vstupné parametre vytvorených FDS scenárov požiaru

Scenár	HRR	Plocha požiaru	Čas požiaru	Čas scenára	Počiatočná teplota
1	1.0 MW	0.8 m ²	60 min	60 min	20°C
1*	1.0 MW	0.8 m ²	60 min	60 min	- 10°C
2	1.6 MW	0.8 m ²	60 min	60 min	20°C
2*	1.6 MW	0.8 m ²	60 min	60 min	- 10°C
3	3.2 MW	1.6 m ²	60 min	60 min	20°C
3*	3.2 MW	1.6 m ²	60 min	60 min	- 10°C
4	7.2 MW	3.6 m ²	60 min	60 min	20°C
4*	7.2 MW	3.6 m ²	60 min	60 min	- 10°C
5	1.0 MW	0.8 m ²	40 min	100 min	20°C
5*	1.0 MW	0.8 m ²	40 min	100 min	- 10°C
6	1.6 MW	0.8 m ²	40 min	100 min	20°C
6*	1.6 MW	0.8 m ²	40 min	100 min	- 10°C
7	3.2 MW	1.6 m ²	40 min	100 min	20°C
7*	3.2 MW	1.6 m ²	40 min	100 min	- 10°C
8	7.2 MW	3.6 m ²	40 min	100 min	20°C
8*	7.2 MW	3.6 m ²	40 min	100 min	- 10°C

3. Výsledky experimentu

Kvôli limitácii času a intenzity požiaru počas požiarneho testu, jeho výsledky nie sú dostatočné pre potvrdenie predpokladanej aplikácie systému UAV s infračervenou kamerou. Skenovanie stropu a vybranej steny bolo prebiehalo počas celého trvania požiaru, avšak najdôležitejší čas na skenovanie bol počas prvých 20 minút požiaru, pokým neprešiel do fázy dohorievania. Nakoľko išlo o opustenú budovu a z časti zničenú konštrukciu, spoj medzi stropom a sledovanou stenou bol pozdĺž celej svojej dĺžky porušený. Z tohto dôvodu boli infračervené skeny ovplyvnené horúcim vzduchom prúdiacim cez túto trhlinu a takisto cez otvory v strope. Ako je možné na **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.** vidieť, infračervené skeny (fotky) neukazujú žiadnu zvýšenú teplotu sledovaných prvkov spôsobenú prestupom tepla cez konštrukciu. V súlade s vykonaným požiarnym testom bol vytvorený scenár 1*, ktorého proces horenia sa svojim výkonom (HRR = 1 MW) najviac približuje reálnemu požiaru počas testu a takisto počiatočnou teplotou prostredia a konštrukcií (-10°C). Tento scenár by mal prezentovať predpokladaný výsledky požiarneho testu s dlhším procesom horenia. Čas kedy povrchová teplota vonkajšej strany sledovaných konštrukcií dosiahne hodnoty,

ktoré je možné sledovať infračervenou kamerou sumarizuje **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.** pre scenáre 1 až 4 s polu s maximálnou teplotou konštrukcií na konci scenára (60 min).



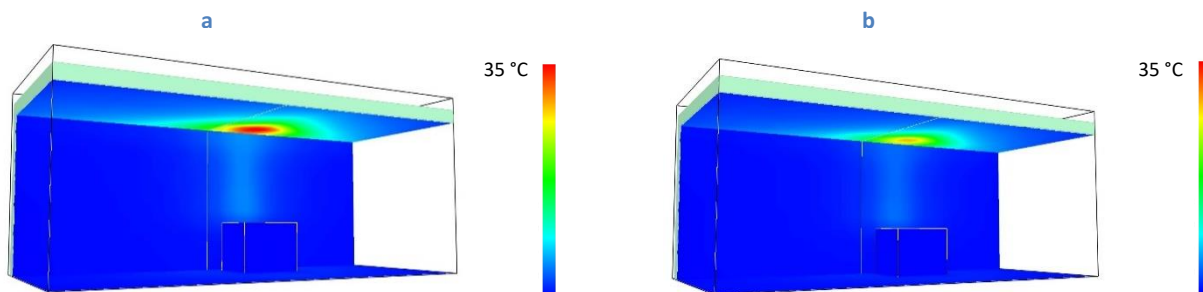
Obrázok 8 Infračervené skeny steny (a) a stropu (b) počas požiarneho testu

Grafická interpretácia výstupov zo softvéru Smokeview je pre scenáre 1 a 1* zobrazaná na **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.** (teplota vonkajšej strany konštrukcie je zobrazaná na jej

vnútornej strane) v príslušnom čase podľa **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov..**

Tabuľka 2 Výstupy scenárov 1 až 4

Scenár	Čas požiaru	Čas požiaru	Maximálna teplota stropu	Maximálna teplota steny
	teplota stropu stúpne o 1°C	teplota steny stúpne o 1°C	Čas = 60 min	Čas = 60 min
1	28 min	51 min	35 °C	23 °C
1*	28 min	51 min	6 °C	- 8 °C
2	26 min	49 min	38 °C	23 °C
2*	26 min	48 min	9 °C	- 7 °C
3	26 min	47 min	38.5 °C	24 °C
3*	26 min	46 min	10 °C	- 6 °C
4	25 min	45 min	40 °C	24 °C
4*	25 min	45 min	11 °C	- 6 °C



Obrázok 9 Výstupy programu Smokeview pre scenár 1 (a) a scenár 1* (b) v príslušnom čase

Tabuľka 3 Maximálna teplota sledovanej ocelevej konštrukcie

Scenár	Maxim. teplota ocelevej konštrukcie Čas = 40 min	Maxim. teplota ocelevej konštrukcie Čas = 100 min
5	720 °C	140 °C
5*	725 °C	110 °C
6	788 °C	173 °C
6*	787 °C	153 °C
7	886 °C	187 °C
7*	879 °C	174 °C
8	964 °C	223 °C
8*	968 °C	213 °C

Ďalším aspektom sledovania pri požiaroch v budovách, najmä priemyselných, a je možné ho sledovať pomocou infračervenej kamery je teplota oceľovej nosnej konštrukcie počas požiaru a takisto aj po ňom. Infračervené skeny (fotky) oceľovej konštrukcie, ktorá bola priamo vystavená požiaru počas testu, boli zachytené počas procesu ochladzovania pomocou infračervenej kamery formou časozberného videa. Výstupy FDS scenárov 5 až 8, ktoré boli vytvorené za účelom sledovania teploty oceľovej konštrukcie, sú zhrnuté v **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.** ako teploty konštrukcie na konci požiaru (v čase = 40 min) a po 60 minútach prirodzeného ochladzovania.

4. Záver

Cieľom článku bola štúdia zameraná na využitie bezpilotného lietajúceho prostriedku (UAV) s pripustenou infračervenou kamerou počas hasičských zásahov pri požiaroch v budovách. Na overenie tejto hypotézy uskutočnili autori požiarneho experiment doplnený o FDS numerickú simuláciu požiaru.

Výsledky požiarneho testu potvrdzujú fakt, že vedenie tepla stavebnými konštrukciami závisí od ich materiálových vlastností. Vysoký tepelný odpor obálky budovy predlžuje čas, za ktorý sa zvýšené teploty v interiéri v dôsledku požiaru prejavajú na vonkajšej strane daných konštrukcií. Krátky priebeh plne rozvinutého požiaru (približne 20 minút), za ktorým nasledovala fáza dohorievania, spôsobil, že infračervené skenovanie pomocou UAV nezobrazilo žiadne zmeny teploty na vonkajšej strane sledovaných konštrukcií (strop a stena). Avšak, ako **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.** ukazuje, i nračerveným skenovaním je možné zaznamenať prienik horúceho vzduchu cez poškodenia a otvory v konštrukcii. Ak takéto prienik nie je sprevádzaný dymom, nebolo by ho možné odhaliť počas štandardného hasičského zásahu bez použitia daného vybavenia.

Výstupy FDS simulácii poukazujú na to, že viditeľnosť vedenia tepla cez konštrukcie obálky budovy nie je ovplyvnená len tepelným odporom, ale aj výkonom a dĺžkou trvania požiaru. Z tohto dôvodu je možné sledovať tepelné zmeny na exteriérovom povrchu pomocou infračervenej kamery najskôr vo fáze plne rozvinutého požiaru. Tento čas približne zodpovedá času prírjazdu hasičských jednotiek a počiatkovej fázy hasičského zásahu.

Počas zásahu je teda možné využiť infračervenú kameru pre lokalizovanie skrytého (nepredpokladaného) ohniska požiaru vo veľko-rozmerových budovách a zabezpečiť tak efektívnejšiu a bezpečnejšiu koordináciu.

Okrem predošlých bodov, infračervené skeny je možné využiť aj po zhasení požiaru. V tejto fáze môže infračervená kamera zaznamenať priebeh teplôt stavebnej konštrukcie. Údaje o teplote môžu napomôcť pri následnej statickej analýze pre posúdenie vplyvu tepelného zaťaženia. Monitorovanie teploty konštrukcie je takisto dôležité aj z dôvodu prevencie opakovaného vznietenia horľavých materiálov (polystyrén, polyuretán, drevo atď.). Samovznietenie takýchto materiálov je často príčinou opakovaného hasičského zásahu po predošlom zhasení požiaru.

Autori veria, že článok ponúka možnosti ďalšieho výskumu v oblasti a implementácie bezpilotných lietajúcich prostriedkov a infračerveného skenovania do záchranných služieb.

Referencie

Bobáľ, P., Sipina, S., Škultéty, F., 2017. Aspects of Aerial Laser Scanning when exploring unknown archaeological sites (Case study). *Transp. Res. Procedia* 28, 37–44.

Forney, G.P., McGrattan, K.B., 2018. User's guide for smokeview version 6.0 :: a tool for visualizing fire dynamics simulation data (No. NIST Special Publication 1017-1). National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

Havel, K., Balint, V., Novak, A., 2017. A Number of Conflicts at Route Intersections - Rectangular Model. *Commun. - Sci. Lett. Univ. Zilina* 19.

McGrattan, K.B., Forney, G.P., 2013. Fire dynamics simulator (version 6) :: user's guide (No. NIST SP 1019). National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.

RCprofi s.r.o, n.d. Drony zachraňujú ľudské životy [WWW Document]. RCprofi.sk. URL <https://www.rcprofi.sk/poradna/drony-zachranuju-ludske-zivoty> (accessed 1.24.19).

Smolka, M., Mózer, V., Tofito, P., 2016. FIRE PERFORMANCE OF COMPOSITE-PANEL SEPARATION WALLS. *Appl. Struct. Fire Eng.*

STN 73 0540-2 (73 0540), 2016. STN 73 0540-2 (73 0540): 2016 : Thermal protection of buildings. Thermal performance of buildings and components. Part 2: Functional requirements.

STN EN 1992-1-2 (73 1401): Eurocode 2, 2007. STN EN 1992-1-2 (73 1401):2007 : Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-2: General rules. Structural fire design.

Turiak, M., Novák-Sedláčková, A., Novák, A., 2014. Portable Electronic Devices on Board of Airplanes and Their Safety Impact. In: Mikulski, J. (Ed.), *Telematics - Support for Transport*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 29–37.

RESEARCH OF HAPTIC FEEDBACK FOR PILOT GUIDANCE USAGE

VÝZKUM HAPTICKÉ ODEZVY PRO VEDENÍ PILOTA

Lukáš Dubnický

Institute of Aerospace Engineering
Brno University of Technology
Technická 2896/2
616 69, Brno
161582@vutbr.cz

Michaela Horpatzká

Institute of Aerospace Engineering
Brno University of Technology
Technická 2896/2
616 69, Brno
160699@vutbr.cz

Abstract

This article summarizes present outcomes of the experiments concerning haptic feedback research on the Institute of Aerospace Engineering, Brno University of Technology. It consists of previously published research outcomes and crucial findings of the internal verification tests. The experiments described in this article were carried out as a part of development process in creation of haptic feedback system that helps the pilot's situational awareness of wing airflow and flight parameters.

Keywords

haptic feedback, vibration feedback, pilot-aircraft interaction, joystick guidance

1. Úvod

Haptická zpětná vazba, tedy předání informace v rozhraní člověk-stroj způsobem, kdy člověk používá pro příjem informace hmatový smysl, je v letectví hojně používanou metodou. Haptická zpětná vazba představuje zejména u malých letounů s přímým řízením přirozenou informaci o proudění na řídicích plochách, ať už ve formě sil v řízení, nebo vibrací při blízcím se odtržení proudění na křídle. U letounů vybavených nepřímým řízením případně řízením typu fly-by-wire je pak haptická zpětná vazba běžně do řídicích pák doplňována např. použitím vibračních motorků (stick shaker) apod.

Výzkum v oblasti haptické odezvy a jejího použití se zabýval mimo jiné možnostmi použití haptické vesty (Jones, Nakamura and Lockyer, 2004) a haptického pásu (van Erp et al., 2005; Weber et al., 2011). van Erp (2007) studoval haptický display. Zjistil také, že lokalizovaná vibrace na těle pilota může být snadno přiřazena prostorové informaci o směru nebo o hrozbě. Haptické zařízení upozorňující pilota na polohu letadla představili Cardin, Vexo and Thalmann (2006). Vliv haptické odezvy a automatizace na výkon pilota hodnotil Olivari et al. (2014).

Současný výzkum na Leteckém ústavu (FSI VUT Brno) se zaměřuje na nové možnosti využití haptické odezvy v malých letounech. Cílem je rozšířit využití haptické zpětné vazby od současné dominantní role varování pilota k možnosti navádění pilota k reakci, která mu pomůže opustit nebezpečné režimy letu, nebo přímo předcházet podobným situacím, stejně jako nevhodné neekonomické pilotáži. Cílem je vývoj aktivních haptických prvků pro řídicí páku a pedály směrového řízení, jejichž prostřednictvím bude pilot přijímat letové parametry. (Zikmund et al., 2018)

Článek shrnuje výsledky experimentů postupujících od ověření možnosti použití vibrací pro navádění pilota k pohybu řídicí pákou určitým směrem, přes možnosti zpřesnění vedení pilota do dané polohy řídicí páky a rozvinutí problematiky k použití na

pedálech směrového řízení až po porovnání s nevibračním haptickým prvkem vybaveným výsuvným členem.

2. Experimentální vývoj haptické odezvy

2.1. Směrové vibrace

Úvodní experiment se zaměřil na ověření použitelnosti vibrací, pro navádění člověka k pohybu řídicí pákou ve směru určeném vibrací. Výsledky publikovali P. Zikmund, M. Macík a Z. Míkovec v článku Reaction on Directional Vibrations Applied on Joystick (Zikmund, Macík and Míkovec, 2017). Hardware experimentu byl tvořen upraveným joystickem, který byl vybaven 4 vibračními motorky po bocích pro navádění vpřed, vzad, vpravo, vlevo. Držení joysticku a polohy vibračních motorků na ruce svírající joystick jsou na obrázku č. 1. Experiment sestával z 2



Obrázek 1: Joystick s vibračními motorky (vlevo) a odpovídající polohy na ruce (vpravo) (Zdroj: Zikmund, Macík and Míkovec, 2017, upraveno)

bloků po 32 vibracích, kdy jeden z bloků byl bez rušení a druhý s rušením v podobě nesměrových vibrací 5. motorku pro simulaci vibrací z okolí, např. letounu. Polovina účastníků začínala blokem bez rušení, druhá polovina s rušením. Z 19 účastníků experimentu bylo 18 schopno zvolit způsob reakce na vibraci a tento dodržovat. 13 z těchto 18 účastníků pak vililo

směr reakce shodný se směrem vibrujícího motorku (dopředná reakce), zbylých 5 volilo opačný směr od směru vibrujícího motorku (opačná reakce). Výsledky přitom ukazují, že člověk je schopen reagovat na směrové vibrace s přibližně 5 % chybovostí. Lepší výsledky v chybovosti a reakčním čase pak měli účastníci, kteří volili dopřednou reakci, tedy ve směru vibrace. Rušení pomocí 5. vibračního motorku neukázalo výrazný vliv na chybovost ani reakční čas.

2.2. Použití rytmů a proměnných pulzů

Navazující experiment se orientoval na možnost zanesení informace o vzdálenosti nutné pro pohyb řídicí pákou do vibrační zpětné vazby s cílem zlepšit přesnost pilotního výkonu. Výsledky publikovali N. Malalan a P. Zikmund v článku *Vibration Feedbacks in Pilot-Aircraft Haptic Interaction* (Malalan and Zikmund, 2018). Při navádění podobným způsobem, jaký byl popsán v předchozím odstavci, byly použity různé druhy vibrací, v závislosti na vzdálenosti mezi okamžitou polohou joysticku a požadovanou polohou, do které vibrace naváděly. První testovaný vzor byl založen na zkracování vibračních pulzů se zkracováním vzdálenosti, druhý testovaný vzor používal při větší vzdálenosti proměnný rytmus, v malých vzdálenostech pak zkracování pulzů. Možnost s použitím čistě rytmu byla v před experimentálním ověření vyřazena jako matoucí a nepřesná. Navádění probíhalo pouze 2 vibračními motorky v 1 ose. Rovněž bylo zkoušeno použití protisměrné vibrace pro lepší vedení pohybu. Z výsledků vyplývá, že průměrná chyba i maximální chyba jsou nižší u metody používající pouze změny délek pulzů. Použití protisměrné vibrace nevedlo k výraznému zlepšení přesnosti v případě metody změn délek pulzů, u metody kombinující změny délek pulzů a proměnné rytmy vedla k výraznému poklesu přesnosti.

2.3. Aktivní člen a srovnání s vibracemi

Jako alternativu k použití vibrací, navrhl P. Zikmund a M. Macík nástavec řídicí páky vybavený výsuvným aktivním členem, jehož pohybem lze předávat informaci podobně jako vibracemi. Člen se vysouvá z přední stěny joystickového madla. V článku *Comparison of Joystick Guidance Methods* (Zikmund et al., n.d.) jsou srovnávány oba způsoby navádění, při pohybu v 1 ose. Použitý hardware je na obrázku č. 2. Experiment byl tvořen 2



Obrázek 2: Nástavce joysticku s výsuvným členem a s vibračními motorky (Zdroj: Zikmund et al., n.d., upraveno)

bloky, jeden pro navádění vibracemi, jeden pro navádění výsuvným členem. Každý blok obsahoval navádění do 30 náhodných pozic a vedení po průběžně se měnící pozici (trati). Mezi 12 účastníků byly metody a pořadí rozděleny pravidlem latinských čtverců. Výsledky ukazují, že střední reakční čas při použití výsuvného členu pro navádění do náhodných pozic je kratší než při použití vibrací. V párovém t-testu je však hypotéza o shodnosti středních reakčních časů potvrzena na hladině významnosti 90 %, ne však na hladině významnosti 95 %. Střední

chyba při průběžném navádění je nižší pro výsuvný člen, na hladině významnosti 99 % je zamítnuta hypotéza, že střední chyba mezi oběma metodami navádění je shodná. Subjektivní hodnocení pak mírně favorizují řešení pomocí výsuvného členu.

2.4. Použití vibrací na pedálech

Na experimenty používající vibrace na řídicí páce navazoval experiment, ve kterém P. Zikmund, V. Jazdauskas zkoumali použití vibrací na pedálech směrového řízení. 19 účastníkům byly náhodně zapínány vibrace levého, nebo pravého pedálu, sledoval se jejich reakční čas a způsob reakce. Použité pedály jsou na obrázku č. 3. Podobně jako u experimentů pro řídicí



Obrázek 3: Pedály s vibračními tělesy (Zdroj: Autoři)

páku, byla dominantní reakce směrem za vibrací, v tomto případě sešlápnutí vibrujícího pedálu. Jako hlavní technický problém se ukazuje přenášení vibrací z jednoho pedálu do druhého a tím významné zhoršení rozeznatelnosti aktivní strany, kdy vzniká dojem vibrace obou pedálů současně.

2.5. Módy vibrací

Pro možné použití v pedálech směrového řízení byly zkoumány různé módy vibrací tvořené různou délkou pulzů a pauz mezi nimi. Módy byly sestaveny z pulzů a pauz 0,5 s; 0,25 s; 0,125 s, a seřazeny do sad. První sada používala zkracování pauz mezi konstantními pulzy, druhá sada používala zkracování pulzů mezi konstantními pauzami a třetí sada znamenala zkracování pulzů i pauz vždy na stejnou délku. Bylo zjištěno, že módy s kratšími pauzami a delšími pulzy vibrací jsou vnímány jako naléhavější upozornění. (Dubnický and Mašek, 2018) Dlouhé pulzy a velmi krátké pauzy však těsně hraničí s trvalými vibracemi, které rychle vedou ke snižování citlivosti chodidel vůči vibracím. Jev postupného přivýkání dlouhodobým haptickým impulzům byl již pozorován (Craig and Evans, 1987). Rozlišitelnost pauzy v módu tak má nezanedbatelný význam.

3. Diskuze

Při samotné přípravě experimentů se ukazovala vhodnost vibrací spíše pro příležitostná upozornění s menším výskytem v čase, než pro dlouhodobá navádění. To vychází především z postupného snižování citlivosti člověka vůči vibracím, pokud jsou tyto přítomny dostatečně dlouhou dobu. Řešením může být použití vibrací ve vhodně zvolených módech pro danou situaci. Pauza v módu může oddalovat postupné snižování vnímavosti člověka vůči vibracím a současně přináší lepší zaznamenatelnost vibrace při konci pauzy a nástupu vibrace. Na ověření se může zaměřit následný výzkum. Další komplikací při použití vibrací pro haptické systémy na řídicích je problém vnášení vibrací do

řízení letounu případně problém rozlišení vibrací letounu od vibrací haptické zpětné vazby. I s ohledem na tyto problémy vibrací se pro účely vedení pilota jeví použití výsuvného členu jako lepší východisko. Především pak pro použití na ruku. Výsuvný člen však přináší problémy složitější mechanické zástavby a neodstraňuje zcela závislost na způsobu uchopení haptického prvku. Je navíc vystaven síle stisku pilotovi ruky, což představuje značné nároky na jeho technické řešení, především vzhledem k jeho umístění a rozměrovým možnostem nástavce řídicí páky. Využití vibrací však zůstává pro funkci varování, a pozornost by tak mohla být věnována ověření takového řešení, které bude v sobě kombinovat použití vibračních členů pro funkci varování a vysouvacích členů pro navádění.

4. Závěr

Během výzkumu byla vyzkoušena reakce člověka na směrově přiřaditelné vibrace a to jak pro uplatnění na řídicí páce, tak na pedálech. Dále byly zkoušeny možnosti zlepšení způsobu předání informace použitím vibrací o proměnných rytmech a pulzacích. Z výsledků popsaných experimentů pak vychází návrh a ověření haptického systému na letovém simulátoru. Haptický systém dává informaci o úhlu náběhu a úhlu vybočení letounu. Informace o úhlu náběhu je realizována vysouváním členu na nástavci řídicí páky. Informace o úhlu vybočení je realizována buď naklápěním výsuvného členu, nebo vibracemi pedálů. Tím vznikají 2 testované varianty návrhu haptického systému pro ověření na simulátoru. Experiment provedený s 12 účastníky s pilotními licencemi je v současnosti vyhodnocován. Současně je připravováno experimentální ověření haptického systému ve skutečném letounu.

Reference

- Cardin, S., Vexo, F. and Thalmann, D. 2006. Vibro-Tactile Interface for Enhancing Piloting Abilities During Long Term Flight. *Journal of Robotics and Mechatronics*, 18(4), pp.381-391.
- Craig, J. and Evans, P. 1987. Vibrotactile masking and the persistence of tactual features. *Perception & Psychophysics*, 42(4), pp.309-317.
- Dubnický, L. and Mašek, J. 2018. *Návrh a modely chování systému haptické odezvy*. Internal Institute of Aerospace Engineering, Brno University of Technology report. Unpublished.
- Erp, J., Veen, H., Jansen, C. and Dobbins, T. 2005. Waypoint navigation with a vibrotactile waist belt. *ACM Transactions on Applied Perception*, 2(2), pp.106-117.
- Erp, J. (2007). *Tactile displays for navigation and orientation : perception and behaviour*. Utrecht University.
- Jones, L., Nakamura, M. and Lockyer, B. 2004. Development of a tactile vest. *12th International Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, 2004. HAPTICS '04. Proceedings..*
- Malalan, N. and Zikmund, P. 2018. VIBRATION FEEDBACKS IN PILOT-AIRCRAFT HAPTIC INTERACTION. In: *13th Research and Education in Aircraft Design Conference 2018*. Brno: Institute of Aerospace Engineering Brno University of Technology, pp.98-108.
- Olivari, M., Nieuwenhuizen, F., Bühlhoff, H. and Pollini, L. 2014. An Experimental Comparison of Haptic and Automated Pilot Support Systems. *AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference*.
- Weber, B., Schatzle, S., Hulin, T., Preusche, C. and Deml, B. 2011. Evaluation of a vibrotactile feedback device for spatial guidance. *2011 IEEE World Haptics Conference*.
- Zikmund, P., Macík, M. and Míkovec, Z. 2017. Reaction to directional vibrations applied on a joystick. In: *19th International Conference on New Trends in Civil Aviation 2017*. Prague: Czech Technical University in Prague Faculty of Transportation Sciences Department of Air Transport.
- Zikmund, P., Macík, M., Dvořák, P. and Míkovec, Z. 2018. Bio-inspired aircraft control. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 90(6), pp.983-991.
- Zikmund, P., Macík, M., Dubnický, L. and Horpatzká, M. (n.d.). Comparison of Joystick guidance methods. In: *CogInfoCom 2019*. Naples.

REQUIREMENTS ON VFR AERODROME LIGHTING SYSTEMS

POŽADAVKY NA SVĚTELNÉ SOUSTAVY PRO VFR LETIŠTĚ

Jiří Chlebek

Institute of Aerospace Engineering
Brno University of Technology
Faculty of Mechanical Engineering
Technická 2896/2
616 69 Brno
Czech Republic
chlebek@fme.vutbr.cz

Filip Sklenář

Institute of Aerospace Engineering
Brno University of Technology
Faculty of Mechanical Engineering
Technická 2896/2
616 69 Brno
Czech Republic
Filip.Sklenar@fme.vutbr.cz

Abstract

The basic idea behind the creation of this article, was define the basic requirements of runway lighting systems for aerodromes with VFR night traffic. Existing systems at small airports are usually outdated and do not fulfill their purpose sufficiently. Today lighting systems have characteristics different from requirements defined our study. The aim of the study was to define parameters of the mobile light system for non-instrument runway. The light system thus designed will be intended primarily to small airports that are not equipped with such systems. This device will also be useful in situations where it is necessary to set up a path in non-standard conditions without sufficient infrastructure necessary for the installation of stationary light systems. The technology will be based on LED light sources, with lower energy and operational costs.

Keywords

General aviation, light, aerodrome, RWY, VFR night

1. Úvod

Všeobecné letectví (General Aviation - GA) tvoří v řadě států (z hlediska počtu provozovaných letadel) nejvýznamnější segment leteckého provozu (Kraus a Němec, 2014). S ohledem na význam tohoto segmentu Evropská agentura pro bezpečnost letectví (EASA), vytýčila strategické priority pro všeobecné letectví, které jsou rozpracovány v materiálu *GA Roadmap 2.0*. Hlavní prioritou EASA je podpora rozvoje segmentu všeobecného letectví s cílem bezpečnějšího a levnějšího GA. Tento dokument si vytyčuje několik základních úkolů ve vztahu ke GA:

- **Udržovat prioritu GA** a vyhodnocovat dosažené cíle na EASA Safety konferenci GA každé 4 roky.
- **Podporovat kulturu bezpečnosti GA:** EASA bude spolupracovat s komunitou GA na zvyšování povědomí o důležitých bezpečnostních tématech.
- **Net Safety Benefit:** EASA zavede politiku týkající se přístupu k přínosům bezpečnostních sítí, která usnadní zavádění nových technologií a zařízení do letadel GA.
- **Aplikace nových obchodních modelů:** EASA přizpůsobí své regulační požadavky tak, aby usnadnily bezpečné zavedení nových obchodních modelů (jako jsou platformy pro sdílení nákladů) v rámci komunity GA.
- **Přizpůsobit pravidla návrhu a výroby:** V důsledku změn zavedených novým základním nařízením, EASA zjednoduší požadavky Part 21 na konstrukci a výrobu letadel GA.
- **Digitalizace GA:** EASA bude koordinovat vývoj inovativních technických řešení, aby piloti měli přístup k leteckým a letovým údajům v reálném čase v kokpitu. (EASA, 2019a)

EASA se rovněž hodlá zasadit o zvyšování bezpečnosti a snižování nehodovosti GA.

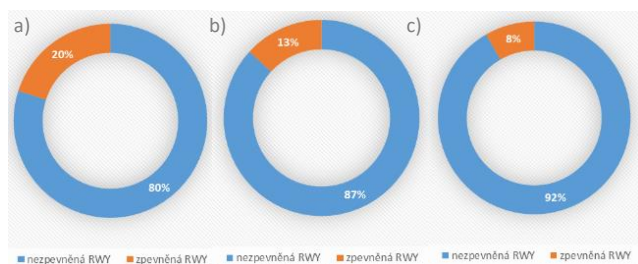
Úsilí EASA se zaměří především na následující oblasti:

- **Zůstat pod kontrolou:** Zlepšení letových dovedností, zvládnutí situací při ztrátě kontroly řízení, což je jedna z nejvýznamnějších rizikových oblastí v provozu GA.
- **Zvládnutí počasí:** pomoci pilotům minimalizovat rizika letu za podmínek IMC, podmínek námrazy, námrazy v karburátoru a špatných povětrnostních podmínkách. EASA zjistila, že počasí je často příčinou vzniku nehody řízeného letu do terénu (CFIT) a může také vést ke ztrátě kontroly řízení.
- **Předcházení srážkám ve vzduchu:** Tato oblast se zabývá tématy, jako je složitost provozu ve vzdušném prostoru, porušování pravidel ve vzdušném prostoru a využívání technologií ke zvýšení povědomí o polohách ostatních letadel.
- **Správa letu:** Bezpečný let závisí na schopnostech pilota navigovat, plánovat palivo, vyhýbat se překážkám, terénu a zvládat nouzové situace. Cílem této strategické oblasti je snížit výskyt mnoha různých druhů nehod (EASA, 2019b).

2. Letiště VFR

Segment GA využívá pro svůj provoz v převážné míře menší letiště s nepřístrojovými dráhami (RWY), určená pro lety VFR (resp. VFR noc), s nepevným (travnatým) povrchem, v menší míře zpevněným (asfalt, beton). V České republice (ČR) je, z celkového počtu 90 letišť (včetně letišť IFR), vybaveno zpevněnou dráhou (RWY) 18 (resp. 20%) z nich (viz obrázek 1a)). Pokud bychom se zaměřili pouze na kategorii letišť VFR, tak je tento poměr 87% (s nepevnou dráhou) ku 13% (se

zpevněnou dráhou) (viz obrázek 1b)), v kategorii letišť VFR noc pak 92% (s nezpevněnou dráhou) ku 8% (se zpevněnou dráhou) (viz obrázek 1c)).



Obrázek 1: Poměr zpevněných RWY a nezpevněných RWY a) všech letišť v ČR, b) VFR letišť, c) letišť s provozem VFR noc (Zdroj: Vlastní výzkum, 2019).

Tato letiště jsou charakteristická zejména nižší úrovní vybavení, odpovídající charakteru letů VFR, v menší míře pak mají svoji infrastrukturu rozšířenou o světelné soustavy umožňující zajištění provozu VFR noc. Poměr letišť s provozem VFR vůči VFR noc je v případě ČR totožný jako poměr letišť s nezpevněnou a zpevněnou RWY, tj. 87% vůči 13%.

Lze předpokládat, že instalace světelné soustavy, krom rozšíření možností provozu letiště VFR pro lety VFR noc, může rovněž významně přispět ke zvýšení jeho bezpečnosti, kdy jsou například zhoršené podmínky dohlednosti, nebo ke snadnější identifikaci RWY posádkou. Nicméně instalace světelné soustavy pro letiště kategorie VFR, primárně využívaného letouny GA, představuje významnou investici a proto je v takovýchto případech volena instalace nikoliv fixní světelné soustavy, ale přenosné.

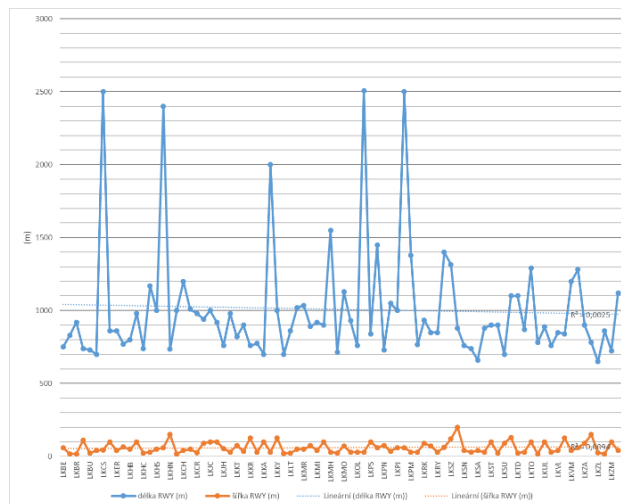
V podmínkách VFR (resp.VFR noc) letišť ČR se jedná takřka výhradně o zastaralý systém na bázi mobilní světelné soustavy MLOK (mobilní letištní osvětlovací komplet), mající původ v 60. letech minulého století, konstruovaný primárně pro armádní účely. V současnosti není na trhu ČR alternativní světelná soustava k dispozici. Ve světě jsou vyráběny a nabízeny alternativní světelné soustavy obdobného určení, avšak jsou postaveny na odlišném konceptu a využívají současných technických a technologických prostředků (např. LED, solární panely atd.).

Pro provozovatele letiště VFR, který se rozhodne instalovat na dráhový systém světelnou soustavu, pro rozšíření provozních a bezpečnostních charakteristik, je nutné specifikovat základní požadavky kladené na takovýto světelný systém.

Základní technické požadavky na světelné soustavy (svítivost, barva, rozmístění apod.) jsou v ČR specifikovány leteckým předpisem L-14 (resp. ICAO Annex 14), dále pak evropským CS-ADR-DSN (EASA, 2019c).

Co se týče dalších technických parametrů, je nutno vycházet z konkrétních vlastností letišť – zejména jejich rozměrů, překážkových rovin pod .

Průměrná délka RWY VFR letišť v ČR dosahuje 900 m (medián 878 m) a šířka 64 m (medián 50 m). Délka RWY se pohybuje v 65% v rozmezí 650-970 m, v 31% v rozmezí 970-1290 m a šířka v 45% v rozmezí 18-49 m a v 37% v rozmezí 49-80 m (obrázek 2).



Obrázek 2: Délka/šířka RWY VFR letišť v ČR (Zdroj: LIS ČR, 2019).

3. Lety VFR noc

Lety VFR prováděné v noci jsou specifickým druhem letů, pro které platí konkrétní požadavky definované leteckým předpisem L2 (resp. ICAO Annex 2).

3.1. Provádění letů v noci za VFR

Provádění letů v noci za VFR je specifická letecká činnost prováděná za podmínek definovaných předpisem. Zejména se jedná o meteorologické podmínky pro provádění letů VFR (VFR noc), o rozdělení vzdušného prostoru v němž jsou tyto lety prováděny, o postupy pro provedení letů VFR noc a o rozměry letištního okruhu pro lety VFR noc.

V ČR platí, že let VFR ve dne může být prováděn v době od občanského svítání do občanského soumraku. Za noční let VFR je považován let prováděný v noci. Noc je doba mezi koncem občanského soumraku a začátkem občanského svítání. Občanský soumrak končí večer, když střed slunečního disku je 6 stupňů pod horizontem, a občanské svítání začíná ráno, když je střed slunečního disku 6 stupňů pod horizontem.

Lety VFR v noci se rozdělují na letištní lety a traťové lety. Za letištní lety jsou považovány lety v blízkosti letiště. Všechny ostatní lety VFR v noci jsou považovány za traťové lety.

Letadlo je v blízkosti letiště, když je na letištním okruhu, vstupuje do něj nebo jej opouští. Pro účely nočních letů VFR se za let v blízkosti letiště považuje let v CTR a ATZ.

Při nočních letech VFR musí být dodržena minima VMC dohlednosti a vzdálenosti od oblačnosti.

Vybrané základní požadavky pro jednotlivé typy letů jsou uvedeny níže.

3.1.1. Letištní lety v noci

- Minimální hladina u letištních letů VFR v noci musí být 1300 ft AGL a na okruhu 1000 ft AAL.

3.1.2. Traťové lety

- Traťové lety musí být plánovány a prováděny tak, aby letadlo letělo, kromě vzletu, přistání a nezbytného stoupání a klesání, vždy ve výšce 2000 ft AGL nebo výše.
- Pro vzlet a přistání při traťových letech mohou být využívána pouze letiště schválená pro noční provoz.
- Na letištích vzletu, přistání a na náhradním letišti musí být v době odletu nebo příletu letadla poskytována služba ATC/AFIS nebo musí být zajištěno poskytování informací známému provozu. Tyto služby nebo Poskytování informací na takovýchto letištích mohou být ukončeny až po ukončení všech traťových letů (LIS, 2019) .

3.2. Postupy pro provedení letů VFR v noci

3.2.1. Pojíždění

Pojíždění se provádí se zapnutým světlometem. Maximální rychlost pojíždění na provozní ploše je 15 km/h, na odbavovací ploše 5 km/h. Kontrola rychlosti pojíždění se provádí podle země osvětlené pojížděcím světlometem, v případě vysazení pojížděcího světlometu se rychlost pojíždění kontroluje podle světelných návěstidel.

Není-li si pilot jist volností prostoru před sebou, je povoleno zapnout maximálně na 3 sekundy přistávací světlomet za předpokladu, že nedojde k oslnění jiného letadla.

3.2.2. Vzlet

Technika provedení vzletu v noci je obdobná jako ve dne. Pro vzlet se používá celá délka RWY. Směr při rozjezdu a rozletu se udržuje pomocí dráhových návěstidel, popř. pomocí zvoleného světelného bodu ve směru RWY. Nadzdvihnutí musí být provedeno při stanovené rychlosti, v žádném případě nesmí být rychlost nižší. Po odpoutání se provádí mírně strupavý rozlet, přičemž je třeba dbát na to, aby nedošlo k ztrátě rychlosti. Vzdalování letounu od země se sleduje krátkodobým přenášením pohledu na stranu pilota.

Po provedení přechodového oblouku se vypne přistávací světlomet a provádí se pilotáž podle přístrojů, přičemž je třeba kontrolovat polohu letounu v prostoru a polohu vůči ostatním letadlům.

3.2.3. Let po okruhu

První zatáčka se provádí ve výšce 200 m, minimální výška ukončení 4. zatáčky je 200 m. Okruhová výška je 300 m. Všechny zatáčky na okruhu se provádějí s náklonem do 30°. Let po okruhu se provádí obdobným způsobem jako ve dne. Je třeba správně vylučovat snos větru. Pilot je zodpovědný za dodržení rozestupů stanovených předpisem L2. Do sestupného letu se přechází před 3. zatáčkou.

3.2.4. Přiblížení na přistání

Technika přiblížení na přistání je obdobná jako ve dne. Úhel sestupu a směr se udržuje podle dráhové řady a přiblížovací řady (je-li použita). Opravy rozpočtu se provádějí změnou výkonu motoru při konstantní rychlosti letu. Pro opravu rozpočtu je v noci zakázáno provádět přiblížení na přistání s motorem na volnoběh a provádět skluz. Výjimku tvoří případy nouze. Po

vykonání povinných úkonů se ztlumí svítlna na mapu a ve výšce přibližně 100 m se zapne přistávací světlomet.

Přistání

Technika provedení přistání v noci je obdobná jako ve dne. Při zapnutém přistávacím světlometu pilot od výšky asi 50 m postupně rozeznává osvětlený prostor země. Přistání se zapnutým přistávacím světlometem je zakázáno při snížené viditelnosti způsobené deštěm, mlhou, sněžením nebo dýmem.

Při přistání bez zapnutého přistávacího světlometu se výška nad zemí určuje podle dráhových návěstidel, která se snižující se výškou začnou postupně splývat. Není-li si pilot při přistání jist správnou výškou, postupuje následovně:

- Proveď přiblížení až k zemi s motorem pracujícím na zvýšený volnoběh, připuť zavírá až po dosednutí letounu.
- V případě, že je postup neúspěšný, opakuje okruh. Je zakázáno zavřít připuť před přeletem prahu RWY.

Dojezd

Směr při dojezdu se kontroluje podle dráhových návěstidel, popř. podle vhodných světelných bodů ve směru RWY. Během poslední fáze dojezdu je třeba zapnout pojížděcí světlomet a vypnout přistávací.

Z výše uvedených pravidel vyplývá, že provádění letu VFR v noci je navázáno na využití instalované světelné soustavy (resp. dráhových návěstidel) (Dendis a kol., 1984).

4. Požadavky na světelné soustavy pro RWY

Samotné požadavky na charakteristiky takovýchto návěstidel jsou pak definovány leteckým předpisem L14 (resp. ICAO Annex 14).

Mezi základní požadavky patří následující vybrané:

4.1. Základní legislativní požadavky

4.1.1. Návěstidla a světla

Obecně lze konstatovat, že zřetelnost návěstidel záleží na vjemu kontrastu mezi návěstidlem a pozadím. Aby mohl pilot využít návěstidla pro přiblížení za dne, musí mít svítivost nejméně 2 000 nebo 3 000 cd.

Za jasného počasí v tmavé noci může být dostatečná svítivost řádově 100 cd pro přiblížovací návěstidla a 50 cd pro postranní dráhová návěstidla.

Za mlhy je množství rozptýleného světla vysoké. Za noci toto rozptýlené světlo zvyšuje natolik ostrost mlhy nad prostorem přiblížení a RWY, že zvýšením svítivosti návěstidel nad 2 000 nebo 3000 cd jen málo vzroste jejich dohlednost. Ve snaze zvětšit vzdálenost, na níž budou návěstidla poprvé spatřena v noci, nesmí být jejich svítivost zvýšena do té míry, že pilot může být náhle oslněn při přiblížení na tuto vzdálenost.

Z předchozího je patrný význam regulace svítivosti návěstidel letištních světelných soustav podle převládajících podmínek tak, aby se získaly nejlepší výsledky bez nadměrného oslnění, které by zmátlo pilota.

4.1.2. Postranní dráhová návěstidla

Postranní dráhová návěstidla musí být zřízena na RWY určených k použití v noci nebo na RWY pro přesné přiblížení určených k použití ve dne nebo v noci.

Postranní dráhová návěstidla musí vydávat stálé světlo proměnlivé bílé barvy, v úseku dlouhém 600 m nebo rovnajícím se třetině délky RWY podle toho, která vzdálenost je kratší, před koncem RWY odlehlém od konce, na kterém letadlo zahajuje rozjezd, mohou návěstidla vydávat žluté světlo.

Ve všech směrech požadovaných výše musí postranní dráhová návěstidla vyzařovat až do úhlu 15° nad vodorovnou rovinou se svítivostí dostatečnou vzhledem k podmínkám dohlednosti a okolního osvětlení, za nichž má být RWY používána pro vzlety a přistání. V každém případě musí být jejich svítivost alespoň 50 cd s výjimkou letišť bez okolního osvětlení, kde může být svítivost snížena až na 25 cd, aby se zabránilo oslnění pilota.

4.1.3. Prahová návěstidla a návěstidla vnějších prahových polopřiček

Prahová návěstidla musí být zřízena na všech RWY opatřených postranními dráhovými návěstidly s výjimkou nepřístrojových RWY a RWY pro nepřesné přístrojové přiblížení, u nichž je prah dráhy posunut a jsou zřízeny vnější prahové polopřičky.

Prahová návěstidla se musí skládat na nepřístrojových RWY a RWY pro nepřesné přístrojové přiblížení nejméně ze šesti návěstidel, která musí být jednosměrová a musí vydávat stálé světlo zelené barvy do směru přiblížení na RWY. Svítivost a šířka světelného svazku musí odpovídat podmínkám dohlednosti a okolního osvětlení, při nichž má být RWY používána.

4.1.4. Koncová návěstidla RWY

Koncová návěstidla RWY musí být zřízena na RWY vybavených postranními dráhovými návěstidly, která musí být jednosměrová a musí vydávat stálé světlo červené barvy ve směru RWY.

Svítivost a šířka světelného svazku musí odpovídat podmínkám dohlednosti a okolnímu osvětlení, za nichž má být RWY používána (MDČR, 2018)

4.2. Provozní požadavky na světelnou soustavu

Na základě výše uvedených poznatků a informací lze zformulovat základní charakteristiky a vlastnosti, jež by měla splňovat optimální světelná soustava pro VFR letiště.

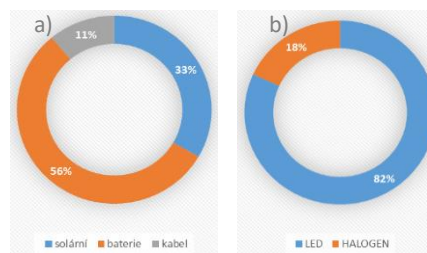
Při návrhu lze vycházet z různých variant, které se u světelných soustav používají, při jejich posuzování jsme zvolili uvedené parametry a vlastnosti, které by daná světelná soustava měla splňovat (tabulka 1).

Tabulka 1: Parametry a konfigurace světelné soustavy (Zdroj: Vlastní výzkum, 2019)

		klady	zápory
Typ světelné soustavy	Stacionární	✗	- možnost instalace zapuštěných návěstidel - vyšší náklady - komplikovaná instalace
	Mobilní	+	- snadná instalace a údržba - možnost rekonfigurace - snadná deinstalace
Světelný zdroj	Halogen	✗	- levnější - vyšší spotřeba - nižší životnost
	LED	+	- vyšší životnost - nižší spotřeba - vyšší cena

Napájení	Veřejná síť	+	- snadná dostupnost	- nižší míra mobility	
	Generátor	+	- mobilita	- hluk - exhalace - vyšší pořizovací cena	
	Baterie	✗	- mobilita - autonomie	- omezená kapacita - vyšší náklady na údržbu	
	Solární / baterie	✗	- mobilita - autonomie	- závislost na délce slunečního svitu - omezená doba provozu - vyšší náklady na údržbu	
Parametry	délka	800-1200 m		+	
	šířka	25-100 m		+	
Návěstidla	prahová	6 ks	barva	zelená	+
	postranní	12 ks		bílá / žlutá	+
	koncová	6 ks		červená	+

Zvolená konfigurace vychází jednak z legislativních požadavků (počty a barvy návěstidel), dále pak z provedené analýzy stávajících letišť (délka, šířka) a rovněž z charakteru provozu GA. Tento provoz se vyznačuje významnou sezónností a je realizován v převážné míře na letištích s travnatým povrchem motorovými i bezmotorovými letouny. Z těchto důvodů jsme přistoupili k návrhu mobilní světelné soustavy osazené nadzemními LED návěstidly s kabelovým napájením z veřejné rozvodné sítě, alternativně mobilním generátorem.



Obrázek 3: Srovnání poměrů a) typů napájení b) typů světelných zdrojů u mobilních světelných soustav dostupných v zahraničí (Zdroj: Vlastní výzkum, 2018).

5. Závěr

Závěrem lze konstatovat, že navržená konfigurace světelné soustavy se liší od obdobných systémů nabízených ve světě zejména způsobem napájení (kabelovým rozvodem, s připojením na klasický zdroj energie), které pro civilní použití preferují napájení bateriové (resp. solární/bateriové). Toto řešení omezuje nutnost častější údržby (výměna/dobíjení baterií), případnou závislost na minimální potřebné délce slunečního svitu. Nevýhodou tohoto řešení, pak může být časově náročnější instalace (zapojení kabeláže) a omezení délky (resp. šířky) pro danou RWY (z důvodu délky kabeláže).

Přes uvedené nevýhody toto řešení může mít své opodstatnění v provozu malých letišť a díky systému napájení se samotná doba údržby může zkrátit na minimum.

Poděkování

Príspevek byl podpořen Grantovou agenturou ČR, grant č. TH03010211 MoLIS.

Reference

Dendis, T., Havel, K., Sedláček, B., 1984 Teoretický a praktický výcvik v létání – Metodika pilotního výcviku, ALFA 1984, 248-250

- EASA, 2019a GA Roadmap 2019 Update – Making GA Safer and Cheaper , General Aviation Leaflet, EASA 28/03/2019, 3
https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/220931_EASA_GA_ROADMAP_2019_EN.pdf
- EASA, 2019b Strategic Priorities for General Aviation, EASA 28/05/2019
<https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/general-aviation/general-aviation-road-map>
- EASA, 2019c, CS-ADR-DSN Aerodromes Design, Issue 4, EASA 13/12/2017
https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Annex%20to%20EDD%202017-021-R%20-%20CS-ADR-DSN%20Issue%204_0.pdf [cit. 10.05, 2019]
- Kraus, J. and Němec, V. (2014). Analysis of Instrument Approaches to GA Aerodromes in the World, MAD Vol 2, No 8 2014, 4-5
[dx.doi.org/10.14311/MAD.2014.08.01](https://doi.org/10.14311/MAD.2014.08.01)
- LIS, 2019, VFR příručka (2019), VFR-ENR-2-8 - 2-13
https://aim.rlp.cz/vfrmanual/actual/pdf/enr_2_cz.pdf [cit. 15.05, 2019]
- MDČR, 2018 Letecký předpis L 14 – Letiště, MDČR, ÚCL, 2018, 5-17 – 5-19
<https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
- MDČR, 2019 Letecký předpis L 2 –Pravidla létání, MDČR, ÚCL, 2019, 3-12 – 4-2
<https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>

AVIONICS EQUIPMENT RETROFIT FOR GENERAL AVIATION AIRPLANES

MODERNIZACE AVIONICKÉHO VYBAVENÍ LETADEL VE VŠEOBECNÉM LETECTVÍ

Filip Sklenář

Aircraft systems group
Institute of Aerospace Engineering
Faculty of Mechanical Engineering
Brno university of technology
Technická 2896/2
616 69, Brno
filip.sklenar@vutbr.com

Abstract

The lifetime of airplanes in general aviation is usually tens of years. During past decades, number of requirements on airplanes in the category changed. The most obvious change occurred in customer requirements for avionics equipment. These requirements were mainly driven by possibilities of using GPS navigation and displays in a cockpit. This article is about the opportunities for rebuilding airplanes in general aviation. Specifically, it deals with the avionics equipment retrofit. This is an up-to-date topic for owners and operators of older aircrafts who want to upgrade avionics equipment.

Keywords

retrofit, equipment, glass cockpit, avionics, general aviation

1. Úvod

S postupným příchodem možností navigace podle GPS se začaly podstatně lišit požadavky na leteckou navigaci. V první fázi navigace podle GPS obvykle využívali piloti malé ruční GPS přijímače k usnadnění navigace během letu, kdy přijímače byly připevněny na různých držácích. Poté se instalovaly integrované držáky přímo do palubní desky, což se dá považovat za počátek využívání digitálního zobrazení ve všeobecném letectví. Digitální zobrazení postupně nahrazuje veškeré analogové přístroje, které se dříve instalovaly do letounů. Konkrétně rychloměr, výškoměr, variometr, zatáčkoměr, umělý horizont, příčný sklonoměr, kompas a motorové přístroje (otáčky motoru, plnicí tlak, tlak paliva, tlak oleje, teplota oleje, teplota hlav válců atd). Dalším podstatným benefitem je zobrazení navigačních informací od GPS nebo od radionavigačních zařízení (pokud je letoun k tomu vybaven). Využívání displejů v letounech se již stává běžným standardem nejenom u letounů v kategorii letounů CS-23, ale také i u ultralehkých letounů. Mezi hlavní světové výrobce moderní avioniky pro letouny všeobecného letectví patří firmy Dynon a Garmin. Tento článek se věnuje návrhům a možnostem uspořádání palubní desky letounů a nutných administrativních kroků pro jejich sválení.

2. Koncepční návrhy přestavby

Před zahájením přestavby avioniky je nutné stanovit o jakou přestavbu se bude jednat, což vychází z potřeb majitele nebo provozovatele daného letounu. Obecně se dá říci, že se nyní realizují dvě konceptní řešení. První možnost je přidání digitálních přístrojů k analogovým toto řešení je zobrazeno na obr.1. Takové řešení je výhodné pro jeho jednoduché provedení, protože se dá využít stávající palubní deska. Těla digitálních přístrojů, které se instalují do palubní desky mají kruhový průřez s průměrem 80 mm stejně jako klasické analogové přístroje.



Obrázek 1: Garmin G5 (Zdroj: Sporty's pilot shop).

Další možností je využití multifunkčních velkých displejů, což vede ke kompletní změně palubní desky s nahrazením všech analogových přístrojů. Příklad takového uspořádání zobrazuje obrázek 2.



Obrázek 2: Garmin G500 TXi (Zdroj: Gulf Coast Avionics, viz reference).

Takové řešení je výrazně dražší, ale poskytuje uživateli podstatně větší počet funkcí a množství zobrazených informací. Dále dává možnost převedení letounu s možností létat pouze VFR lety, na provoz dle pravidel IFR, což přináší podstatné rozšíření možností využití jeho využití.

3. Realizace přestavby

Přestavbu avionického systému může provádět organizace s certifikátem DOA (Design Organization Approval). Organizace, jež je držitelem takového certifikátu, má oprávnění navrhovat a provádět úpravy a opravy leteckých konstrukcí. Certifikát DOA vydává Evropská agentura pro bezpečnost v letectví (EASA). V certifikátu je uvedeno pět následujících specifikací:

- Rozsah oprávnění – obsahuje informace o typu projekčních činnostech včetně oborů
- Kategorie výrobků – obsahuje informace o použitelných výrobcích, jako jsou velká letadla, malá letadla, motory, malé vrtulníky, větronek atd.
- Seznam produktů – obsahuje seznam výrobků, pro které je držitel DOA žadatelem o certifikát nebo držitelem typového osvědčení
- Oprávnění – obsahuje informace o rozsahu schválené projektové činnosti
- Omezení – obsahuje informace o omezeních v uvedených bodech výše

Závným dokumentem pro organizace s certifikátem DOA je nařízení evropského parlamentu a rady (ES) č. 216/2008. Další dokumenty, které nejsou právně závazné, slouží jako doporučení nebo podrobný výklad předpisů. Mezi ně patří:

- Nařízení komise (EU) č. 748/2012 – obsahuje informace o prováděcích pravidlech pro certifikaci letové způsobilosti letadel a souvisejících výrobků, letadlových částí a zařízení.
- ED Rozhodnutí 2012/020/R – obsahuje přijatelné způsoby průkazu (AMC) a poradenský materiál (GM)

Z výše uvedených informací vyplývá, že každá organizace, která je držitelem certifikátu DOA má jasně stanovenou svoji působnost a její hranice definované přímo v certifikátu DOA.

Při přestavbě letadel se rozlišují dva typy přestavby dle jejich rozsahu. První z nich se nazývá nevýznamná změna. Obecně se jedná o přestavby menšího charakteru. Pokud to vztáhneme přímo na přestavbu avionického systému letounu, je zapotřebí prokázat, že se nezvýší výkonnost (například navigační výkonnost) daného letounu. V praxi taková přestavba může být například výměna zastaralého zařízení za nové se stejným charakterem funkce. Což bylo realizováno téměř u všech letadel v Evropě během let 2016 a 2017, kdy bylo nutné vyměnit radiostanice z důvodu přechodu z kanálové separace 25 kHz na separaci 8,33 kHz. Všechny další přestavby se definují jako významné změny. EASA vydala dokument s názvem FAQ table of change classification (Minor / Major). Tento dokument obsahuje tabulku s následujícími sloupci:

- Předmět – obsahuje konkrétní zařízení například GPS, odpovídač sekundárního radaru atd.
- Klasifikace – definuje, zda se jedná o nevýznamnou nebo významnou změnu
- Omezení / předpoklady
- Poradní materiály

- Poznámky / hranice / testovací požadavky / dokumentace

Tabulka poskytuje vhodný přehled a dává uživateli možnost ucelené představy o možných přestavbách avionického systému s ohledem na rozsah (nevýznamná změna / významná změna).

Mezi podstatné dokumenty, které jsou nezbytné pro zahájení přestavby avionického systému (nevýznamná změna) se řadí následující:

- Specifikace přístrojového vybavení
- Výkresová dokumentace
- Hmotnostní rozbor
- Energetická bilance
- Blokové schéma zapojení
- Schéma zapojení

Dokument specifikace přístrojového vybavení obsahuje dvě tabulky. V jedné je uvedeno, jaké přístroje budou z letounu vyjmuty a v druhé, jaké přístroje budou do letounu přidány. Tabulky se skládají ze čtyř sloupců. První sloupec definuje funkci (například GPS, NAV, PFD, MFD atd.) Druhý počet kusů zařízení, třetí sériové číslo a čtvrtý sloupec obsahuje název zařízení.

Výkresová dokumentace se skládá z výkresů jednotlivých nových zařízení, které budou instalovány do letounu včetně stručného (heslovitého) postupu montáže. Podklady pro vytvoření se shromažďují z instalačních manuálů nově instalované avioniky a dokumentace přestavovaného letounu. Přesnost výkresů a následná zástavba podle výkresů je zásadní pro schválení celé přestavby.

Hmotnostní rozbor je dokument, který hodnotí změnu hmotnosti a centráže letounu před a po přestavbě. Obsahuje obdobně jako dokument specifikace přístrojového vybavení dvě tabulky (jaké přístroje budou vyjmuty a jaké budou přidány, jejich hmotnosti a vzdálenosti těžiště od vztažné roviny, ke které je těžiště počítáno). Ověření přesnosti tohoto dokumentu je zajištěno zvážením letounu (a určením jeho centráže) před a po přestavbě.

Energetická bilance elektrického systému je zásadní část dokumentace pro přestavbu avionického systému letounu. Analýza prokazuje, že proudové odběry spotřebičů jsou pokryty zdroji na palubě. Pokud analýza neprokáže tuto skutečnost, tak není možné dané uspořádání realizovat. Elektrický systém letounu získává elektrickou energii z alternátoru, který je poháněn motorem letounu. Dále letoun využívá baterii, která je určená ke startování motoru a k pokrytí dodávky elektrické energie v době, kdy alternátor nedodává dostatek elektrické energie na pokrytí aktuální spotřeby nebo v době jeho výpadku (na omezenou dobu). Dokument také obsahuje dvě tabulky jako předchozí popsané dokumenty.

Blokové schéma zapojení je výkres s jednotlivými přístroji, který poskytuje celkový obraz o zapojení přístrojů. Jednotlivé kabelové svazky jsou značeny pouze jednoduchou čarou.

Schéma zapojení je výkres podobný jako blokové schéma zapojení, ale obsahuje detailní zapojení všech přístrojů včetně označení jednotlivých pinů.

Po vytvoření výše zmíněných dokumentů následuje fyzická zástavba nových přístrojů. Po dokončení přestavby je zapotřebí zajistit další dokumenty a úkony jako jsou:

- Změnové listy do letové příručky
- Prohlášení o shodě
- Pozemní zkoušky
- Žádost povolení k letu / Letové zkoušky
- Schválení nevýznamné změny

Po uskutečnění přestavby letounu je dále nutné aktualizovat letovou příručku. Významně se mění poslední část příručky nazvaná dodatky, která obsahuje popis jednotlivých přístrojů instalovaných na letounu a návod k jejich obsluze. Výrobci avioniky běžně dodávají k přístroji tyto dokumenty. Dále je v příručce nutné změnit schéma palubní desky, popis přístrojů a blokové schéma se zapojením přístrojů na elektrické sběrnice.

Prohlášení o shodě je dokument deklarující shodu výrobní dokumentace s přestavěným letounem. Součástí prohlášení je seznam dokumentace.

Pozemní zkoušky se provádějí na základě předepsaného programu, který obvykle uvádí výrobce přístrojů v instalačních manuálech. Obecně jsou pomocí speciálního měřicího zařízení testovány funkce VOR, ILS, MKR, COMM, DME, SSR a pitot-statický systém. Speciální částí zkoušek je ověření elektromagnetické slučitelnosti. Zkouška probíhá se zapnutým motorem na volném prostranství s nízkou úrovní elektromagnetického smogu. V okolí letounu se nesmí nacházet velké kovové předměty. V průběhu zkoušky se postupně zapínají přístroje, které by mohly být potenciálním zdrojem elektromagnetické emise. Při spouštění každého přístroje jsou monitorovány kanály komunikačních přijímačů a interkom a dále jsou kontrolovány informace od jednotlivých přístrojů, respektive jejich změny. Z každé pozemní zkoušky musí být vytvořen protokol prokazující uskutečnění a výsledky dané pozemní zkoušky.

Po dokončení pozemních zkoušek podá organizace DOA žádost povolení k letu na EASA. Po udělení povolení následuje zálet letounu, který provádí zalétávací pilot schválený od EASA. Ucelený program pozemních zkoušek vydá organizace DOA. Jejich obsah vychází z certifikačních požadavků a z požadavků uváděných výrobcem v instalačních manuálech nově instalované avioniky. Během letových zkoušek vyplňuje zkušební pilot předem připravené protokoly, jejichž výsledky jsou podstatné pro úspěšné zakončení celé přestavby.

Schválení nevýznamné změny vydává organizace DOA. Obsahem schválení jsou základní informace (stručný popis změny, použitelnost, důvod ke změně a název hlavního seznamu dokumentace), dále několik prohlášení. Hlavní z nich garantuje, že přestavba nesnížila bezpečnost provozu.

4. Závěr

Článek shrnuje informace, týkající se přestavby avionického vybavení letounů v kategorii CS-23. Tato problematika je velmi aktuální z důvodů značné poptávky majitelů a provozovatelů letounů v oblasti všeobecného letectví, kteří mají zájem inovovat své starší letouny. V článku jsou uvedeny dva koncepční návrh, které jsou nyní realizovány nejčastěji. Ovšem konkrétní podoba každé přestavby palubní desky záleží na požadavcích zákazníka, takže není výjimkou kombinace velkého displeje a několika záložních analogových přístrojů. Podstatnou výhodou přestavby avionického systému je možná změna pravidel provozu z VFR do IFR. Dále článek uvádí postupné kroky v průběhu přestavby, které jsou nezbytné pro úspěšné schválení přestavby.

Reference

EASA., Design Organisations Approvals. Available at: <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/aircraft-products/design-organisations/design-organisations-approvals> [Accessed May 11, 2019].

Anon., Sporty's pilot shop: Garmin G5 DG/HSI (certificated airplanes). Available at: <https://www.sportys.com/pilotshop/garmin-g5-dg-hsi-certificated-airplanes.html> [Accessed May 11, 2019].

Anon., Gulf Coast Avionics: AVIONICOS BONANZA A36 G500 TXI DUPLO TOUCHSCREEN. Available at: <https://www.gulfcoastavionics.com.br/avionicos/sistemas-completos/avionicos-bonanza-a36-g500-txi-duplo-touchscreen> [Accessed May 11, 2019].

ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ: Schvalování nevýznamných změn na EASA transferovaných výrobcích pro osoby jiné, než držitele DOA. Available at: <http://www.caa.cz/letadla/schvalovani-nevyznamnych-zmen-na-easa-transferovanych> [Accessed May 11, 2019].

EASA., 2013. EASA: FAQ table of design change classification (Minor / Major). Available at: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/FAQ_change_classification.pdf [Accessed May 11, 2019].

EASA., 2012. Úřední věstník Evropské unie: NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 748/2012. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32012R0748> [Accessed May 11, 2019].

MATERIALS SURFACE INSPECTION WITH EDDY CURRENT ARRAY METHOD**KONTROLA POVRCHU MATERIÁLOV METÓDOU VÍRIVÝCH PRÚDOV****Michal Janovec**

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

Martin Bugaj

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

Abstract

This paper deals with the use of non-destructive eddy current method for inspection aluminum materials and riveted joints.. The eddy current array is used to detect simulated surface faults in the riveted joint region. The eddy current method is based on the principle of electromagnetic induction. Electromagnetic non-destructive tests, such as eddy current methods, are primarily used for early detection of any anomalies that may occur in the construction of aircraft made of metallic materials.

Keywords

cracks, defectoscopy, eddy current methods, rivetted joints , surface inspection,

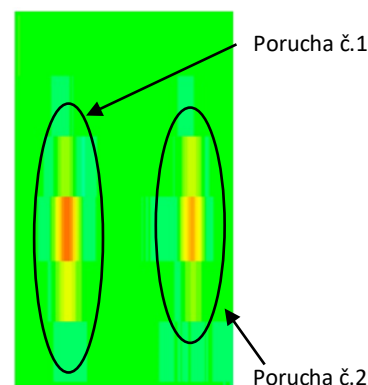
1. Úvod

Kontrola vírivými prúdmi pre zisťovanie povrchových chýb je jednou z hlavných oblastí využitia tejto metódy. Používa sa na zisťovanie trhlin leteckých konštrukcií súvisiacich s únavou a koróziou, kedy sa táto metóda používa pri predpísaných údržbových prehliadkach lietadiel. Používa sa tiež pri kontrole zvarov na prítomnosť prípadných prasklín. Kontrola vírivými prúdmi sa môže použiť na kontrolu celého povrchu jednoducho tvarovaných častí, ale pri zložitejších tvaroch je vhodná len na kontrolu malej plochy, zvyčajne v mieste, kde je pravdepodobnosť výskytu trhlin. Výhodou kontroly vírivými prúdmi je to, že dokáže odhaliť poruchy aj vtedy, ak sú poruchy skryté napríklad pod vrstvou farby alebo iných povlakov. Napríklad, oproti magnetickej práškovej metóde, má tú výhodu, že je schopná odhaliť trhliny pod hrubšími nátermi ako je možné magnetickou práškovou metódou (kontrola najmä lakovaných zvarovaných konštrukcií). V nasledujúcich kapitolách článku budú opísané aplikácie vírivých prúdov pri kontrole povrchu materiálov (Olympus, 2017), (Bugaj, 2012).

2. Technika vírivého prúdu Eddy Current Array (ECA)

Na kontrolu vyrobených nitovaných spojov bola využitá technológia vírivých prúdov ECA (Eddy Current 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. 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 [5]. Metóda ECA využíva rovnaké základné princípy ako konvenčná technológia vírivých prúdov. Striedavý prúd prechádzajúci cievkou vytvára magnetické pole. Keď je cievka umiestnená nad vodivou časťou, vytvárajú sa protiahlé 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 zhora). Zobrazenie C-scan umožňuje rýchlu orientáciu na skúšanej ploche a dobrú interpretáciu výsledných dát. Na základe farebného zobrazenia je možné odhadnúť hĺbku a rozmery identifikovanej poruchy. 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. Pri aplikáciách nitu cievky vírivého prúdu, ktoré prechádzajú cez trhlinu v materiáli, vytvárajú jedinečnú odozvu signálu. Pre cievky, ktoré sú ovplyvnené trhlinou, je na displeji C-scan zobrazená zmena amplitúdy. Pre cievky, ktoré nezaznamenajú žiadnu zmenu, zostane zobrazenie farieb na displeji C-scan stále konštantné (Škeřík a Mařánek, 2014), (OmniScan MXE, 2013).



Obrázok 1: Zobrazenie C-scan s farebne zobrazenými poruchami (Zdroj: Autori).

3. Výber sond a voľba skúšobnej frekvencie

Čím je väčší pomer vírivého prúdu, ktorý je skreslený chybou, tým väčší je signál vírivého prúdu, a tým je pravdepodobnejšie, že sa chyba odhalí. Preto, aby sa zistili plytké povrchové chyby materiálu, malo by sa pole s vírivým prúdom obmedziť na relatívne plytkú povrchovú vrstvu, podobnú hĺbke nedostatkov, ktoré je potrebné odhaliť. Na zmenšenie hĺbky prieniku vírivých prúdov v materiáli je potrebná vysoká frekvencia. Ak je však frekvencia príliš vysoká, sonda sa stane nadmerne citlivá na drsnosť povrchu a zdvíhanie, čo spôsobuje slabý pomer signálu k šumu a následný pokles spoľahlivosti kontroly. Pre hliníkové zliatiny sú vhodné frekvencie v rozmedzí približne 200 kHz až 500 kHz. Pre materiály s nízkou vodivosťou, ako je nehrdzavejúca oceľ, niklové zliatiny, a zliatiny titánu by pri spomenutom rozmedzí frekvencií pre hliníkové zliatiny, dochádzalo k nadmernému prenikaniu vírivých prúdov a vyžadovali by sa vyššie frekvencie. Pre tieto materiály sa teda používajú frekvencie v rozmedzí 2 MHz až 6 MHz (Janovec a Bugaj, 2017).

Všeobecne platí, že na odhalenie malých nedostatkov sa v praxi používajú cievky s malým priemerom, nie však väčšie ako je dĺžka chyby, ktoré je potrebné zistiť. Praskanie sa v prevádzke najčastejšie vyskytuje pri zmene geometrie súčiastky, v oblasti otvorov prípadne závitov. Preto sú vhodné sondy s malým priemerom, ktoré umožňujú dobrý prístup k takýmto kontrolovaným plochám.

Na kontrolu povrchov sa takmer vždy používajú absolútne sondy, na rozdiel od diferenciálnych, ktoré sa používajú iba na špeciálne aplikácie, ako je napr. kontrola otvorov. Sondy môžu byť tienené alebo netienené. Tienené sondy by sa mali používať na testovanie okolo otvorov (Olympus, 2010),

4. Typy sond používaných na povrchové kontroly

Aby sa pri kontrole povrchu materiálov dosiahla vhodná hĺbka prieniku vírivých prúdov, musí byť frekvencia vyššia ako pri zisťovaní podpovrchových porúch. Na kontrolu plochých povrchov sa musí použiť bodová, absolútna alebo diferenciálna sonda, ktorá poskytuje pri meraní stabilné signály. Pri kontrole zakrivených povrchov je potrebné použiť bodovú sondu s konkávnym povrchom, prípadne ceruzkovú sondu.

4.1. Ceruzkové sondy

Prvým druhom sondy, ktoré sa v praxi používajú na povrchovú kontrolu sú ceruzkové sondy (z angl. prekladu Pencil Probe). Sú to sondy s malým priemerom, používajú sa ako štandardné sondy na detekciu povrchových chýb, vďaka ich citlivosti na malé trhliny. Ceruzkové sondy sú zvyčajne vysokofrekvenčné sondy na zisťovanie povrchových chýb, v praxi sa však na merania používajú aj sondy s nízkou frekvenciou, ktoré sa používajú na detekciu podpovrchových chýb.



Obrázok 2: Ceruzkové sondy vírivých prúdov Olympus (Zdroj: Olympus, 2010).

Na kontrolu povrchov sa používajú aj špeciálne jednosmerné ceruzkové sondy, ktoré majú cievku umiestnenú niekoľko milimetrov nad špičkou sondy. Prenos magnetického poľa cievky na skúšobný povrch zabezpečuje podlhovasté feritové jadro, čím sa znižuje efekt oddialenia. Takáto konštrukcia sondy má výhodu v tom, že opotrebenie sondy neovplyvní funkčnosť cievky (Olympus, 2010).

4.2. Bodové sondy

V praxi používané sondy na zisťovanie povrchových nedostatkov materiálov sú aj bodové sondy. Vyrábajú sa v širokom frekvenčnom rozsahu a rôznych priemerov. Sú tienené tak, aby poskytovali maximálnu citlivosť signálu. Používajú sa na detekciu trhlín, meranie hrúbky materiálov, náterov a vodivosti. Na zisťovanie korózie materiálov v hliníkových konštrukciách sa využívajú špeciálne korózne sondy, ktoré používajú absolútne odrazové cievky. Bodové sondy na kontrolu trhlín materiálov pracujú pri frekvencii od 100 Hz po 500 kHz, kedy sa kontrolná hĺbka pohybuje od 6,3 do 19 mm. Pri bodových sondách na zisťovanie korózie sa kontrolná frekvencia pohybuje od 300 Hz po 200 kHz. Hĺbka prieniku vírivých prúdov je pri týchto sondách od 6,3 do 12,7 mm (Olympus, 2010).

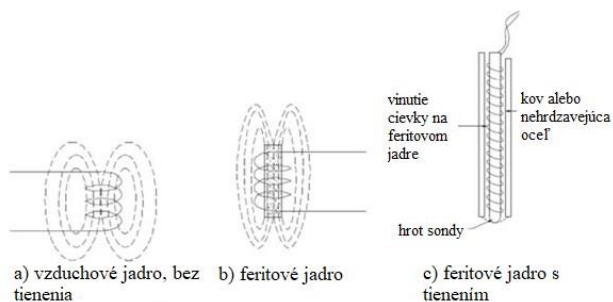


Obrázok 3: Bodová sonda Olympus (Zdroj: Olympus, 2010).

4.3. Tienené sondy a feritové jadrá

Tienenie sa často využíva v konštrukcii ceruzkových sond, a niekedy aj pri bodových sondách. Pole vírivých prúdov štandardných netienených sond prechádza určitou vzdialenosťou bočne od cievky. Bočný rozsah poľa sa dá zistiť experimentálnym umiestnením sondy na povrch a postupným približovaním sa sondy k okraju povrchu. Pri meraní je potrebné poznať signál, ktorý pochádza z okrajovej hrany povrchu, aby nedošlo k zámene signálu s poruchovým signálom. Takýto prípad pri kontrole povrchu môže nastať v oblasti medzi dvomi otvormi (pre nity alebo skrutky) alebo otvorom a okrajom. Aj pri malých vzdialenostiach sondy od hrany povrchu môže vytvárať veľkú zmenu okrajového signálu, ktorý môže spôsobiť zámenu signálu s poruchovým signálom. Preto je vhodné pri kontrole v oblasti otvorov použiť nekovové vodidlo sondy, ktoré zabezpečí zníženie okrajových signálov, bez toho, aby to malo vplyv na prípadné poruchové signály v okolí otvorov.

Pre prípady meraní, ktoré boli spomenuté, sa používajú tienené sondy. Konštrukcia tienených sond pozostáva z feritového jadra, na ktorom je navinutá cievka. Cievka je obklopená obalom z feritu, nehrdzavejúcej ocele alebo medi (obrázok 27). Obal sondy zo spomenutých materiálov obmedzí bočné pôsobenie vírivého poľa, pôsobí teda ako tienenie bočných vírivých prúdov (Olympus, 2010).

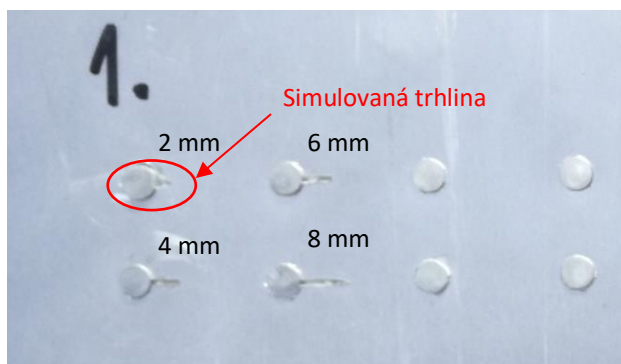


Obrázok 4: Účinky bočných vírivých prúdov a obalov vírivých sond (Zdroj: IAEA, 2011)

5. Zisťovanie povrchových porúch metódou vírivých prúdov ECA

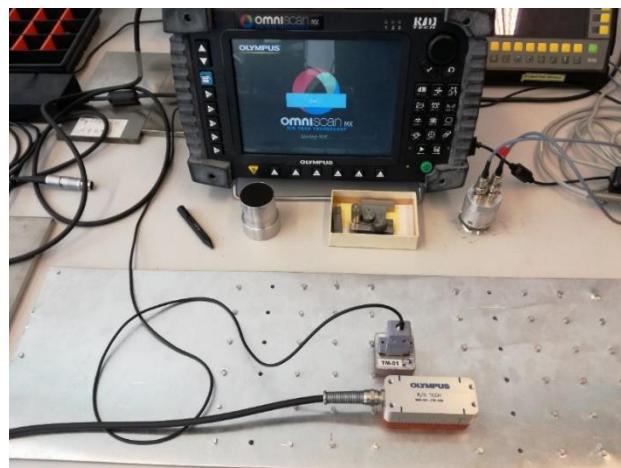
Experimentálne merania, ktoré sú prezentované v tomto článku sú zamerané na zisťovanie simulovaných porúch v oblasti nitovaných spojov. Simulované boli trhliny v oblasti nitovaných spojov vytvorené na skúšobnej vzorke. Skúšobná vzorka pozostáva z troch hliníkových plechov hrúbky 1 mm, ktoré sú vzájomne znitované rozklepávacími nitmi, so zapustenou hlavou STN 02 2311 rozmeru 4x6 mm.

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. Poruchy boli orientované pozdĺž otvorov pre nity, prípadne sklonené pod uhlom 45°.



Obrázok 5: Vytvorené simulované poruchy v oblasti nitov dĺžky 2,4,6 a 8 mm (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: Defektoskop Olympus OmniScan MX (Zdroj: Autor)

K meraciemu prístroju boli použité príslušné sondy ECA s označením SBB-051-150-032 a SAB-067-005-032 (zobrazené na obrázku 3), ktoré sú vhodné na takúto kontrolu nitovaných spojov.



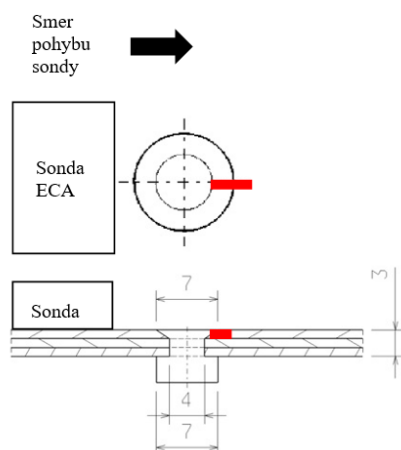
Obrázok 6: Sondy vírivých prúdov ECA značky Olympus (Zdroj: Autori).

5.1. Výsledok experimentálneho merania

Na obrázku 7 je znázornená poloha sondy ECA a smer kontroly nitovaného spoja s umelou poruchou dĺžky 2 mm v prvom nitovanom plechu.

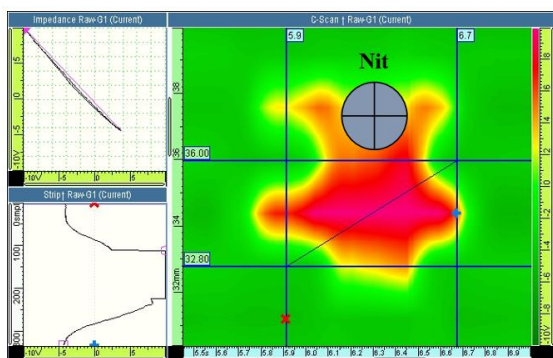
Priebeh kontroly bol nasledovný. Kontrola sa začínala priložením sondy na povrch materiálu a prvotným znulovaním sondy, tzn. nastavenie výsledného obrazu na obrazovke tak, aby bol podľa možnosti jednofarebný, bez prítomnosti inej farby – poruchy, prípadne zmeny geometrie štruktúry kontrolovanej vzorky.

Kontrola v oblasti nitu bola uskutočnená pohybom sondy po povrchu skúšobnej vzorky. Pri pohybe sondy dochádza k redistribúcii vzniknutých vírivých prúdov vo vodivom materiáli, to sa na obrazovke defektoskopu prejaví ako zmena kódovania farebnej škály v danom mieste, tzn. prítomnosť poruchy, lomu, iného telesa, hrany a pod.



Obrázok 7: Spôsob kontroly nitovaného spoja s umelou poruchou, v prvom plechu nitovanej vzorky (Zdroj: Autori).

Na obrázku 8 je výsledok kontroly simulovanej poruchy dĺžky 2 mm vytvorenej v prvej vrstve nitovanej vzorky. V zobrazení C-scan je doplnený obrázok nitu, predstavujúci umiestnenie nitu voči simulovanej poruche. Pri meraní bola použitá sonda SBB-051-150-032. Najlepšie výsledky kontroly sa dosiahli pri nasledovných nastaveniach: budiaca frekvencia sondy 55 kHz, zisk 65 dB, filter – low pass averaging..



Obrázok 8: – Výsledok kontroly poruchy dĺžky 2 mm v prvom plechu nitovanej vzorky (Zdroj: Autori).

Low pass averaging filter (dolnopriepustný) sa pri meraní použil na zlepšenie signálu pozdĺž roviny impedancie a na odstránenie elektronického rušenia (šumu). Hodnota dĺžky poruchy odčítaná z kurzorov na zobrazení C-scan bola 3,2 mm. Rozdiel medzi skutočnou a nameranou dĺžkou poruchy môže byť spôsobený nepresnou výrobou simulovanej poruchy, keďže boli vyrábané manuálne. Hĺbku simulovanej poruchy je možné odhadnúť z priebehu signálu impedancie v čase. Rozdiel hodnôt impedancie zaznamenaný počas merania bol od -5 V po $+10\text{ V}$. Takýto rozdiel impedancie zodpovedá hĺbke poruchy približne 1 až 1,5 mm, čo zodpovedá simulovanej poruche.

6. 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. Článok sa zaoberá modernými metódami testovania vírivými prúdmi, ktoré patria medzi najrozšírenejšie nedeštruktívne techniky. Testovanie vírivými prúdmi umožňuje odhalenie skrytých trhlin a korózie. Výhodou tejto techniky oproti ostatným nedeštruktívnym technikám je možnosť kontroly cez nevodivé materiály, zisťovanie zloženia zliatiny a ich tvrdosti. Testovanie pomocou vírivých prúdov je všestranná metóda na kontrolu rôznych materiálov. Podmienkou však je, aby boli materiály elektricky vodivé a mohli v nich vznikáť vírivé prúdy. 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 (Bugaj, 2018). V priebehu posledných rokov boli dosiahnuté vynikajúce zlepšenia tejto nedeštruktívnej techniky a možno vysloviť, že zlepšovanie bude naďalej pokračovať (Bugaj a Rostáš, 2016).

Referencie

- Bugaj, M., 2012. Basic step of applying reliability centered maintenance in general aviation. *Transport Problems*, Volume 7, p. 77-86.
- Bugaj, M., et al., 2018. Analysis and implementation of airworthiness directives. *Transport Means, Proceedings of the International Conference*, Volume 2018, p. 1174-1178.
- 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.*
- IAEA, 2011. *Eddy Current Testing at Level 2: Manual for the Syllabi Contained IAEA-TECDOC-628/Rev. 2 'Training Guidelines for Non-Destructive Testing Techniques'*, Viedeň: IAEA.
- 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.*
- 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>
- Olympus, 2017. Dostupné na Internete: *Aerospace Inspections Solutions*: https://www.olympus-ims.com/en/aerospace-inspectionssolutions/?utm_content=sf66001711&utm_medium=spredfast&utm_source=linkedin&utm_campaign=Olympus%20IMS&sf66001711=1
- OmniScan MXE, 2013. *Eddy Current Inspection Data Acquisition and Analysis Software. User's Manual*, Olympus NDT
- Škeřík, M., Mařánek, P., 2014. *Skripta NDT metódy*. Praha: Advanced Technology Group.

BONDED CRACK RETARDERS: A REVIEW

Václav Jetela

Institute of Aerospace Engineering
Faculty of Mechanical Engineering
Brno University of Technology
Technická 2896/2
62500, Brno
vaclav.Jetela@vutbr.cz

Abstract

Pursuing weight savings has always been a tremendous process. Although the structural weight, number of assembly operations and stress concentrators were minimized, a problem with fast crack propagation arose from utilizing the integral airframe structures. This paper evaluates the effectiveness of bonded crack retarders, a previously validated concept to stop or slow-down fatigue cracks in the integral airframe structure.

Keywords

bonded crack retarder, integral airframe structure, crack growth retardation

1. Introduction

Riveting, a traditional technique to join structural elements together, is being replaced by the integral airframe structures manufacturing. Besides the welded integral structures, where stringers are made separately and then welded to the separately manufactured skin, the integral panels can be extruded or high-speed machined. There, stringers and skin are made from one piece.

In comparison with the riveted structures, the integral airframe structure saves weight and contain less stress concentrators but do not contain the physical barriers against fatigue crack growth. The physical barrier is classified as a place in a structure where one part of a structure is covered by another part. If the physical barriers are non-existent, the fatigue crack can grow from one part to another without a delay (Nestrenko; 2000). This results in the earlier fatigue failure of integral structure. Such problem can be expressed by the fatigue crack growth curve of both structures, Figure 1.

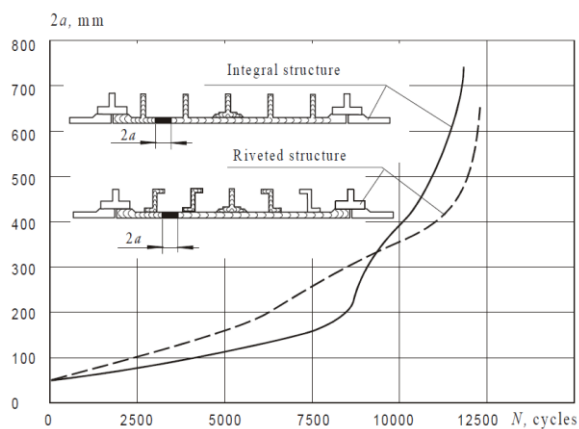


Figure 1: Duration of crack growth in riveted and integral panel skin from initial skin crack between intact stringers (Nestrenko; 2000)

The integral airframe structure can be seen as a fatigue critical component. According to various sources, fatigue contributes up to approximately 90% of all mechanical service failures. Regulators are aware of it and thus penalize unitized structures by imposing an additional design safety factor (Boscolo et al.; 2008). By increasing the number of design safety factors, the aircraft structure becomes heavier. Considering these facts, it is even more important to cope with fatigue life extension of such structures to create greener aircraft. Moreover, a decrease in the number of safety inspection can be attained.

2. Bonded crack retarders

A research in fatigue crack growth retardation is evaluated in terms of used materials and obtained increases in fatigue life. The individual studies are arranged chronologically. Moreover, general conclusions regarding crack retarder's performance, design and limitations are highlighted. On the basis of this chapter, recommendations for further research directions are made with respect to obvious knowledge gaps.

In 1990, Schijve published a paper about the fatigue life evaluation of panels made of 2024-T3 alloy with the bonded, riveted and the integrally machined crack retarders. The crack retarders were made of aluminium (Al) alloy, titanium (Ti) alloy and Aramid Reinforced Aluminium Alloy (ARALL) (Schijve; 1990). It was documented that the fatigue life of panel with bonded crack retarders (BCRs) was longer than the fatigue life of panel with riveted and integrally machined retarders. The stiffness of retarder and interference (retarder/panel) have the biggest impact on the effectiveness of retarder. It is well known that the bonded joint is much stiffer than the riveted joint. Probably this led to the longer fatigue life in case of the BCRs. Fatigue sensitivity is another important aspect. Fatigue crack nucleation was observed in all riveted retarders. As the crack initiated in the retarder, the enhancement in fatigue life was negligible. In case of the bonded crack retarder (BCR), an adhesive acted as a barrier against the crack growth. According to the material selection, Ti alloy can offer excellent resistance against fatigue. However, existing mismatch between the coefficient of thermal expansion (CTE) of Ti and Al alloy leads to high thermal residual stresses, both in the retarder and the panel. At the end, the

fatigue life of panel with Ti BCRs increased by a factor of 1.7 and with ARALL retarders increased by a factor of 1.4–2.0. In other words, the ARALL retarders performed as good as the Ti retarders.

Farley et al. presented results of a study aimed for the increase in fatigue life of Compact Tension (C(T)) specimens made of 7075 alloy with Metal Matrix Composite retarders (Farley et al.; 2004). Retarders were composed of the Al_2O_3 fibres and the Al-matrix. The individually manufactured retarders were adhesively bonded into the machined grooves on a both sides of the specimen. The increase in fatigue life by a factor of 5.0 was observed, however, the fatigue crack growth test did not continue till the final failure. Authors also did the parametric study to investigate the influence of retarder's width, thickness and adhesive stiffness on the crack growth and the fracture toughness.

In 2005, Zhang and Li focused on experiments with the riveted, welded and the integrally stiffened panels made of 2024-T351 alloy (Zhang and Li; 2005). To investigate the increase in fatigue life, the integrally machined panels with the Ti and CF BCRs were numerically analysed. Fatigue crack growth tests were supported by Finite Element Analysis (FEA) for the welded and the integrally stiffened panel. In the analyses, the effect of continuous debonding during the crack propagation was also included. It appeared that the machined and the welded stiffeners lowered the Stress Intensity Factor much more than the riveted ones. Moreover, the temperature mismatch after welding process introduced the negative residual stresses between stiffeners and the positive residual stresses in the proximity of stiffeners. Negative residual stresses are favourable, they lower SIF and thus contributes to the fatigue life extension. The fatigue life of welded panels was much longer (factor 1.6) in contrast with integral ones. However, an unstable crack propagation occurred after the failure of stiffeners. The longest theoretical extension in the fatigue life by factor of 3.5 was observed in case of panel with carbon fibre unidirectional (CF UD) BCRs. See Figure 2 for a prediction.

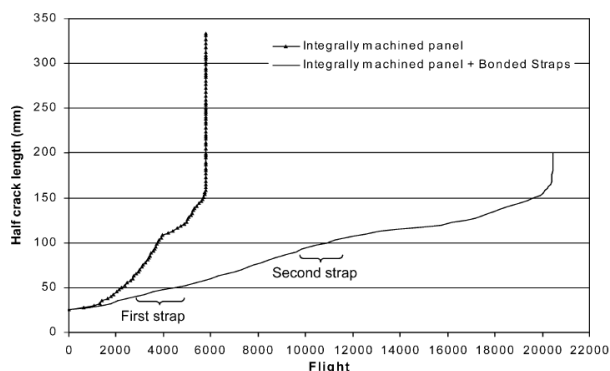


Figure 2: Predicted crack growth lives for integrally machined panels with and without crack retarder straps; aircraft service load spectrum (Zhang and Li; 2005).

The Colavita et al. wrote a paper oriented to the fatigue crack growth retardation in the 2024-T3 alloy Middle Tension specimens (M(T)) with CF retarders (Colavita et al.; 2006). The effect of adhesive curing temperatures on the fatigue crack growth was investigated. The specimen cured at room temperature (RT) experienced lower residual stress levels, and thus longer fatigue life, than the specimen cured at 70 °C. The

fatigue life of first specimen increased by factor of 3.0 while the latter one increased only by a factor of 1.09. During the fatigue crack growth test, the continuous debonding started to grow, as the crack passed the first edge of retarder. Although the tests were supported by FEA, the analyses were conservative only up to the last edge of retarder.

A Boscolo et al.'s study on a fatigue life increase through crack retarders made of Glass Reinforced Aluminium Laminate (GLARE), CF, GF and Ti alloy was focused on the completion of Finite Element model (Boscolo et al.; 2008) to support Colavita's experiments. The influence of retarder's material, size and location on the fatigue crack growth was examined. In addition, they developed a design tool to achieve the optimal crack retarder design in terms of prescribed fatigue life target and minimum structural weight added by the crack retarder.

In 2009, Zhang et al. continued at work of Colavita et al. They engaged in the testing of 2024-T351 M(T) specimens and 7085-T7651 SENT specimens with Glass Fibre (GF) and Ti crack retarders (Zhang et al.; 2009). Tests conducted during this and the previous study were supported by FEA incorporating a new model of continuous debonding. In case of the Single-Edge Notched Tension specimens (SENT) with CF crack retarders cured at 120 °C, the fatigue life extension was not significant (factor 1.07), as opposed to specimens with Ti crack retarders (factor 1.6). They concluded that both the CTE and the stiffness of CF crack retarder were dissimilar to substrate's values, resulting in high shear stresses in the adhesive joint. This led to the delamination within the BCR and/or in the adhesive joint. Delamination localization rely on the toughness of adhesive and matrix. The higher the toughness, the more likely the delamination occurs.

In 2009, Liljedahl et al. wrote a paper about the change in residual stress distribution during fatigue crack propagation in 7085-T7651 SENT specimens with Ti and CF crack retarders (Liljedahl et al.; 2009). The measured residual stresses were validated through FE analyses. Authors observed the continuous delamination as the crack passed the last edge of crack retarder. The greatest crack retardation between the stiffened and unstiffened side was observed in the specimens with CF crack retarders. This was caused mainly due to the high elastic modulus of CF crack retarder. Authors concluded that the stiffness ratio, residual stresses and the presence of delamination have the greatest impact on the fatigue crack growth.

Moreira and Castro analysed the fatigue life of 6056-T651, 6056-T4 and 6056-T6 integrally stiffened panels produced using the high-speed cutting, friction stir and laser beam welding (Moreira and de Castro; 2010). Authors came to the same conclusion as Li and Zhang; welded panels possess longest fatigue life.

Irving et al. presented at the ICAF 2011 a paper on a crack retardation in 7085-T7651 M(T) and SENT specimens with GLARE, Ti, Al and CF crack retarders (Irving et al.; 2011). A series of tests were conducted at three stress levels with the constant and variable amplitude loading. The greatest increase in fatigue life was observed in the specimen with Al crack retarders (factor 3.8, SENT specimen, constant amplitude (CA) and the GLARE crack retarders (factor 2.7, M(T) specimen, CA). However, an unwanted crack nucleation and growth were detected in the Al crack retarders. Fatigue crack growth tests were conducted once again on the integrally stiffened panels with GLARE and Al

crack retarders, and supported by FE analyses comprising a delamination. The greatest advantage of GLARE lies in its CTE close to the substrate's value resulting in lower residual stresses in the substrate (Figure 3), and thus longer fatigue life. Liljedahl in his study on an evolution of residual stresses in specimens with Ti crack retarders tested at RT and -50 °C came to the same conclusion (Liljedahl et al.; 2008a), (Liljedahl et al.; 2008b). (Liljedahl et al.; 2009), (Liljedahl et al.; 2011). The measured residual stresses matched the residual stress levels from FE analyses.

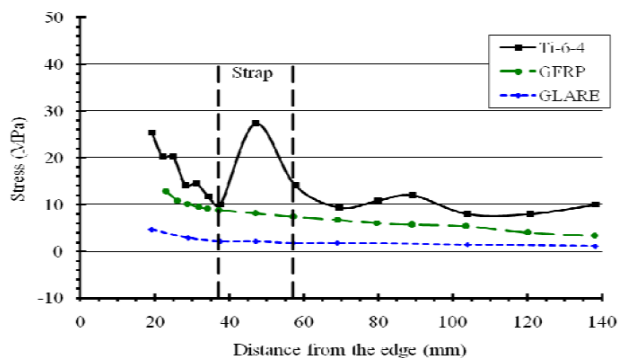


Figure 3: Measured longitudinal residual stresses (average values) in a 10 mm thick SENT sample bonded with 20 mm wide, 200 mm long straps. Measured residual stresses are 2.5 mm from the bond interface (Irving et al.; 2011).

In 2011, Brot and Kressel finished the experimental and numerical studies on the 2024-T351 panels stiffened with CF and boron fibre (BF) crack retarders (Brot et al.; 2011). The tests were performed at RT and -50 °C. The fatigue life of panels tested at RT with CF crack retarder increased by a factor of 2.0 and with BF BCR by a factor of 1.6. The decrease in the ambient temperature to -50 °C led to much longer fatigue lives in case of the specimen with CF retarder (factor 6.5). Authors emphasized that no delamination between the substrate and the retarder had been observed.

Ma et al.'s paper is aimed to the fatigue life extension through GLARE crack retarders bonded on the friction stir welded 7085-T7651 ESET specimen (Ma et al.; 2011). Prior to testing, specimens were cured at RT and 120 °C. The specimen cured at RT experienced longer fatigue life (factor 3.0) than the latter one (factor 2.4). The experimental study was supported by FE analyses incorporating thermal residual stresses. However, authors did not mention if the delamination behaviour had been included in the analyses.

Meneghin et al. both experimentally and numerically investigated the stiffened Al panels with Al and Ti BCRs (Meneghin et al.; 2011). The fatigue crack growth tests were supported by FE analyses comprising residual stresses. As can be seen in Figure 4 and Figure 5, the introduced residual stresses act together. The tensile stresses in the skin are balanced by the compressive stresses in the substrate. Authors observed a reduction in fatigue life as the ambient temperature decreases. At -50 °C, the retardation effect of Ti BCRs was non-existent. In other words, the crack needed 20% less cycles to reach the first stringer than crack in the panel without BCRs.

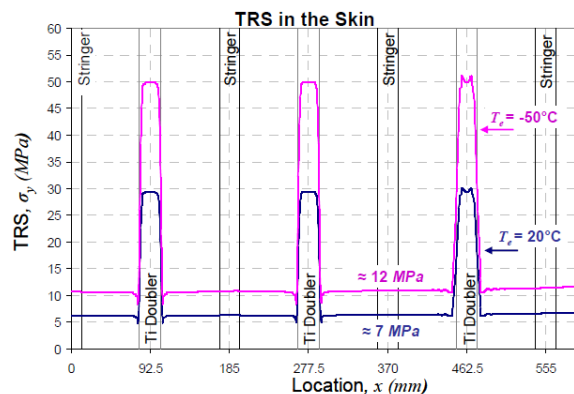


Figure 4: TRS induced in the skin and in the stiffeners of the intact stiffened panel with titanium doublers (Meneghin et al.; 2011).

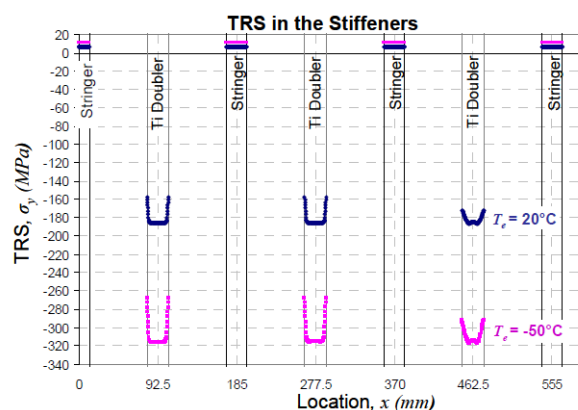


Figure 5: TRS induced in the stiffeners of the intact stiffened panel with titanium doublers (Meneghin et al.; 2011).

In 2012, Molinari et al. published an extensive parametric study on the panels reinforced by bonded, integral and riveted stringers with BCRs (Molinari et al.; 2012). Authors developed an analytical tool named Linear Elastic Analysis of Fracture to predict the damage tolerance properties of stiffened structure. Although their technique comprises continuous delamination, residual stresses are omitted. It was concluded that the BCRs with higher width to thickness ratio are more effective in the retardation. With respect to the manufacturing technology, the bonded and riveted panels possessed the longest fatigue life.

Doucet et al. completed a model to predict a crack growth in the 2024-T351 M(T) specimen with GLARE BCRs (Doucet et al.; 2013). The main goal was to investigate the influence of delamination size and shape to the specimen's fatigue life. Although a detailed model for continuous delamination was included, residual stresses were not.

Ma and Xu focused on the theoretical analyses of residual stresses in the friction stir welded Eccentrically Loaded Single Edge Crack Tension (ESET) specimen with crack retarder in (Ma and Xu; 2014). Authors did not mention the material used for the substrate and BCR, used delamination model and if residual stresses were included in analyses.

In 2015, Syed et al. analysed the 2624-T351 SENT specimen with GLARE crack retarders damaged by local impact (Syed et al.; 2015). The fatigue life of undamaged specimen with GLARE crack retarders increased by a factor of 2.3, whereas the

specimens impacted with 35 J showed a 55% reduction in fatigue life when compared to the undamaged specimen.

3. Prospects

It is apparent from the reviewed studies that the effectiveness of crack retarder is mostly determined by its:

- elastic modulus,
- coefficient of thermal expansion,
- delamination resistance.

The thermal residual stresses can be lowered by using the crack retarder made of material with higher CTE. Some steels possess the CTE close to the substrate's value. Additionally, due to the high elastic modulus of steel, more load can be transferred from the substrate. However, the relatively high density of steel probably impeded its application to crack retarders.

The application of CF crack retarders always leads to a high level of thermal residual stresses both in a substrate and crack retarders. Using the fibre metal laminate crack retarder, the thermal residual stresses can be lowered. This has been successfully achieved by the GLARE crack retarders. Studies focused on the application of Carbon Fibre Reinforced Aluminium (CARE) crack retarders are lacking.

An increase in the delamination resistance increases the effectiveness of load transfer from a substrate causing longer fatigue life. This can be achieved by increasing the lap shear and peel bond strength of interface. Cold spray is a new technology and thus not a large number of studies focused on the crack retardation have been carried out. Cold sprayed Ti (Christoulis et al.; 2011), (Cinca et al.; 2010), Al and steel (Villa et al.; 2013) (Dikici et al.; 2016) coatings were evaluated in terms of the microstructural properties and process parameters, however, the impact of such coatings on crack propagation have not been published. A potential increase in fatigue life can be expected due to higher adhesion of such coatings.

A high-strength bond can also be attained by the Transient Liquid Phase (TLP) diffusion bonding. The TLP diffusion bonding process differs from the diffusion bonding in utilizing lower clamping forces and temperatures below the melting point using various thin interlayers, which changes local chemical composition at the interface and lowers the temperature for bond creation.

Other additive technologies like the Selective Laser Melting (SLM) and Direct Laser Deposition (DLD) might be useful in a crack retarder fabrication. Rapid solidification could lead to a high-strength bond between a crack retarder and substrate, and thus greater delamination resistance. A major disadvantage of additive technologies is a large number of process parameters that have to be selected carefully to lower the porosity and obtain good mechanical properties. Moreover, multi-material structures cannot be heat treated sufficiently due to the dissimilar melting temperature of individual materials, e.g. the Ti/Al combination. In 2015, Shamsai et al. suggested further research in process parameters to obtain good mechanical and fatigue properties of laser-deposited parts (Shamsai et al.; 2015). However, technologies of liquid-state joining of dissimilar reactive metals are often accompanied by the growth of brittle

intermetallics at the interface, resulting in the poor mechanical properties of joint (MacDonald and Eagar; 1992).

References

- Boscolo, M., Allegri, G., Zhang, X., 2008. Design and modelling of selective reinforcements for integral aircraft structures, *AIAA journal* 46(9), 2323–2331.
- Brot, A., Kressel, I., Häusler, S., Baiz, P., Tavares, S., Horst, P., Klement, J., 2011. Analytical and experimental investigations of extending the crack growth life of integrally stiffened aluminum panels by the use of composite material strips, *Structural Durability & Health Monitoring* 7(3), 153–162.
- Christoulis, D. K., Guetta, S., Guipont, V., Jeandin, M., 2011. The influence of the substrate on the deposition of cold-sprayed titanium: an experimental and numerical study, *Journal of Thermal Spray Technology* 20(3), 523–533.
- Cinca, N., Barbosa, M., Dosta, S., Guilemany, J., 2010. Study of Ti deposition onto Al alloy by cold gas spraying, *Surface and Coatings Technology* 205(4), 1096–1102.
- Colavita, M., Bowler, A., Zhang, X., Irving, P. E., 2006. Adhesively bonded CFRP straps as fatigue crack growth retarders on AA2024-T3, *Proceedings of SAMPE Conference* 2006.
- Dikici, B., Ozdemir, I., Topuz, M., 2016. Cold spray deposition of SS316L powders on Al5052 substrates and their potential using for biomedical applications, *Int J Chem Mol Nucl Mater Metal Eng* 10(4), 483–487.
- Doucet, J., Zhang, X., Irving, P., 2013. Fatigue modelling of aluminium plates reinforced with bonded fibre metal laminates, *International Journal of Structural Integrity* 4(4), 416–428.
- Farley, G., Newman, J., James, M., 2004. Selective reinforcement to improve fracture toughness and fatigue crack growth resistance in metallic structures, *45th AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics & Materials Conference*, 1–13.
- Irving, P. E., Zhang, X., Doucet, J., Figueroa-Gordon, D., Boscolo, M., Heinemann, M., Shepherd, G., Fitzpatrick, M., Liljedahl, D., 2011. Life extension techniques for aircraft structures-extending durability and promoting damage tolerance through bonded crack retarders, *ICAF 2011 structural integrity: influence of efficiency and green imperatives*, 753–770.
- Liljedahl, C., Fitzpatrick, M., Edwards, L., 2008a. Distortion and residual stresses in structures reinforced with titanium straps for improved damage tolerance, *Materials Science and Engineering: A* 486(1-2), 104–111.
- Liljedahl, C., Fitzpatrick, M., Edwards, L., 2008b. Residual stresses in structures reinforced with adhesively bonded straps designed to retard fatigue crack growth, *Composite Structures* 86(4), 344–355.
- Liljedahl, C., Fitzpatrick, M., Edwards, L., 2009. Evolution of residual stresses with fatigue crack growth in integral

- structures with crack retarders, *Materials Science and Engineering: A* 523(1-2), 152–159.
- Liljedahl, C., Fitzpatrick, M., Zanellato, O., Edwards, L., 2011. Effect of temperature on the residual stresses in an integral structure with a crack retarding patch, *Strain* 47, 293–298.
- Ma, Y. E., Liu, B. Q., Zhao, Z. Q., 2011. The effects of bonded retarder on fatigue crack growth in 7085 aluminium alloy, *Advanced Materials Research* 217, 1135–1140.
- Ma, Y. E., Xu, P. F., 2014. Effects of bonded crack retarders on fatigue parameters of fswed integral panel, *Advanced Materials Research* 891, 627–632.
- MacDonald, W., Eagar, T., 1992. Transient liquid phase bonding processes, *The Metal Science of Joining*, 93–100.
- Meneghin, I., Ivetic, G., Troiani, E., 2011. Analysis of residual stress effect on fatigue crack propagation in bonded aeronautical stiffened panels, *Materials Science Forum* 681, 236–242.
- Molinari, G., Meneghin, I., Melega, M., Troiani, E., 2012. Parametric damage tolerance design of metallic aeronautical stiffened panels, *The Aero-nautical Journal* 116(1182), 815–831.
- Moreira, P. M., de Castro, P. M., 2010. Fractographic analysis of fatigue crack growth in lightweight integral stiffened panels, *International Journal of Structural Integrity* 1(3), 233–258.
- Nestrenko, G. I., 2000. Comparison of damage tolerance of integrally stiffened and riveted structures, *22nd International Congress of Aero-nautical Sciences*.
- Schijve, J., 1990. Crack stoppers and arall laminates, *Engineering Fracture Mechanics* 37(2), 405–421.
- Shamsaei, N., Yadollahi, A., Bian, L., Thompson, S. M., 2015. An overview of direct laser deposition for additive manufacturing; part ii: Mechanical behavior, process parameter optimization and control, *Additive Manufacturing* 8, 12–35.
- Syed, A. K., Fitzpatrick, M. E., Moffatt, J. E., Doucet, J., Durazo-Cardenas, I., 2015. Effect of impact damage on fatigue performance of structures reinforced with glare bonded crack retarders, *International Journal of Fatigue* 80, 231–237.
- Villa, M., Dosta, S., Guilemany, J., 2013. Optimization of 316l stainless steel coatings on light alloys using cold gas spray, *Surface and Coatings Technology* 235, 220–225.
- Zhang, X., Boscolo, M., Figueroa-Gordon, D., Allegri, G., Irving, P. E., 2009. Fail-safe design of integral metallic aircraft structures reinforced by bonded crack retarders, *Engineering Fracture Mechanics* 76(1), 114–133.
- Zhang, X., Li, Y., 2005. Damage tolerance and fail safety of welded aircraft wing panels, *AIAA journal* 43(7), 1613–1623.

SAFETY ASPECTS OF POWER UNIT OF SINGLE-ENGINE TURBOPROP AIRCRAFT

BEZPEČNOST POHONNÝCH JEDNOTEK JEDNOMOTOROVÝCH TURBOVRTULOVÝCH LETADEL

Miroslav Šplíchal

Faculty of Mechanical Engineering

Brno University of Technology

Technická 2

61669, Brno

splichal.m@fme.vutbr.cz

Abstract

The paper deals with the main causes of failure of propulsion units in single-engine turboprop aircraft. It was conducted analysis of the causes of engine failure of the Cessna C-208 airplane in the period 2007 -2017. This type was chosen for its popularity and worldwide use. The identified causes of engine failure are discussed in the article and the possibilities of failure prevention are outlined.

Keywords

safety, single engine turboprop, engine failure

1. Úvod

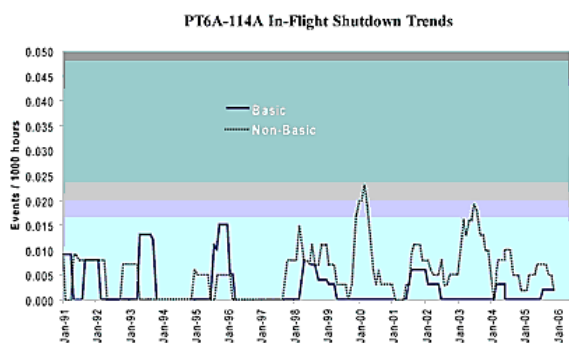
Trh s jednomotorovými turbovrtulovými letadly se za poslední roky stále zvětšuje a marketingové studie předpokládají pro příští roky růst poptávky po letadlech jako je Pilatus PC-12 nebo nově vyvíjená Cessna Denali. Jednomotorová turbovrtulová letadla jako je Cessna C208 Caravan, jenž byla na trh uvedena již v roce 1984 prokázala během roků své přednosti. V průběhu doby se na trhu dobře etablovala letadla řady TBM nebo Pilatus PC-12NG. Tato letadla se vyznačují podobnými provozními náklady jako vícemotorová pístová letadla při vyšší úrovni bezpečnosti. K dalšímu růstu poptávky má přispět nařízení 2017/363, které zavádí rámec pro provoz SET-IMC. To má umožnit vznik nových obchodních modelů pro leteckou dopravu s využitím moderních letadel s menší uhlíkovou stopou. Mělo by dojít také k podpoře rozvoje nových spojení, které mohou být efektivně provozovány pouze jednomotorovými turbínovými letadly a to díky schopnosti těchto letadel využívat i velmi malá regionální letiště.

Pro úspěch těchto jednomotorových letadel jsou zvláště důležité nízké provozní náklady. Pro ilustraci se můžeme podívat na provozní náklady dvou oblíbených jednomotorových letadel v dané třídě a jednoho zástupce dvoumotorových letadel, který je porovnatelný s typem PC-12. Podkladem pro toto porovnání byly údaje z webu sherpaport.com

Tabulka 1: náklady na letovou hodinu vybraných typů (Zdroj: <https://www.sherpaport.com/aircraft/costs-pilatus-pc12.html>, vlastní zpracování)

Náklady na hodinu letu	Pilatus PC-12	Cessna -C208 Caravan	King Air 250
Palivo @ 5 USD/gal	351	215	672
Airframe & Engine Services	146	117	170
Engine Overhaul	163	121	251
Fixní náklady při náletu 400h/ rok	476	307	350
Celkem	1136	760	1443

Z tabulky 1 je patrné, že náklady na palivo u jednotlivých typů reprezentují 30% resp. 28%. Naproti tomu, u dvoumotorového King Airu 250 činí náklady na palivo 46% z celkových provozních nákladů. Rovněž náklady opravy pohonné jednotky jsou podstatně nižší než u dvoumotorového typu. Celková výše provozních nákladů tedy vyznívá příznivě pro jednomotorovou koncepci letadel. Tyto příznivé ekonomické hodnoty představují pouze jednu stranu misek vah, na druhé straně leží bezpečnost. Vysazení motoru za letu znamená pro jednomotorový letoun vždy vážné nebezpečí, zejména pokud k tomuto dojde za letu v IMC. Pokud nás zajímá jaká je pravděpodobnost selhání pohonné jednotky, je třeba hledat v materiálech výrobců motoru pravděpodobnost vypnutí motoru za letu In-Flight Shutdown (IFSD). Tento termín označuje situaci, kdy motor z letu přestane pracovat ať již z rozhodnutí posádky, vlivem poruchy nebo působením vnějších vlivů na motor, například nasátí ptáka, počasí. Výrobci motorů pak dále používají termíny B-IFSD (Basic In Flight Shut Down), který označuje situace, které se váží přímo na konstrukci motoru nebo jeho výrobu, tzn. nedostatky technického rázu, jenž zapříčinily jeho vypnutí. Tato hodnota bývá nižší. Na obr. 1 je uveden šestiměsíční klouzavý průměr hodnot IFSD a B-ISDF pro populární motory PT6A-114A. Záznam zahrnuje pouze jednotky provozované v Kanadě. Pro ilustraci v šedesátých letech se ISFD vztažená na 100 0 letových hodin pro turbínové motory pohybovala okolo hodnoty 0,4 a u legendárního letadla DC-3 se IFSD dosahovala hodnoty 0,35 (Joop 1953). V současnosti vyzrálé turbínové motory mají průměr IFSD lepší jak 0,03, přičemž u letadel využívajících ETOPS je minimální požadovaná hodnota IFSD 0,05.



Obrázek 1: Vývoj hodnot IFSD a B-IFSD pro „malé“ motory PT6A (Zdroj: The Transportation Safety Board of Canada (TSB) Aviation Investigation Report A06P0010 <http://www.bst-tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/aviation/2006/a06p0010/a06p0010.html?pedisable=true>)

V prípade dvumotorových letadel je logicky nižší pravdepodobnosť vysadení oboj pohonných jednotiek. V tabuľke 2 je porovnaní nehodovosti rôznych kategórií letadel na 100 000 letových hodín. Z tejto štatistiky plyne, že nehodovosť jednomotorových turbovrtulových letadel je srovnateľná s nehodovosťou dvumotorových letadel viz tabuľka 2.

Tabuľka 2: Porovnaní nehodovosti na 100 000 letových hodín pro rôzne kategórie (Zdroj: Robert 2016 plus vlastní zpracování)

Typ	Kumulované letové hodiny	Nehody	Nehodovosť Na 100000 letových hodín
TBM-700/850/900	988,577	40	4.05
C208	10,101,355	168	1.63
PC-12	4,018,362	24	0.60
single EngineTurboprop Aircraft	16,452,849	304	1.85
Twin EngineTurboprop Aircraft	59,582,215	1115	1.87
Single Engine Piston	100,000	-	1.63
Multi Engine piston	100000	-	1.88
PT6A IFSD	100000	-	0,15
M601 IFSD	100000	-	0,25

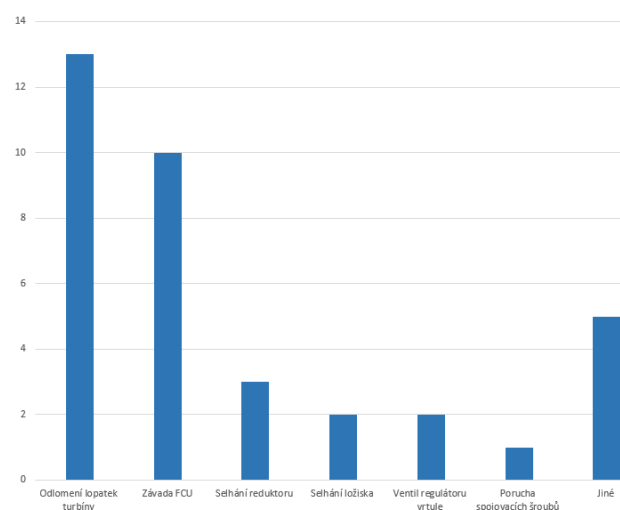
Spoločnosť Pilatus dodávajúci letadla PC-12 na svojich webových stránkach udáva, že havária spojená se selháním motoru u dvumotorového turbovrtulového letounu má až štyrikrát vyššiu pravdepodobnosť vážnych alebo smrteľných zranení. Za hlavný dôvod tejto skutočnosti je považovaný fakt, že v prípade dvumotorovej koncepcie musí byť motory, s ohľadom na priemer vrtule, namontované ve značné vzdálenosti od osy letadla. Tím se pilot musí vypořádávat s větší asymetrií tahu, přičemž schopnost stoupání v důsledku asymetrie tahu může klesnout až o 80%. Pokud dojde k poruše motoru během vzletu nebo v nízkých výškách, pilot má málo času na kompenzaci a může se nacházet pod bezpečnou rychlostí letu na jeden motor. Tyto argumenty také vedly k umožnění komerčního provozu jednomotorových turbínových letadel od roku 1996 na americkém kontinentu. V rámci Evropy tato možnost existuje od

roku 2017. Na druhou stranu, v případě jednomotorového letounu má vysadení pohonných jednotek za následek vynucené přistání do terénu, které obvykle končí vážným poškozením letadla nebo jeho zničením. Toto riziko dále stoupá, pokud má být let proveden na podmínkách IMC. Z tohoto důvodu byl proveden rozbor příčin selhání Turbovrtulových pohonných jednotek.

2. Příčiny selhání turbovrtulových motorů s výkony do 1000 shp

Štatistiky popisující příčiny selhání pohonných jednotek u jednomotorových letadel nejsou obecně snadno veřejně dostupné. Je logické, že podobnými informacemi se výrobci neradi chlubí. Proto byla provedena vlastní analýza příčin selhání pohonných jednotek pro letadla řady C208 Caravan. Ide o populární typ, který létá v různých podmínkách po celém světě. Jako základ pro analýzu byly zvoleny údaje ze serveru aviation-safety.net v období rokov 2007 – 2017. Celkem bylo nalezeno 139 nehod typu C208 v daném období, přičemž 36 těchto nehod bylo v důsledku selhání pohonných jednotek. To představuje 25,8% podíl na nehodách. Tato zjištění je možné také konfrontovat se incidenty letadel Pilatus PC-12 provozovaných v Kanadě. Tuto štatistiku zpracoval kanadský letecký úřad v rámci edice The Aviation Safety Letter (ASL) Issue 3/2007 pro období 1996 – 2006, kdy u tohoto typu bylo zaznamenáno 22 fatálních nehod, přičemž 3 souviseli se ztrátou výkonu. To představuje 13,6% podíl. Nutno podotknout, že oba typy využívají odlišné verze motoru PT6.

Zpět k provedené analýze: až na 3 případy všechny nehody skončily vážným poškozením nebo zničením letadla. Ve 13 případech došlo k selhání pohonných jednotek vlivem oddělení lopatek turbíny. Toto zjištění koresponduje s údaji společnosti Pratt&Whitney, která ve svých materiálech udává, že lom lopatky generátorové turbíny je primární příčinou odstavení motoru za letu. Druhá častá příčina selhání pohonných jednotek je závada v palivovém systému, kdy 10 případů reprezentovaly závady spojené s palivovým vedením nebo palivo-regulační jednotkou. Dále byli identifikováni 3 nehody v důsledku selhání reduktoru motoru, viz obrázek 2.



Obrázek 2: Příčiny selhání motorů PT6A-114 na letadlech řady CE-208 v období rokov 2007 – 2017 (Zdroj: vlastní zpracování)

3. Zhodnocení hlavních příčin přispívajících k selhání pohonné jednotky

V předchozí části vyplynuly z analýzy hlavní příčiny selhání motoru za letu. V této kapitole budou tyto příčiny podrobně zhodnoceny.

3.1. Odlomení lopatek turbíny

Odlomení lopatky turbíny bývá častou primární příčinou odstavení motoru za letu. Tento typ závady má destruktivní vliv na motor. Důvodem pro tato selhání často bývá provozování motoru mimo schválené rozsahy teplot a nedostatky v údržbě. Přetěžování lopatek turbíny pak vede ke vzniku creepu nebo únavové poškození lopatky.

Creep je proces pokračující plastické deformace (změna rozměrů součástí), ke které dochází při vysokých teplotách v důsledku napětí vyvíjeného v komponentu během provozu a udržovaného po určitou dobu. Rychlost deformace (změna rozměrů) je pak obecně funkcí teploty, napětí a času. Tento typ poškození lze očekávat u motorů, které jsou v provozu nadměrně teplotně zatěžovány.

Únava je proces iniciace a růstu trhliny v reakci na vznik střídavého napětí během provozu, přičemž existují tři odlišné režimy střídavých stavů napětí, se kterými se lze setkat v provozu plynové turbíny. Střídavá napětí vznikající v důsledku spouštění a zastavování motoru. Tento způsob únavového poškození je znám jako nízká cyklová únava, proto mají turbínové motory omezenou životnost také cykly.

V důsledku nerovnoměrného zatěžování lopatek turbíny např. v důsledku teplotního pnutí, buzení aerodynamickými silami je lopatka v provozu cyklicky zatěžována. V terminologii turbínových motorů je tento způsob únavového poškození známý jako únava vysokých cyklů (HCF). K omezení vlivu vysoko cyklické únavy je nutné zajistit rovnoměrnost v procesu spalování správnou funkcí palivových trysek.

Prevence odlomení lopatek je systém monitorování provozních parametrů, který na základě teplotního a mechanického zatěžování lopatek predikuje jejich životnost. Současné systémy obvykle měří průměrnou teplotu mezi turbínami ITT, přičemž nemusí být zachycena nehomogenita teplotního pole, která může vést k vysoko cyklické únavě lopatek.

Stav lopatek se pravidelně kontroluje pomocí horoskopických prohlídek. Tyto prohlídky vyžadují zkušený personál, který někdy musí pracovat pod velkým tlakem, protože k detailní kontrole lopatky k vyloučení podezření je možná jen po její demontáži z motoru. I z tohoto důvodu je dnes existuje snaha vyvinout metody spolehlivé detekce počínajících poruch bez nutnosti demontáže motoru. Významní výrobci motorů za tímto účelem plánují použití miniaturních robotů, kteří by někdy v budoucnu mohli být schopni i opravit nalezené poškození.

3.2. Palivo regulační systém

Palivo-regulační systém motoru musí být schopen automaticky nastavit potřebné množství paliva pro požadovaný výkon motoru, provést korekce podle změny okolní teploty nebo tlaku vzduchu. Musí být schopen zajistit rychlou akceleraci i deceleraci motoru. Systémy mohou být buď plně hydro – mechanické, které jsou komplikované, mají vysokou hmotnost a jsou náročné na údržbu, nebo jde o rozšířené systémy hydro-

mechanické s elektronickou podporou, kdy vyšší řídicí funkce zajišťuje elektronické řízení při existenci možnosti nouzového mechanického ovládní. Plně digitální řízení motoru typu dvoukanálový FADEC není v této kategorii motorů obvyklé.

Z hlediska poruch jde o komponentu, která na turbínových motorech vykazuje nevyšší míru poruchovosti například u rodiny PT6A byla závada FCU identifikována ve 30 případech v průběhu 10 roků (Australian Transport Safety Bureau, 2018). Na druhou stranu závada na FCU nemusí nutně znamenat vysazení motoru. Za určitých okolností může pilot převzít některé funkce FCU a dokončit let.

Predikce poruch FCU může být založena na monitorování parametrů motoru – identifikace nesprávně dávkovaného množství v kombinaci se statistickým sledováním, kdy je možné vytipovat projevení určitého konstrukčního nedostatku FCU.

3.3. Zadření ložisek motoru

Nejde o běžnou poruchu motoru, ale v provozu se vyskytuje. V rámci provedené analýzy byly zaznamenány dva případy zadření ložiska generátorové turbíny u motorů PT6A. Nejčastěji se může vyskytnout při nízkých otáčkách, kdy jsou ložiska motoru nedostatečně mazána a chlazena olejem. Při této poruše vždy dochází k vážnému až destruktivnímu poškození motoru. Zadření mohou předcházet vibrace motoru. Obdobným poruchám předchází degradace oleje, proto se jako prevence se doporučují pravidelné tribologické rozbory oleje.

3.4. Nesprávná funkce regulátoru vrtule

Jelikož turbínové motory pracují optimálně při návrhových otáčkách, bývají tyto motory vybaveny vrtulemi konstantních otáček. Regulátory těchto vrtulí bývá poměrně komplikovaný hydro-mechanický systém. Tyto systémy trpí na několik neduhů plynoucích z jejich konstrukce. Jedním z nich bývá tzv. překmit otáček vrtule, který se může projevit v převýšení až o 200 RPM nad požadovanou hodnotu v důsledku pomalejší reakce vrtule na akceleraci motoru. Tím může docházet k přetěžování reduktoru a jeho únavové poškození. U některých typů regulátorů není možné při pozemním testování dosáhnout 100% otáček vrtule, regulátor musí být seřízen tak, aby se motor nepřetácel při odlehčení vrtule po akceleraci na letovou rychlost. Na zemi je možné dosáhnout přibližně okolo 94% maxima RPM to ale neumožňuje řádně vyzkoušet omezovač otáček, který spíná při dosažení maximálních otáček. Regulátory vrtule někdy trápí úniky oleje a nespolehlivost některých ventilů v důsledku vniknutí nečistot. Z tohoto důvodu hlavní prevencí zůstává pečlivá údržba a statistické sledování možných závad.

4. Prevence poruch

Ačkoliv mechanickou závadu na složitém stroji, kterým turbovrtulový motor je, nelze nikdy zcela vyloučit, je možné správným přístupem k provozování motoru snížit pravděpodobnost výskytu některých vážných poruch.

4.1. Zamezení horkým startům

Turbínové motory jsou extrémně citlivé na teploty spalin procházející přes turbínu. Nadlimitní teploty nesnesou déle než několik vteřin, aniž by došlo k vážnému poškození lopatkování turbíny. Již z principu spouštění motoru dosahuje ITT během spouštění velmi vysokých teplot. Pro eliminaci možného přehřátí mají motory předepsané minimální otáčky pro otevření

přívodu paliva do spalovací komory. Tyto otáčky ale také závisí na vnějších podmínkách: teplota, tlak, vítr stav startéru atd.. Z tohoto důvodu zůstává na pilotovi pečlivé monitorování ITT teploty a akcelerace motoru až do chvíle, kdy motor dosáhne stabilní rychlosti. Úspěšné spuštění motoru také velmi závisí na zajištění správného minimálního napětí palubní baterie před zahájením startovní sekvence.

Zabránění těmto nežádoucím stavům je dnes možné s využitím elektronických prostředků. Na trhu je k dispozici řada limiterů, které mají za úkol monitorovat proces spouštění a případně varovat posádku. Na druhou stranu, v řadě případů jsou piloti těchto letadel odkázáni jen na palubní zdroje a potřebují letět. Z pohledu zákazníka je pak důležité, aby tyto systémy nejen limitovaly, ale také aby optimalizovaly spouštění i za zhoršených podmínek.

4.2. Sledování trendů parametrů pohonné jednotky

V současnosti všichni výrobci nabízí programy sledování stavu pohonné jednotky monitorováním vývoje trendů, které slouží jako včasná diagnostika blížící se poruchy. Pro některé druhy provozů, např. ETOPS, je sledování stavu motoru takovýmto programem nevyhnutelnou nutností. Obecně je monitorování stavu leteckých motorů založeno na třech základních aspektech: a) monitorování a zaznamenávání provozních a letových parametrů pomocí senzorů, b) vývoj modelů simulující chování a parametry motoru za různých podmínek a c) vývoj komplexního systému pro diagnostiku a předpovídání opotřebení či poruch motoru.

Každý systém pro sledování stavu by měl být v rovnováze mezi technickými a provozními přínosy. Každý provozovatel chce získat odpovídající protihodnotu k vynaloženým nákladům. Pro ilustraci, více různých senzorů může zajistit větší množství informací o chování motoru, ale současně se zvyšují náklady na tyto senzory ale i také náklady na zpracování velkých objemů dat. Míra eliminace selhání motoru a neplánového servisu se ale nemusí úměrně snížit k vynaloženým nákladům. Z tohoto důvodu se jako optimální cesta jeví maximalizovat využití dat, která poskytují stávající senzory na palubě letadla.

Na trhu také existují řešení nabízená výrobcem avioniky. Například, společnost Garmin má do některých řad své avioniky implementován systém monitorování stavu pohonné jednotky, kdy je možné data z pohonných jednotek také párovat s letovými údaji. Takto získaná data mohou podstatně zkvalitnit systém monitorování stavu pohonné jednotky.

5. Závěr

Turbínové motory v uplynulých dekádách významně zvýšili svoji spolehlivost, takže je dnes možné jejich využití i komerčním provozu jednomotorových letadel. Úplná ztráta výkonu pohonné jednotky je dnes vzácnou událostí, ale pořád existuje šance, že k ní dojde. Stále totiž zůstává obtížné předvídat možné selhání turbínové lopatky nebo únavové lomy v konstrukci motoru i přes intenzivní výzkum v této oblasti. Článek nabízí pohled na současné problémy a nejběžnější příčiny selhání pohonných jednotek u jednomotorových turbopropových letadel. Další průlom ve zvýšení spolehlivosti pohonných jednotek by mohl vést k většímu rozvoji regionálních linek, které by mohly být obsluhovány jednomotorovými a jedno pilotními letadly.

Acknowledgements

Authors gratefully acknowledge financial support provided by the ESIF, EU Operational Programme Research, Development and Education within the research project Center of Advanced Aerospace Technology (Reg. No.: CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000826) at the Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology.

Reference

- Australian Transport Safety Bureau, 2018. Power plant failures in turboprop-powered aircraft, ATSB Transport Safety Report, Occurrence Investigation AR-2017-017, available at www.atsb.gov.au
- ECORYS, 2016. Study on High Performance Aircraft <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Study%20on%20high%20performance%20aircraft%20Final%20Report%20V02.pdf>
- Joop H., 1953. Wagenmakers, from Final Report of the Standing Committee on Performance, Doc. 7401-AIR/OPS/612, International Civil Aviation Organization, Montreal, Canada,
- Robert, E., 2015. Single-Engine Turboprop Aircraft Accident Analysis. Breiling Associates, Inc.

FINANCING OF AIR TRANSPORT IN CONTEXT OF EUROPEAN UNION LEGISLATION: CASE STUDY OF SLOVAK REGIONAL AIRPORTS

LEGISLATÍVNE ASPEKTY PODPORY LETECKEJ DOPRAVY Z ÚROVNE EURÓPSKEJ ÚNIE V OBLASTI FINANCOVANIA: PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA SLOVENSKÝCH REGIONÁLNYCH LETÍSK

Denisa Švecová

Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
denisa.svecova@pedas.uniza.sk

Alena Novák Sedláčková

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

Abstract

This paper deals with the current position of regional airports in the Slovak Republic with focused on the legislative aspects of their financing with acceptance of state aid rules and the legislative framework of EU. Each of regional airports is specific with some short- or long-term problems. These problems are mainly related on the underutilized potential, stagnation of scheduled flights, as well as not enough sources of financing modernization of airport infrastructures from public sources. That significantly impacts the operability and is reflected on the economic performance of each airport operator operating the airport. The business models of regional airports haven't been uniformly defined yet. The models depend on the different types of ownership and methods of financing. Within the EU, most regional airports have unused capacity. It is difficult for the regional airport to break even, not only due to low throughput volumes but also limited other resources of income which represents the substantial part of middle and large airport revenues. Furthermore, small airports (with an annual throughput under 200 000 passengers) are considered not to be able to cover their operational costs and therefore, must be subsidized. Therefore, the choice of a suitable business model of regional airport is very important. The new EU rules declare the importance of focus on the right business model and stipulate on the necessary adaption on the new market environment by differentiating the business models. However, maintaining regional airports is crucial for promoting social cohesion, EU development and increasing the competitiveness of the EU as a whole.

Keywords

State Aid, Air Transport, Regional Airport, EU legislation

1. Úvod

V súčasnosti sú letiská všeobecne považované za inštitúcie s výrazným hospodárskym a sociálnym významom pre okolité regióny, pričom tento význam presahuje úlohu letiska v tradičnom ponímaní, ktorou je zabezpečiť dopravnú dostupnosť regiónu vzduchom. Letiská predstavujú základnú infraštruktúru na podporu regionálneho, ekonomického a sociálneho rastu; zároveň ide o subjekty s významným prínosom pre širšie spektrum subjektov a pre spoločnosť ako celok; a navyše, letiská majú schopnosť generovať výnosy z investícií v prospech svojich akcionárov. Vzhľadom na rozširovanie Európskej Únie a narastajúce vzdialenosti, letecká doprava ako jedno z najrýchlejších a najdynamickejších sa rozvíjajúcich odvetví dopravy, zohráva čoraz dôležitejšiu úlohu v súvislosti s integráciou Európy. Súčasne dochádza k rozširovaniu konkrétneho ekonomického a sociálneho významu letísk a ich vplyvu na hospodárstvo SR, ich úloha v spoločensko-ekonomickom rozvoji krajín a regiónov je nespochybniteľná. Zatiaľ, čo v minulosti boli letiská súčasťou administratívno-správnych štruktúr krajín a v ich zriadení prevažovali prevádzkové aspekty, v rámci celosvetových reforiem infraštruktúrnych systémov sa riadenie letísk zmenilo – prebehla decentralizácia verejného vlastníctva, korporatizácia a v niektorých prípadoch aj privatizácia (Graham, 2013).

Letiská v súčasnosti predstavujú podnikajúce subjekty, na ktoré sa postupne transformujú z pôvodne pasívnych prvkov

logisticko-dopravnej siete (Tomová a kol., 2016). Takéto zmeny sú podporované rastúcou konkurenciou letísk v podmienkach liberalizovaných trhov so službami leteckej dopravy. Modely podnikania letísk sa dostávajú do popredia ako problém ekonomického výskumu aj hospodárskej praxe, pričom doteraz nie je vyriešená definícia samotného pojmu. Tomová a Materna (2016) pomocou lingvistickej analýzy definícií potvrdili názor Osterwaldera a Pigneura (2010) ohľadom definície modelu podnikania, t.j., že model podnikania je spôsob podnikania a organizácia činností podniku, ktorými sa vytvára hodnota pre zákazníka.

Modely podnikania regionálnych letísk neboli doteraz dostatočne preskúmané - z hľadiska organizačno-vlastníckeho statusu a financovania, letiská sú v rámci EÚ fragmentované, čo potvrdil aj ACI (2016). Zároveň majú regionálne letiská v EÚ rozdielny organizačno-vlastnícky status a vzhľadom na ich rôznorodosť, je možné predpokladať niekoľko modelov podnikania regionálnych letísk, ktoré však doteraz neboli identifikované a preskúmané (Novák Sedláčková & Švecová, 2018). V rámci EÚ má väčšina regionálnych letísk nevyužitú kapacitu, čo neumožňuje využívanie úspor z rozsahu, regionálne letiská dosahujú nižšie úrovne rastu výkonov v porovnaní s priemerom iných letísk, klesá priama konektivita regionálnych letísk (ACI, 2015). Výber vhodného modelu podnikania regionálnym letiskom je dôležitá pre zníženie nárokov na financovanie letiska z verejných zdrojov a v určitých prípadoch aj pre zachovanie prevádzky, resp. reguláciu daného letiska

(Novák Sedláčková & Novák, 2010). Podľa pôvodného znenia Usmernenia o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti (2014) by nemala byť prevádzková pomoc letiskám zo štátu možná po skončení prechodného obdobia (po roku 2020) a svoju činnosť by mali financovať z vlastných zdrojov. Sprísnením a stanovením týchto pravidiel EÚ v oblasti štátnej pomoci letiskám a pomoci z verejných zdrojov dochádzalo k tlaku na manažment regionálnych letísk, aby hľadal efektívne modely svojho podnikania. Orientáciu regionálnych letísk na podnikanie zdôrazňujú nové pravidlá EÚ o poskytovaní štátnej pomoci letiskám, v ktorých stanovujú, že regionálne letiská by sa mali prispôbiť novému trhovému prostrediu diferencovaním svojich obchodných modelov. Tento zámer bol však v priebehu času na základe postupného vývoja trhu leteckej dopravy ako aj postavenia letísk upravený s prihliadnutím na veľkosť letísk, resp. regionálne letiská, ktorým môže byť prevádzková alebo investičná pomoc poskytnutá. V rámci podmienok SR je význam výskumu modelov podnikania regionálnych letísk naliehavý, vzhľadom na problémy s financovaním a zachovaním prevádzkyschopnosti letísk (napr. medializované letiská Žilina a Piešťany). SR na rozdiel od iných krajín (Írsko), nevyužila priestor pre štátnu pomoc regionálnym letiskám s potrebou notifikácie Európskej Komisii a taktiež nepredložila ucelený národný rozvojový program pre regionálne letiská, čím sa zaradila ku krajinám, ktoré pristúpili k novým pravidlám bez potrebného ofenzívneho prístupu (Tomová & Lukáč, 2016). Postupné zmeny nastávajú až v roku 2019, kedy Ministerstvo dopravy a výstavby a regionálneho rozvoja SR pripravilo návrh zákona o odplatách a o poskytovaní príspevkov v civilnom letectve a o zmene a doplnení niektorých zákonov, ktorý bol pripomienkovaný aj odbornou verejnosťou.

2. Súčasný stav regionálnych letísk a legislatívne aspekty upravujúce ich financovanie

Pre riešenie problematiky súčasného stavu regionálnych letísk na území Slovenskej republiky, je nevyhnutné vymedziť pojmy „letisko“, „regionálne letisko“ a „malé letisko“. Pojem „letisko“ je možné definovať z viacerých pohľadov, pričom v Slovenskej republike je legislatívna základňa pre letiská tvorená predpisom L14¹, podľa ktorého je letisko (aerodrome) „vymedzená plocha na zemi alebo na vode (vrátane budov, zariadení a vybavenia) určená buď úplne alebo sčasti na odlety, prílety a pozemné pohyby lietadiel.“ Najdôležitejší predpis v oblasti civilného letectva na území SR je zákon č. 143/1998 Z.z. o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov, ktorý v § 2 písm. h) Článku I. definuje letisko ako „územne vymedzenú plochu trvalo alebo dočasne určenú na vzlety a pristátia lietadiel a s tým súvisiace činnosti, na ktorej sú umiestnené letecké pozemné zariadenia a ďalšie objekty slúžiace leteckej prevádzke.“ Podľa písm. k) je malé letisko „verejné letisko s prevádzkou s ročným priemerom menej ako dva dopravné lety za deň alebo s prevádzkou obmedzenou na lietadlá do desať ton maximálnej vzletovej hmotnosti alebo s kapacitou do 20 miest na sedenie, alebo na lety všeobecného letectva.“ Nariadenie Komisie (EÚ) 2017/1084, ktorým sa mení nariadenie (EÚ) č. 651/2014, pokiaľ ide o pomoc na prístavnú a letiskovú infraštruktúru v článku 2 ods. 153 definuje pojem

regionálne letisko ako „letisko s priemerným ročným objemom do troch miliónov cestujúcich.“

V súčasnosti sa na Slovensku nachádza šesť verejných letísk oprávnených na vykonávanie medzinárodnej obchodnej prevádzky a na poskytovanie služieb pozemnej obsluhy, požiarnej a záchranej služby a letových prevádzkových služieb: Letisko Bratislava, Košice, Sliač, Žilina, Piešťany a Poprad-Tatry; každé z letísk má právnu formu akciovej spoločnosti a štát v zastúpení Ministerstvom dopravy a výstavby Slovenskej republiky (ďalej len „ministerstvo“) je akcionárom každej z letiskových spoločností. Podiel Ministerstva na vlastníctve sa pohybuje v rozmedzí od 100% na letiskách Bratislava a Sliač; cez 99,535% na Letisku Žilina, 34% v Košiciach a 20,65% na Letisku Piešťany² (Kazda, 2017). Letisko Sliač je prevádzkované v spolupráci s Ministerstvom obrany SR (Kazda & Novák Sedláčková, 2018) Vo všeobecnosti je možné skonštatovať, že každé z nich má jedinečné postavenie v rámci regiónu, ktorému slúži, každé z nich je špecifické, nachádza sa v určitej situácii a krátkodobo či dlhodobo čelí niekoľkým problémom spojených najmä s ich nedostatočne využitým potenciálom, stagnáciou pravidelných leteckých liniek, ako aj financovaním modernizácie letiskových infraštruktúr z verejných zdrojov a viažanosťou na európsku legislatívu v súvislosti s poskytovaním štátnych subvencií, čo významne vplyva na prevádzkyschopnosť a odráža sa na ekonomických výkonoch jednotlivých letiskových spoločností. K malým regionálnym letiskám na území SR môžeme zaradiť: Letisko Piešťany, Sliač, Žilina a Poprad-Tatry. Financovanie malých regionálnych letísk je potrebné vnímať ako dlhodobý európsky problém (Tomová & Švecová, 2018) a existuje niekoľko prístupov z úrovne EÚ upravujúcich túto problematiku. Hoci súčasný právny rámec predstavuje Nariadenie Komisie (EÚ) 2017/1084 zo 14. júna 2017, ktorým sa mení Nariadenie Komisie (ES) č. 651/2014 pokiaľ ide o pomoc na prístavnú a letiskovú infraštruktúru..., pôvodne financovanie regionálnych letísk upravovali pravidlá štátnej pomoci letiskám v EÚ, ktoré boli súčasťou zmien vedúcich k jednotnému trhu so službami leteckej dopravy a vyvíjali sa v troch základných etapách, a to (Obrázok 1):

- 1. etapa (1984 – 2005): v tejto etape neexistovali osobitné pravidlá štátnej pomoci pre letiská;
- 2. etapa (2005 – 2014): uplatňovali sa špecifické pravidlá týkajúce sa financovania letísk a štátnej pomoci na začatie činnosti pre letecké spoločnosti s odletom z regionálnych letísk, vychádzajúce z Oznámenia komisie: Usmernenia týkajúce sa financovania letísk a štátnej pomoci na začatie činnosti pre letecké spoločnosti s odletom z regionálnych letísk (2005/C 312/01) a
- 3. etapa (od roku 2014): pravidlá sa vzťahujú na štátnu pomoc letiskám a leteckým spoločnostiam vychádzajúce z Oznámenia komisie: Usmernenia o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti (2014/C 99/03) (Novák Sedláčková & Švecová, 2018).

¹ Predpis L14 – I. zväzok Letiská: Navrhovanie a prevádzka letísk

² Údaje prevzaté z Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR k septembru 2018.



Obrázok 1: Etapy vývoja pravidiel štátnej pomoci letiskám v EÚ. (Zdroj: Autori)

Z vyššie uvedeného vyplýva, že prvé pravidlá pre štátnu pomoc letiskám v EÚ boli prijaté v roku 2005 a nové pravidlá, prijaté v podobe Oznámenia komisie: Usmernenia o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti (2014/C 99/03), sú platné od roku 2014 a umožňujú poskytovanie:

- investičnej pomoci letiskám;
- prevádzkovej pomoci letiskám;
- pomoci leteckým spoločnostiam na začatie činnosti a
- štátnej pomoci vo forme náhrady za služby vo verejnom záujme³ (a sociálna pomoc) (Tomová, 2017).

2.1. Pravidlá štátnej pomoci

Oznámenie komisie: Usmernenia o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti (2014/C 99/03) definuje investičnú pomoc ako „pomoc na financovanie hmotného kapitálového majetku, najmä na pokrytie schodku financovania kapitálových nákladov.“ Komisia pre potreby pravidiel investičnej pomoci na financovanie investícií do infraštruktúry rozdelila letiská do piatich kategórií (Obrázok 2).



Obrázok 2: Kategórie letísk pre potreby investičnej pomoci. (Zdroj: Autori)

Schodok financovania sa líši na základe veľkosti letiska a spravidla je väčší v prípade menších letísk; v závislosti od veľkosti letiska určenej na základe ročného objemu cestujúcich, maximálna intenzita pomoci je rozdelená do troch skupín, ako zobrazuje Tabuľka 1. Pre letiská vo vzdialených regiónoch bez ohľadu na ich veľkosť, sa maximálna intenzita pomoci môže zvýšiť až o 20 %. Letiská s priemerným počtom cestujúcich do 1 milióna, by mali prispievať k financovaniu sumou vo výške najmenej 25 % (Tomová, 2017).

Tabuľka 1: Maximálna prípustná intenzita investičnej pomoci. Zdroj: vlastná tabuľka vychádzajúca z Usmernenia o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti (2014)

INVESTIČNÁ POMOC LETISKÁM	
Veľkosť letiska na základe priemerného objemu cestujúcich	Maximálna intenzita investičnej pomoci
Viac ako 3-5 miliónov	Max. 25%
1-3 milióny	Max. 50%
Menej ako 1 milión	Max. 75%

Pravidlá prevádzkovej pomoci

Podľa bodu 2.2 Oznámenia komisie: Usmernenia o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti (2014/C 99/03), je prevádzková pomoc pomocou na pokrytie „schodku prevádzkového financovania“, buď vo forme počiatočných platieb alebo pravidelných splátok na pokrytie očakávaných prevádzkových nákladov (pravidelné paušálne platby). V záujme primeranosti sa prevádzková pomoc musí obmedziť na minimum nevyhnutné pre uskutočňovanie podporovanej činnosti. Pre potreby pravidiel štátnej pomoci letiskám na prevádzku sa letiská delia do piatich kategórií (Obrázok 3).



Obrázok 3 – Kategórie letísk pre potreby prevádzkovej pomoci. (Zdroj: Autori)

Ako uvádza Usmernenie o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti (2014), pravidlá vychádzajú z toho, že letiská s počtom cestujúcich do 200 000 ročne nemusia byť schopné pokryť veľkú časť svojich prevádzkových nákladov; taktiež letiská s počtom cestujúcich od 200 000 do 700 000 ročne nemusia byť schopné pokryť veľkú časť svojich prevádzkových nákladov; letiská s počtom cestujúcich 700 000 až 1 milión za rok by mali byť schopné pokryť väčšinu prevádzkových nákladov; letiská s 1 až 3 miliónmi cestujúcich za rok by mali byť schopné pokryť väčšinu prevádzkových nákladov a letiská s viac ako 3 miliónmi cestujúcich sú zvyčajne ziskové a mali by byť schopné pokryť svoje prevádzkové náklady. Podľa pravidiel, nie je možné poskytnúť prevádzkovú pomoc letisku s priemerným počtom cestujúcich viac ako tri milióny ročne. Pre letiská nad 700 000 cestujúcich je maximálna prípustná suma pomoci počas celého prechodného obdobia obmedzená na 50 % pôvodného schodku financovania na obdobie desiatich rokov; maximálna prípustná suma pomoci pre letiská do 700 000 cestujúcich ročne sa zvýšila na 80 % pôvodného schodku financovania na obdobie piatich rokov po začiatku prechodného obdobia, ktoré sa začalo 4. apríla 2014 (Novák Sedláčková & Švecová, 2018). Z pravidiel vyplýva, že najneskôr do desiatich rokov od začiatku prechodného obdobia musia všetky letiská dosiahnuť plné pokrytie svojich prevádzkových nákladov, čo znamená, že po tomto dátume žiadna štátna pomoc na prevádzku letiska

³ Služby vo verejnom záujme poskytované dopravcami upravuje Nariadenie (ES) č. 1008/2008.

nebude možná. Výnimku tvorí špecifická prevádzková pomoc (Tomová, 2017).

2.2. Pravidlá pomoci leteckým spoločnostiam na začatie činnosti

Pod pojmom „pomoc leteckým spoločnostiam na začatie činnosti“ sa podľa Usmernenia o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti (2014), rozumie spustenie novej linky alebo nového cestovného poriadku zahŕňajúceho častejšie služby. Letiská sú rozdelené pre potreby pravidiel pomoci leteckým spoločnostiam na začatie činnosti do troch kategórií (Obrázok 4). Výška pomoci na začatie činnosti leteckých spoločností môže pokryť až 50% letiskových poplatkov týkajúcich sa trasy, pričom je možné poskytnúť takúto pomoc maximálne na dobu troch rokov. Preto by sa v ex ante vypracovanom podnikateľskom pláne leteckou spoločnosťou malo stanoviť, že trasa financovaná zo štátnej pomoci má minimálne po troch rokoch vyhladiť na to, aby sa stala ziskovou (Usmernenia o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti, 2014).



Obrázok 4: Kategórie letísk pre pomoc leteckým spoločnostiam na začatie činnosti (Zdroj: Autori)

Pravidlá štátnej pomoci vo forme náhrady za služby vo verejnom záujme

Pravidlá vychádzajú z rozsudku *Altmark*, v ktorom boli definované pravidlá týkajúce sa verejného financovania za poskytnutie služieb všeobecného hospodárskeho záujmu. Letiskám môže byť pridelená služba všeobecného hospodárskeho záujmu, ak by časť oblasti potenciálne obsluhovanej letiskom bola bez letiska izolovaná od zvyšku EÚ v takom rozsahu, ktorý by zabraňoval jej hospodárskemu či sociálnemu rozvoju. Letisku môže byť uložený záväzok služby vo verejnom záujme, ktorý by zaručil, že letisko zostane pre komerčnú dopravu otvorené. Pravidlá štátnej pomoci vo forme náhrady za služby vo verejnom záujme sú oslobodené od požiadavky na oznamovanie za splnenia dvoch podmienok:

- letisko má počet cestujúcich do 200 000 za rok a
- letecké spoločnosti, pokiaľ ide o linky na ostrovy, majú počet cestujúcich do 300 000.

Prehľad najvýznamnejších zmien, ktorým podliehali pravidlá štátnej pomoci pre letiská počas druhej a tretej etapy, teda v období platnosti Usmernení týkajúcich sa financovania letísk a štátnej pomoci na začatie činnosti pre letecké spoločnosti s odletom z regionálnych letísk (2005/C 312/01) a Usmernení o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti (2014/C 99/03), sú zobrazené v Tabuľke 2.

Tabuľka 2: Komparácia najvýznamnejších zmien pravidiel štátnej pomoci letiskám v rokoch 2014 a 2005. Pozn. skrátené. (Zdroj: vlastné spracovanie vychádzajúce z Usmernení (2014/C 99/03) a (2005/C 312/01), 2005 a 2014).

KOMPARÁCIA PRAVIDIEL ŠTÁTNEJ POMOCI		
	Usmernenia o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti (2014/C 99/03)	Usmernenia týkajúce sa financovania letísk a štátnej pomoci na začatie činnosti pre letecké spoločnosti s odletom z regionálnych letísk (2005/C 312/01)
Formy pomoci letiskám	<ul style="list-style-type: none"> ❖ investičná pomoc; ❖ prevádzková pomoc; ❖ pomoc leteckým spoločnostiam na začatie činnosti; ❖ pomoc sociálneho charakteru; ❖ štátna pomoc vo forme náhrady za služby vo verejnom záujme. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ financovanie výstavby letiskových infraštruktúr a vybavenia letísk; ❖ financovanie letiskovej infraštruktúry; ❖ financovanie letiskových služieb; ❖ pomoc leteckým spoločnostiam na začatie činnosti; ❖ štátna pomoc vo forme náhrady za služby vo verejnom záujme.
Investičná pomoc	<ul style="list-style-type: none"> ❖ poskytuje sa letiskám do 5 miliónov cestujúcich prepravených ročne. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ poskytuje sa letiskám kategórie D do 1 milióna cestujúcich za rok, ktoré zabezpečujú prevádzkovanie služby verejného hospodárskeho záujmu.
Maximálna intenzita pomoci	<ul style="list-style-type: none"> ❖ viac ako 3-5 miliónov: max. 25%; ❖ 1-3 milióny: max. 50%; ❖ menej ako 1 milión: max. 75%; ❖ vzdialené letiská: +20%. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ suma kompenzácie by nemala presiahnuť sumu nutnú na pokrytie nákladov vzniknutých pri vykonávaní záväzkov služby vo verejnom záujme, so zreteľom na príjmy a primeraný zisk.
Prevádzková pomoc (subvencie)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ poskytuje sa letiskám do 3 miliónov cestujúcich ročne, nad 3 milióny musia byť letiská sebestačné. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ subvencie boli poskytované letiskám do 2 miliónov cestujúcich ročne, nad 2 milióny museli byť letiská sebestačné.
Verejné financovanie služieb VHZ	<ul style="list-style-type: none"> ❖ poskytuje sa: letiskám do 200 000 cestujúcich počas trvania poverenia výkonom služby VHZ a leteckým spoločnostiam (letecké linky na ostrovy) do 300 000 cestujúcich ročne. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ poskytuje sa letiskám kategórie D, do 1 milióna cestujúcich ročne.

2.3. Prehľad súčasných legislatívnych pravidiel upravujúcich štátnu pomoc pre regionálne letiská

Dňom 14. júna 2017, kedy nadobudlo platnosť najnovšie *Nariadenie komisie (EÚ) 2017/1084, ktorým sa mení nariadenie (EÚ) č. 651/2014, pokiaľ ide o pomoc na prístavnú a letiskovú infraštruktúru, stropy vymedzujúce notifikačnú povinnosť pri pomoci na kultúru a zachovanie kultúrneho dedičstva a pri pomoci na športovú a multifunkčnú rekreačnú infraštruktúru, ako aj schémy regionálnej prevádzkovej pomoci pre najvzdialenejšie regióny, a ktorým sa mení nariadenie (EÚ) č. 702/2014 z hľadiska výpočtu oprávnených nákladov*, sa pravidlá poskytovania štátnej pomoci na úrovni EÚ pre malé regionálne letiská značne zjednodušili a strop so zjednodušenými pravidlami pre malé regionálne letiská bol stanovený do 200 000 cestujúcich ročne. V súlade s *Usmerneniami o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti (2014/C 99/03)* bolo možné dotovať letiská aj pred dátumom, kedy *Nariadenie komisie (EÚ) 2017/1084 (ďalej len Nariadenie)* vstúpilo do platnosti, no Usmernenia boli administratívne náročné a obsahovali niekoľko obmedzení. Z Usmernení o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti vyplýva, že za predpokladu splnenia určitých podmienok, investičná pomoc pre regionálne letiská nespôsobuje neprípustné narušenie hospodárskej súťaže ani obchodu. Podľa *Nariadenia (EÚ) č. 651/2014* sa na investičnú pomoc pre regionálne letiská vzťahuje skupinová výnimka, a rovnako sa nepovažuje za vhodné stanoviť strop vymedzujúci notifikačnú povinnosť ako výšku pomoci, vzhľadom na fakt, že vplyv opatrenia pomoci na hospodársku súťaž nezávisí od objemu pomoci, ale od veľkosti letiska. *Nové Nariadenie EK* zahŕňa dve podmienky, ktoré by mala investičná pomoc spĺňať, aby bola primeraná, pričom pri veľmi malých letiskách do

200 000 cestujúcich ročne by malo byť požadované len splnenie jednej z uvedených podmienok:

- intenzita pomoci by nemala prekročiť maximálnu prípustnú intenzitu pomoci, ktorá sa líši v závislosti od veľkosti letiska a
- výška pomoci by nemala presiahnuť rozdiel medzi oprávnenými nákladmi a prevádzkovým ziskom investície.

V prípade veľmi malých letísk je „značné narušenie hospodárskej súťaže nepravdepodobné.“ *Nariadenie ďalej v Článku 56 a) Oddiel 14 (Pomoc pre regionálne letiská)* pojednáva o ďalších požiadavkách vo vzťahu k investičnej pomoci:

- Letisko musí byť otvorené pre všetkých potenciálnych používateľov a ak dôjde k fyzickému obmedzeniu kapacity, tak je pridelovanie uskutočňované na základe objektívnych, vecných, transparentných a nediskriminačných kritérií.
- Pomoc sa neposkytuje na premiestnenie existujúcich letísk alebo na vznik nového letiska, ktoré prevádzkuje osobnú dopravu.
- Výška investičnej pomoci nesmie presiahnuť rozdiel medzi oprávnenými nákladmi a prevádzkovým ziskom investície. Prevádzkový zisk bude odpočítaný ex ante od oprávnených nákladov na základe odhadov alebo mechanizmom spätného vymáhania.
- Výška investičnej pomoci nemôže presiahnuť:
 - a) 50% oprávnených nákladov pre letiská s priemerným počtom cestujúcich od 1 až 3 miliónov ročne, v období dvoch finančných rokov predchádzajúcich roku, v ktorom je pomoc skutočne poskytnutá a
 - b) 75% oprávnených nákladov pre letiská s priemerným počtom cestujúcich do 1 milióna ročne, v období dvoch finančných rokov predchádzajúcich roku, v ktorom je pomoc skutočne poskytnutá.

Podľa *Nariadenia*, prevádzková pomoc pre veľmi malé letiská s prepravou do 200 000 cestujúcich ročne nespôsobuje neprípustné narušenie obchodu ani hospodárskej súťaže za predpokladu, že sú splnené určité podmienky, ktoré majú zaistiť, aby výška pomoci nepresahovala prevádzkové straty a primeraný zisk, ako aj otvorený a nediskriminačný prístup k infraštruktúre. Prevádzková pomoc nebude poskytovaná letiskám s priemerným počtom cestujúcich nad 200 000 ročne, počas dvoch finančných rokov predchádzajúcich roku, v ktorom pomoc bola skutočne poskytnutá; prevádzková pomoc nebude vyplatená za žiaden kalendárny rok, v prípade, že počas neho ročný počet cestujúcich presiahne 200 000.

3. Záver

Za účelom analýzy súčasného stavu regionálnych letísk na území SR s ohľadom na podporu leteckej dopravy z úrovne EÚ v oblasti

financovania, sme oslovili viacero odborníkov zaoberajúcich sa danou problematikou. Na základe ich vyjadrení môžeme skonštatovať, že hoci letiskové spoločnosti prevádzkujúce malé regionálne letiská na území SR majú veľký potenciál pre jednotlivé regióny a ich rozvoj, každé z letísk sa nachádza v špecifickej situácii s konkrétnymi prevažne finančnými problémami, ktorým dlhodobo čelí. Medzi hlavné problémy patrí: financovanie modernizácie letiskovej infraštruktúry a jej výstavby z verejných zdrojov (berúc do úvahy štátny rozpočet) a viazanosť Ministerstva európskou legislatívou týkajúcou sa štátnej podpory, ako aj skutočnosť, že po zániku Slovenskej správy letísk⁴ nebol vytvorený efektívny spôsob pre udržanie regionálnych letísk a komplexný strategický plán na rozvoj civilného letectva v SR ako celku. Ďalší aspekt predstavujú letecké spoločnosti a ich fungovanie – v období rokov 1993 až 2009 došlo k zániku takmer všetkých na Slovensku registrovaných leteckých spoločností, ktoré vykonávali pravidelnú alebo nepravidelnú prepravu osôb. Z toho dôvodu prevádzka slovenských regionálnych letísk (s výnimkou Letiska Bratislava, Košice a Poprad-Tatry) závisí prevažne od charterových letov a medzinárodného turizmu, pričom poskytujú nepravidelné letecké spojenia, kým tie pravidelné stagnujú.

Napriek tomu, že záujem cestujúcich o využitie leteckej dopravy a letiska v regióne je základným indikátorom jeho ďalšieho možného rastu a rozvoja regiónov a štátu (Lazara a kol., 2015 a Kurdel a kol., 2015), nebol do roku 2019 zo strany SR vyvinutý dostatočný záujem o vytvorenie „národného rámcu“ a stanovenia národných pravidiel a podmienok za ktorých by regionálne letiská mohli byť podporované v súlade s aktuálne platnou legislatívou EÚ. SR nereagovala dostatočne flexibilne na zmeny európskej legislatívy a hlavne nebola pripravená na možnosti aplikácie a využitia vyššie uvedených zmien. Koncom roka 2018 bol vytvorený návrh zákona o odplatách a o poskytovaní príspevku v civilnom letectve a o zmene a doplnení niektorých zákonov, ktorého súčasťou bolo aj vytvorenie základnej legislatívnej možnosti poskytnutia finančného príspevku regionálnym letiskám v SR, čo sú v súlade s definíciou nariadenia EÚ všetky medzinárodné letiská na Slovensku, tj. aj letisko Bratislava. V tomto návrhu zákona je uvedené v § 12 ods. 2, že „Ministerstvo môže v príslušnom rozpočtovom roku poskytnúť príspevok na: a) bezpečnostnú ochranu letiska, b) výkon záchranných a hasičských služieb na letisku, c) prevádzku letiskovej infraštruktúry (ďalej len „prevádzková pomoc“), d) investície do letiskovej infraštruktúry (ďalej len „investičná pomoc“), e) odbavenie letov oslobodených od odplát a f) refundáciu výdavkov spojených s poskytovaním letových prevádzkových služieb letom oslobodeným od odplát.“ V nadväzujúcom ods. 3 je uvedené, že „Vyšší územný celok alebo obec môže v príslušnom rozpočtovom roku poskytnúť príspevok podľa odseku 2 písm. b) až d).“ No zároveň je v návrhu zákona uvedené, že „invešičnú a prevádzkovú pomoc“ je možné poskytnúť do výšky ustanovenej osobitným predpisom zohľadňujúc majetkovú účasť poskytovateľa u žiadateľa alebo iný podiel poskytovateľa na majetku alebo podnikaní u žiadateľa v čase podania žiadosti. Zjednodušene to znamená, že toto ustanovenie umožňuje vznik tzv. „diskriminačný princíp“, kedy môže byť poskytnutý finančný príspevok na investičnú

⁴ Slovenská správa letísk bola štátna príspevková organizácia zriadená 01.01.1991, ktorá od Československých aerolínií a Československej armády prevzala letiská Bratislava, Košice, Piešťany, Poprad-Tatry, Sliach a Žilina. Od roku 2004 bolo prevádzkované letísk postupne odovzdané

leteckým spoločnostiam v úplnom verejnom vlastníctve a Slovenská správa letísk bola zrušená.

a prevádzkovú pomoc až do úrovne 100% koncesionárovi alebo nájomcovi letiska, ktoré je 100% vlastnené štátom (Ministerstvom dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR), ale v prípade, že je letisko vlastnené percentuálnym podielom štátom, vyšším územným celkom a mestom, tento príspevok budú hradiť podľa svojich účasti všetci vlastníci, čo je právna úprava nad rámec legislatívy EÚ a v budúcnosti môže znamenať, že v prípade záujmu SR o rozvoj civilného letectva a letísk, bude miera možného investičného rozvoja ohraničená možnosťami obcí a vyšších územných celkov. Zároveň tento návrh zákona môže byť chápaný len ako zmocňujúce ustanovenie pre stanovenie základných pilierov pre poskytovanie štátnej pomoci v podmienkach SR, ale negarantuje a nevytvára konkrétnu schému, ktorú Slovenská republika potrebuje, a ktorá odzrkadlí, a do istej miery by mohla aj garantovať konkrétny rozvoj v oblasti leteckej dopravy na území SR do budúcnosti. Vyššie uvedené závery potvrdzuje aj § 25 ods. 3 návrhu zákona, kde je stanovené „Na poskytnutie príspevku podľa tohto zákona nie je právny nárok.“, čo v konečnom dôsledku vždy umožňuje štátu, resp. ministrom dopravy rozhodnúť o výške poskytovanej štátnej pomoci. Na základe vyššie uvedených skutočností ako aj absencie strategického plánu rozvoja a konkrétnej schémy, nám tento návrh zákona neprináša toľko úžitku, koľko by od neho odborná verejnosť očakávala, a vôbec nereflektuje dlhodobé hľadisko a skúsenosti s implementáciou vyššie uvedených nariadení EÚ inými členskými štátmi. Vytvorenie komplexnej nediskriminačnej legislatívnej základne na národnej úrovni však nie je len otázkou odbornou, ale aj politickou, a práve z tohto pohľadu riešenie vzniknutej situácie nie je jednoduché.

Na základe všetkých vyššie uvedených faktov je možné konštatovať, že správna voľba vhodného modelu podnikania regionálnych letísk je dôležitá nie len pre zníženie nárokov na financovanie letiska z verejných zdrojov, ale v našich podmienkach v určitých prípadoch aj pre zachovanie prevádzky. Letiská sa musia prispôbiť novému trhovému prostrediu diferencovaním svojich obchodných modelov.

Tento článok je výstupom projektu VEGA 1/0624/18- Modely podnikania regionálnych letísk v kontexte dopravnej politiky štátu a Európskej únie.

Referencie

- Airport Council International. 2016. World Report: Worlds and events from the voice of the world's airports
- Graham, A. Understanding the low cost carrier and airport relationship: a critical analysis of the salient issues. Tourism management: research, policies, practice. vol. 36, pp. 66 – 76., 2013.
- Kazda, A., Hromádka, M., Mrekaj, B., 2017. Small regional airports operation: unnecessary burdens or key to regional development. Air Transport Growth- What are the Limits? Elsevier. - ISBN 9781510857421, s. 59-68.
- Kazda, A., Novák Sedláčková, A., 2018. Stav a budúcnosť letísk a leteckej dopravy na Slovensku. Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve 2018. ISBN 978-80-554-1418-8, s. 43-47.

Kurdel, P., Ceskovic, M., Nyulaszi, L. and Adamcik, F., 2015. Selected method of diagnosing aviation ergatic systems. Nase More, vol. 62, no. 3, s. 233-236.

Lazar, T., Novák Sedláčková, A., BrédaR, R. 2015. Regression in personal air transport of passenger's evolution at selected airport time series method Naše more. Vol. 62, iss. 3, s. 228-232.

Nariadenie Komisie (EÚ) 2017/1084 zo 14. júna 2017, ktorým sa mení nariadenie (EÚ) č. 651/2014, pokiaľ ide o pomoc na prístavnú a letiskovú infraštruktúru. Článok 2. Odssek 153: Regionálne letisko. 2017 [online]. Dostupné na internete: <http://www.statnapomoc.sk/wp-content/uploads/2015/02/GBER.pdf> [10.10.2018]

Novák Sedláčková, A., Novák, A., 2010. Simulation at the Bratislava Airport after application of directive 2009/12/EC on Airport charges. Transport and Telecommunication. Vol 11, No. 2. s. 50-59.

Novák Sedláčková, A., Švecová, D., 2018. The regional airports position within the Slovak Republic: The case study of Piešťany Airport and the proposal of measures for its revitalization. INAIR 2018. Elsevier. s. 3-7.

Oznámenia komisie: Usmernenia o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti (2014/C 312/01) a na začatie činnosti pre LS s odletom z regionálnych letísk (2005/C 312/01).

Tomová, A. a kol. 2016. *Ekonomika letísk*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline. ISBN 978-80-554-1257-3.

Tomová, A., Materna, M., 2017. The directions of On-Going Air Carriers' Hybridization: Towards Peer-less Business Models? P rocedia Engineering, s. 569-573

zákon č.143/1998 Z.z. o civilnom letectve a o zmene a doplnení niektorých zákonov, Článok I., Prvá časť časť. Základné ustanovenia. §2 Základné pojmy, písmeno h) Letisko a písmeno k) Malé letisko. 2016. str. 1014 [online]. Dostupné na internete: <http://www.epi.sk/zz/1998-143/znenie-20161231#cl-I> [10.10.2018]

PROFESSIONAL TECHNICAL EVALUATION OF EMPLOYEES FOR THEIR INCORPORATION IN THE INDUSTRY 4.0

Jaroslav Zaremba
University of Security Management
Košťova 1
041 01 Košice
Jaroslav.zeremba@vsbm.sk

Pavol Kurdel
Faculty of Aeronautics
Technical University of Košice
Rampová 7
041 21 Košice
p.kurdel@tuke.sk

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

Abstract

At present, there is a set new requirements for the acquisition of new employees who are able to share professionally skilled work for progressive European manufacturing companies especially in civil aviation. For their degree of automation, the condition of effective skills and skills of job-seeker are very important. The European labour market especially air transport market needs the occupational and qualification analysis. Normally is a priority for future employer the professionalism and the employee's quality and technical skill. Technical skill could be understood as the most important condition for employer decision and potential job-seeker selection. A detailed examination of the working environment precedes the establishment and creation of qualification prerequisites. The solution is the renewal of the three-part education with the technical output of observing the skill level of the worker. The paper presents the idea of possible technical solutions for observing the status of technical excellence of employees in automated and semi-automated manufacturing corporation. One of potential possibilities how to do it is to create an additional level of higher education with a clear technical focus or to change some of the current technical-oriented study programs, which are more tailored to practice and industry stakeholders. These programs should be adapted to reflect the requirements of industry, the potential employee need to satisfy required key competencies and qualification. One of the projects dealing with these requirements, which main idea is in connection with this research is the international project KAAT – Knowledge Alliance in Air Transport is ERASMUS+ Knowledge Alliances (n. 588060-EPP-1-2017-1-RO-EPPKA2-KA). The main objective of the project is to ensure a high-quality workforce due to innovative European study programmes based on ICT tools designed by 16 partners from education, airports, airlines, maintenance, handling, governmental authorities, air traffic management of 6 countries: Croatia, France, Italy, Portugal, Romania, and Slovakia. The main expected results of the project are: occupational and qualification analysis in air transport, an innovative study programme "IT applied in air transport", new and innovative training approaches, a methodology for the Sectoral Qualifications Framework (SFQ) and recognition of prior learning and work experience in aviation.

Keywords

evaluation, technical skill, model performance, identification, key competences, qualification

1. Introduction

The current crisis in every area of the economy in European and world developed countries is affecting labour aspects in the EU. As the postulates of enterprise-based approaches to employees seem ineffective, new ways of rewarding and solidarity for the development of jobs and labour (labor migration) suitable for Slovakia need to be considered. The EU has given impetus to the deepening of European integration and strengthening the cooperation of the members of the EU in many areas of fiscal through economic to political. The current initiative revives the National Convention (a platform) where we can talk in a wider social debate about how we deal with EU membership and where we can generate a Slovak vision for the EU. It is necessary to know how to behave how to cooperate with other countries, especially within V4 (Fekete&Rozenberg, 2014). As a member of the EU, it is necessary to evaluate employment in Slovakia on a yearly basis. Employment in Slovakia according to the Labour Force Survey (LFS) increases year-on-year by 2.1% to 2,513 million persons. Seasonally-adjusted employment on average increases by 0.4% to 2,522 million people (Okalí, 1992 and Stanek&Krausová,1997). From the point of view of the structure of the workforce, the development of total employment was mainly influenced by the growth of the number of employees by 1.9% to 2.120 million. The number of entrepreneurs also increases, on average by 1 - 3%. The techno-business environment uses many new technologies for its application,

which are supported by EU grants so that their usability can set industrial process in Slovakia under Industry 4.0 conditions. The technical foundation in human potential is extensively represented in the fields supported by technical colleges. It is a minority in the generation gap that occurred in Slovakia. Supporting and maintaining the state of education and quality of work is based on its correlation with the income of other employees from countries with related habits or work-technical experience (Csámpai&Haládik, 2002).

2. Work habits and skills of job-seeker

Employee self-consciousness itself needs to be built on work and not only to engage in work. Professional training of work staff shows on the adequate realization to operate the complex technical systems, prone on automated technical control. Because of this awareness, educational models are created for employees that can be used to test for engineering work so that the employee does not feel the job insecurity of preserving work that is important to an enterprise. Therefore, the systematic educational pressure is the result of our workforce being stimulated to work and creating habits that make the work process more visible through their own skills. The complexities of technical skills are identifiable for employees from other countries where they are missing or their differences in work habits differ. It is necessary to understand that at the moment of the occurrence of bad habits that may have an impact on profit, another aspect of work must be created in order to

preserve the balance in the working environment (Štefančík&Lenč, 2012).

The idea of a three-tier education (three-tier means the process-based educational and technical growth of a secondary technical force with a view to the development of engineering forces demanded by newly created technical action enterprises) aims to create an area in which the selected employee learns to understand the technical habits for a specific area of production. The area in which an employee learns to understand the importance of individual work in the construction of the entire corporate order has a range of individual work activities. Such an employee creates incentives to develop individual abilities and habits and will provide the necessary impulses for willingness to work. The willingness to work for a given company can ignite the actual relationships that will create an employee who is able to regulate his / her rights to all other employees where he / she needs to know a series of social habits. One should think that such relationships create a willingness to work (Stanek&Krausová,1997, Csámpai&Haládik, 2002, Kozár&Zeman, 1968).

3. Performance evaluation employees with implications for environmental workload

The long-term viability and competitiveness of any work institution depends on its ability to effectively evaluate employees and examine their ability to achieve the desired goals assigned to their managers. Therefore, it is necessary to be able to evaluate the performance of employees, which is always important when entering management tasks (Migration Advisory Committee, 2014). Employee assessment is also a valuable tool and an indispensable element in the functioning of any company. Ratings that managers use as an incentive tool for the expected performance of employees give them feedback. The evaluation process is also the ability to identify exact employee work for improvement needs. The evaluation provides opportunities for recognition, positive reinforcement and improved employee performance. Performance models can be presented in the form of employee outputs to evaluate the quality achieved in a specific product creation (Stanek&Krausová,1997).

There are many models and procedures for staff performance ratings that are described in professional journals. Many of them describe performance from different perspectives. As a practical example of the Employee Performance Assessment Model, it can be used for employee review. On the other hand, new employees provide this additional information to support and complement the practical model for its improvement (Fekete&Rozenberg, 2014), Huang et al, 2014).

Employee performance quantifies the level of achievement of the goals. This should be a definition for managers and other employees who are responsible for the achievement of the objectives in accordance with the organizational regulations and standards of the company.

Evaluation of employees in organizations has two general tasks:

- Administrative decisions on employees (compensation, promotion, dismissal, reduction, etc.).

- Identify and plan opportunities for the employee growth (identify strengths and weakness, or area for growth, develop career etc.).

Employee Performance Assessment is part of Performance Management, which consists of the following five activities (Okalí, 1992):

14. Setting performance and development goals.
15. Providing continuous feedback and recognition.
16. Employee development management.
17. Perform mid-year and end-of-year assessments.

Employee performance models can use methods that classify them as individual assessment methods, multiple ratings, and methods based on individual and multi-person ratings. These include performance tests (Štefančík&Lenč, 2012).

Subjective assessments are about evaluating the performance model itself, which consists of steps such as measuring actual performance, analysing measured data, interpreting the results of analyses, and returning these results to improving current performance and target stage model. Evaluation of the performance model itself consists of five steps: preparation, measurement, analysis, interpretation and feedback. Effective and fair performance evaluation is a process based on key building blocks that include an agreed set of competencies, accurate declaration of responsibilities and consistent standards of practice (Steiner, 1919).

The first component in the evaluation process is competence, which is a set of complementary skills, knowledge and attitudes that enable the employee to perform the job. Competence is the use of the knowledge and skills necessary to perform the work. The expected level of competence of the individual employees is determined by their profession, the role of their manager, management body and the responsibility of their department within the organization (Stanek&Krausová,1997).

The second part of the evaluation process is practice standards, also known as performance expectations. The standard is a description of the competent level of performance for a particular employee's duty. Practical standards are necessary to reduce subjectivity in the performance of the evaluation process. Each standard contains measurement criteria. The standard to be fulfilled by these criteria must be met. Working standards that are left over during working hours may be revised more frequently to reflect progress in working arrangements and practice. These standards often talk about what is to be done and what the working time (normo-hour) should be done. Obligations that are brief and clear list of the essential elements of the tasks or areas of work done for a given position are performed according to standards. Statement of duties speaks of what is to be done, not how it is to be done and describes the employee's expected working behaviour. Work operations are listed in order of importance (Stanek&Krausová,1997). The model is identified in the MATLAB program environment (Dubela, 2000, Jurečková, 2001).

Heuristic model of employee efficiency:

Relation of the worker's burden to solving technical problems is their skill: "workload (x) - resistance (y)"

$N=[1:1:20]$, order of gradual observation of worker's activity

Relation: "Workload (x) - Resistance (s)"

$N=[1:1:20]$; the order of progressive adjustment of the workload of the employee presented with the probability of success of the solved tasks according to the work standard (performance of the task)

$x=[1.87\ 2.02\ 1.92\ 2.15\ 1.9\ 2.04\ 2\ 1.88\ 2.08\ 2.13\ 1.86\ 2\ 1.94\ 1.79\ 2.06\ 2.1\ 1.96\ 1.12\ 2.06\ 2.14]$;

$y=[3.28\ 3.06\ 3.42\ 3.36\ 3\ 3.2\ 3.08\ 3.02\ 3.4\ 3.3\ 3.13\ 3.4\ 3\ 3.41\ 3.02\ 3\ 3.12\ 3.2\ 3.08\ 3.5]$;

Rank (N) of determined workload values (x) [bar], resistance estimate (s) [bar].

$[N;x;y]$

According to the data x, y, and commands in the Matlab environment, we find distributive functions (F) and probability density (f) of the file.

$Fxcdf=cdfplot(x)$, the experimental distribution function (eF) of the file

$[h,stats] = cdfplot(x)$, Statistical data eF.

$xnorm=norm(1.951,0.2210)$, view eF normal distribution

$[f,xf]=ecdf(xnorm)$,

$xx=linspace(1.12,2.15,100)$; the smallest, the largest data in the file, the number of displayed checkpoints.

$FXX=normcdf(xx,1.9510,0.2210)$; expression of eF by normal distribution,

$n=1:1:100$; number of points displayed for standard.F;

$plot(n,FXX,'k')$,

hold on

Určenie f:

$fXX=normpdf(xx,1.951,0.2210)$; show the normal probability density.

$plot(n,fXX,'k+')$

Y - resistance

$y=[3.28\ 3.06\ 3.42\ 3.36\ 3\ 3.2\ 3.08\ 3.02\ 3.4\ 3.3\ 3.13\ 3.4\ 3\ 3.41\ 3.02\ 3\ 3.12\ 3.2\ 3.08\ 3.5]$;

$Fycdf=cdfplot(y)$, an experimental distribution function of a worker's resilience file.

$[h,stats] = cdfplot(y)$, statistical data of the experimental distribution function

$ynorm=norm(3.1990,0.170)$, cdfplot view (s) normal distribution

$[f,yf]=ecdf(ynorm)$,

$yy=linspace(3,3.5,100)$;

$FYY=normcdf(yy,3.1990,0.170)$;

$plot(n,FYY,'r')$,

hold on

Density of probability of worker's resistance at specified workload.

$fYY=normpdf(yy,3.199,0.17)$;

$plot(n,fYY,'r+')$,

$xlabel('Number of displayed argument points F,f')$,

$ylabel('Value distribution of F, f, workload resistance, the worker')$,

$title('Statistical reciprocity: workload - resistance)$.

$legend('black-workload','red-Resistance','k+', 'Probability densities', 'blue exponecial charakteristic of workload')$,

hold off

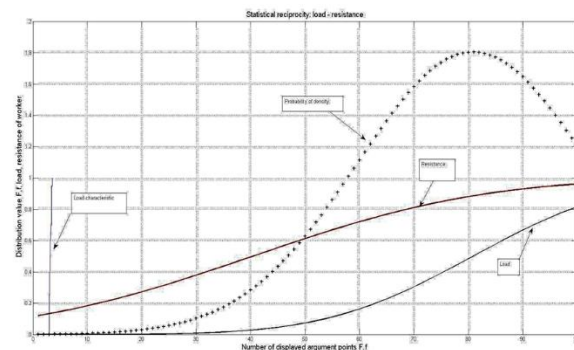


Figure 1: Statistical reciprocity: workload – resistance (Source: Authors).

Workload - Resistance. Condition: $Y > X$.

$plot(n,(fYY-fXX),'g+')$

hold on

$xlabel('Number of observed inspection points of the observed technical system Workload - resistance')$

$ylabel(' difference: workload - resistance')$

$title('Evaluation of the employeeworkload by operating a technical device')$

hold off

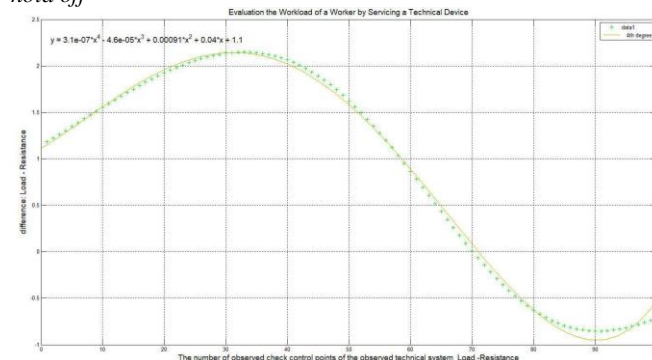


Figure 2: Evaluation of the employee workload by operating a technical device (Source: Authors).

In this case, it is possible to predict the possibility of loading an employee in the technical equipment to check the state of the complex systems with a specified erudition rate (completed training) and the condition: $Y > X$.

Ignoring the condition requires a worker's quality control, which implies the spending of funds for the company. For this reason, it is possible to set simulation conditions in a company environment that is willing to employ employees from other countries and evaluate their technical skills. The number of performed actions can be seen in their success in the work process, where it is possible to determine with precision the data that will a priori prove that the given person can handle the technical work (Fekete&Rozenberg, 2014).

4. Conclusion

Such a development can not only be seen from the past but developed into concrete conclusions that are already recognized by Europe today. The unequivocal need of technicians is mainly due to the current need to put in place accurate, efficient work in companies of major importance with market enforceability. Their technical skills are observed and often not fulfilling the exact question but quantitative work

operations. Obviously, by introducing new methods into technical practice, it will also require the establishment of upper and lower technical limits of skill for recruiting employees from other countries outside Slovakia. Their output may be a routine of work when it is possible to learn many tasks without understanding the continuous processes. Colliding technical skills and technological awareness activities can result in the imperfections and also a decrease in fusing safety. In figure 1 is a visible heuristic model of operations without a higher potential technical skill, where in a non-varied work there is a drop in technical skill in 35 different operations. The model was applied to technical operations in the aircraft components and components construction of a small aircraft manufacturing plant. This model shows only a multilevel character of the decline in skill. In addressing the correctness and technical accountability that may be high in the aeronautical industry requires that aeronautical employees go through minimum technical three-part training in aeronautical engineering. These problems can be avoided in a step-by-step selection of tasks by identifying their demanding technical application. It is also the intention of further research of assigning employees to intelligent smart factories. This paper is focused on the field of qualification and competences of the employees, who are working on the technical positions in the aviation industry. One of possibilities how can be increased the professional qualification of the employee is to modernize the system of education and increased the quality of trainings. Very useful and important is the project KAAT (was describe at the beginning of the paper), which will get the following results :

1. new multidisciplinary study programmes, which will reflect the need of aviation organizations at the background of the qualification and occupation analysis in aviation,
2. a set of training programmes completed with professional activities, which are created after finalizing the research in the field of professional technical needs in future aviation occupations and discussions with stakeholders,
3. new and innovative training approaches and new learning pathways that consider the intersections and the complementarity of HEI and VET for enabling mutual recognition and a continuous training, well structured, without overlaps, ensuring the key skills necessary for aviation and
5. methodology and tools for ensuring homogeneity in aviation education and training at European level.

Acknowledgment

This paper was written as one of the results of the project KAAT – Knowledge Alliance in Air Transport is ERASMUS+ Knowledge Alliances (n. 588060-EPP-1-2017-1-RO-EPPKA2-KA).

References

- Csámpai, O., Haládik, J., 2002. Medzinárodná migrácia: sociálny problém a bezpečnostné riziko. Akadémia policajného zboru, 2002, ISBN 8080542309, 9788080542306.
- Duleba, A., 2000. Ukrajina a Slovensko: geopolitické charakteristiky vývinu a medzinárodné postavenie Ukrajiny; implikácie pre Slovensko. ISBN 8022406562

European Commission. Directorate-General Communication: Migrácia a azyl: budovanie otvorenej a bezpečnej Európy, ISBN 9279241567

Fekete, M., Rozenberg, I., 2014. The practical model of employee performance evaluation (<http://www.toknowpress.net/ISBN/978-961-6914-09-3/papers/ML14-495.pdf>)

Huang, J.L., Ryan, A.M., Zabel, K.L., 2014. Personality and adaptive at work, Meta analytic Investigation. Journal of Applied Psychology. Vol. 99, No. 1, 162–179 0021-9010/14/\$12.00 DOI: 10.1037/a0034285

Jurečková, J., 2001. Slovenská spoločnosť pre zahraničnú politiku: Slovenská republika: štúdiá o životnej úrovni, zamestnanosti a trhu práce. ISBN 8096815547

Kozár, L., Zeman, F. 1968. Otázky vývoja zamestnanosti v ČSSR a osobitne na Slovensku, VPL, t. Pravda.

Migration Advisory Committee Full Report July 2014

Okalí, I., 1992. Ekonomika Slovenska na začiatku transformačného procesu, Slovak Academic Press.

Stanek, V., Krausová, A., 2014. Transformácia sociálnej sféry v Slovenskej Republike: nezamestnanosť sociálna práca. ISBN 8088848164

Štefančík, R., Lenč, J., 2012. Mladí migranti v slovenskej spoločnosti: Medzinárodná migrácia, moslimovia, štát a verejná mienka. ISBN 8026303113

Steiner, R., 1919. Schopnosť pracovať, ochota pracovať a trojčlenný sociálny organizmus.

