

PRÁCE A ŠTÚDIE STUDIES

KATEDRA LETECKEJ DOPRAVY
FAKULTA PREVÁDZKY A EKONOMIKY DOPRAVY A SPOJOV

AIR TRANSPORT DEPARTMENT
FACULTY OF OPERATION AND ECONOMICS OF TRANSPORT
AND COMMUNICATIONS

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
UNIVERSITY OF ŽILINA

VYDANIE 8

VOLUME 8



Žilina 2020

PRÁCE A ŠTÚDIE sú publikované v nadväznosti na projekt "Nové technológie vo vzdelávaní v študijnom programe Letecká doprava a Profesionálny pilot", **KEGA 011ŽU-4/2018**.

REDAKČNÁ RADA / EDITORIAL BOARD

prof. Ing. Antonín Kazda , CSc.	doc. Ing. Pavol Kurdel , PhD.
prof. Ing. Karel Havel , CSc.	doc. Ing. Dr. Tomasz Lusiak
doc. Ing. Branislav Kandra , PhD.	assoc. prof. Dr. Anna Stelmach
doc. Ing. Benedikt Badánik , PhD.	assoc. prof. Dr. Anna Rudavska
Ing. Jozef Čerňan , PhD.	Doc. Ing. Jakub Kraus , Ph.D.
Mgr. Miriam Jarošová , PhD.	doc. Ing. Peter Vittek , Ph.D.
Ing. Ján Rostáš , PhD.	doc. Ing. Vladimír Socha , PhD.
doc. Ing. Martin Bugaj , PhD.	Ing. Stanislav Pleninger , Ph.D.
JUDr. doc. Ing. Alena Novák Sedláčková , PhD.	Ing. Ján Zýka , Ph.D.
prof. Ing. Anna Tomová , CSc.	doc. RNDr. Vladimír Krajčík , Ph.D.
Ing. Filip Škultéty , PhD.	prof. Ing. Ján Piľa , PhD.
Ing. František Jůn , CSc.	assoc. prof. Doris Novak , PhD.
Ing. Peter Blaško , CSc.	Ing. Pavol Pecho , PhD.
Ing. Michal Červínka , PhD.	Ing. Michal Janovec , PhD.

TLAČ/PRINTED BY

EDIS – vydavateľstvo Žilinskej univerzity/EDIS – University of Žilina publisher

TECHNICKÝ REDAKTOR/TEXT DESIGNER

Ing. **Matúš Materna**, PhD.

Všetky publikované články boli recenzované dvomi nezávislými recenzentmi a prešli schvaľovacím procesom redakčnej rady.

All of these papers have been reviewed by two independent reviewers and have been processed by editorial board.

COPYRIGHT © Žilinská Univerzita v Žiline, Slovenská republika, 2020

COPYRIGHT © University of Žilina, Slovak Republic, 2020

PREDHOVOR

Táto publikácia je výstupom vedeckej činnosti mladých vedeckých pracovníkov Katedry leteckej dopravy, Fakulty prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov Žilinskej univerzity v Žiline (ďalej len “KLD”) vykonávanej pod dohľadom odborníkov, výskumníkov a vedeckých pracovníkov z praxe a univerzitného prostredia, ktorých úlohou bolo, aby svoje znalosti získané prevažne v rámci základného alebo aplikovaného výskumu priamo na KLD alebo v spolupráci s ňou odovzdávali “mladšej generácii”. V súčasnosti prevažná časť výskumu KLD je riešená v spolupráci s Leteckým výcvikovým a vzdelávacím centrom Žilinskej univerzity v Žiline (ďalej len “LVVC”) a zaoberá sa oblasťou výskumu a vývoja leteckej dopravy v previazanosti na ďalšie oblasti výskumu, možnosti využitia a aplikovania jedinečných technológií a vedeckých výstupov do praxe projektu “*Nové technológie vo vzdelávaní v študijnom programe Letecká doprava a Profesionálny pilot*”, **KEGA 011ŽU-4/2018**. Cieľom publikácie je priblížiť vedecko výskumnú činnosť, ktorej sa venujú študenti, doktorandi, mladí vedeckí pracovníci a spolupracujúce organizácie predovšetkým v oblasti výskumu dopravy a dopravných služieb. Úlohou jednotlivých vedeckých statí a článkov bolo preukázať schopnosť analyzovať náročné teoretické úlohy, navrhovať ich technické riešenia ako aj zohľadňovať všetky ekonomické aspekty riešeného problému. Zároveň sa zameriavajú na riadenie dopravných podnikov, jednotlivé dopravné procesy a návrhy nových alebo inovovaných dopravných technológií, ktoré budú spĺňať požiadavky dnešnej praxe s dôrazom na kvalitu, bezpečnosť, minimalizáciu prevádzkových nákladov s ohľadom na potrebu trvalo udržateľného rozvoja spoločnosti a ochrany životného prostredia.

prof. Ing. **Andrej Novák**, PhD.
vedúci Katedry leteckej dopravy

OBSAH

MOŽNOSTI REKLAMY V PROSTREDÍ LETECKEJ DOPRAVY	6
<i>ADVERTISEMENT POSSIBILITIES IN AIR TRANSPORT</i>	<i>6</i>
NÁVRH A REALIZÁCIA PROTOTYPU VZDUCHOM POHÁŇANEJ VRTULE PRE ŠPECIÁLNE VYUŽITIE.....	13
<i>DESIGN AND IMPLEMENTATION OF PROTOTYPE OF AIR DRIVEN PROPELLER FOR SPECIAL APPLICATIONS</i>	<i>13</i>
MOŽNOSTI VYUŽITIA SIMULÁTORA ESCAPE LIGHT V PROCESE VÝUČBY PREDMETU MANAŽMENT LETOVEJ PREVÁDZKY	21
<i>POSSIBILITIES OF USING THE ESCAPE LIGHT SIMULATOR IN THE PROCESS OF TEACHING THE SUBJECT OF AIR TRAFFIC MANAGEMENT.....</i>	<i>21</i>
NÁVRH A KONŠTRUKCIA MODELU DEMONŠTRAČNÉHO AERODYNAMICKÉHO TUNELA	27
<i>DESIGN AND CONSTRUCTION OF A DEMONSTRATION AERODYNAMIC TUNNEL MODEL</i>	<i>27</i>
ANALÝZA A NÁVRH LETOVÝCH POSTUPOV SCHVÁLENEJ VÝCVIKOVEJ ORGANIZÁCIE LVVC	34
<i>ANALYSIS AND DESIGN OF FLIGHT PROCEDURES OF AN APPROVED LVVC TRAINING ORGANIZATION.....</i>	<i>34</i>
KONCEPT NÁRODNÉHO LETECKÉHO DOPRAVCU V SLOVENSKEJ REPUBLIKE: VÝCHODISKÁ A POTENCIÁL.....	39
<i>THE CONCEPT OF A NATIONAL AIR CARRIER IN THE SLOVAK REPUBLIC.....</i>	<i>39</i>
NÁVRH A IMPLEMENTÁCIA PLÁNOVACIEHO MODULU ÚDRŽBY PRE AUSTRIAN AIRLINES TECHNIK – BRATISLAVA ...	46
<i>DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MAINTENANCE PLANNING MODULE FOR AUSTRIAN AIRLINES TECHNIK - BRATISLAVA.....</i>	<i>46</i>
EVALUAČNÉ KRITÉRIA VÝBEROVÝCH KONANÍ NA POZÍCIU DRUHÉHO PILOTA	50
<i>JOB INTERVIEWS EVALUATION CRITERIA FOR THE POSITION OF THE SECOND PILOT.....</i>	<i>50</i>
VPLYV NEHOMOGENNOSTI POVRCHU VPD 13/31 NA BRZDNÉ ÚČINKY LIETADLA NA LETISKU V BRATISLAVE	54
<i>IMPACT OF VPD 13/31 SURFACE INHOMOGENITY ON THE BRAKING EFFECTS OF THE AIRCRAFT AT BRATISLAVA AIRPORT</i>	<i>54</i>
VYHODNOTENIE OPODSTATNENOSTI KÚPY A UVEDENIA LIETADLA DO KOMERČNEJ PREVÁDZKY)	63
<i>ASSESSMENT OF THE AIRCRAFT PURCHASING AND RELEASING INTO THE COMMERCIAL OPERATION.....</i>	<i>63</i>
VYUŽITIE AUTONÓMNYCH SYSTÉMOV UAV PRE PODMIENKY ZÁCHRANNÝCH ZLOŽIEK	69
<i>USE OF AUTONOMOUS UAV SYSTEMS FOR RESCUE SERVICES</i>	<i>69</i>
OBCHODNÉ A PERSONÁLNE VZŤAHY V LETECTVE	76
<i>BUSINESS AND PERSONAL RELATIONS IN AVIATION</i>	<i>76</i>
NÁVRH A VYUŽITIE DIDAKTICKÝCH MATERIÁLNYCH PROSTRIEDKOV V RÁMCI ŠTUDIJNÉHO PROGRAMU TECHNOLÓGIA ÚDRŽBY LIETADIEL	82
<i>DESIGN AND USE OF DIDACTIC MATERIALS IN THE FRAMEWORK OF THE AIRCRAFT MAINTENANCE TECHNOLOGY STUDY PROGRAM</i>	<i>82</i>
SPACE TRAFFIC MANAGEMENT AKO NOVÁ VÝZVA KOMERČNÉHO LETECTVA	86
<i>SPACE TRAFFIC MANAGEMENT AS A NEW CHALLENGE FOR COMMERCIAL AVIATION</i>	<i>86</i>
OPTIMALIZÁCIA VYHLADÁVANIA OSÔB ZA POMOCI TERMOVÍZNEHO SKENU PROSTRIEDKOV UAV.....	92
<i>OPTIMIZATION OF SEARCH FOR PERSONS USING THERMOVISION SCAN USING UAV RESOURCES</i>	<i>92</i>

TBC VRSTVY A ICH VPLYV NA ZVYŠOVANIE TEPELNEJ ODOLNOSTI MATERIÁLOV	98
<i>TBC LAYERS AND THEIR INFLUENCE ON INCREASING THE THERMAL RESISTANCE OF MATERIALS</i>	<i>98</i>
VÝCVIK PALUBNÝCH SPRIEVODCOV V KONTEXTE AKTUÁLNEJ BEZPEČNOSTNEJ SITUÁCIE	103
<i>ON-BOARD STEWARDS TRAINING IN THE CONTEXT OF THE CURRENT SECURITY SITUATION</i>	<i>103</i>
EKONOMICKO-PRÁVNE ASPEKTY REGIONÁLNYCH LETÍSK SR V PODMIENKACH EÚ	110
<i>ECONOMIC AND LEGAL ASPECTS OF REGIONAL AIRPORTS IN CONDITIONS OF SLOVAK REPUBLIC AND EUROPEAN UNION</i>	<i>110</i>
RIEŠENIE VTOL PRE UAV S FIXNÝMI NOSNÝMI PLOCHAMI.....	115
<i>SOLUTION OF VTOL FOR UAV WITH FIXED BEARING SURFACES</i>	<i>115</i>
MOŽNOSTI VYUŽITIA ODNÁMRAZOVACIEHO POOLU NA LETISKU LKPR	122
<i>POSSIBILITIES OF USING THE DEFROST POOL AT LKPR AIRPORT.....</i>	<i>122</i>
NÁVRH A REALIZÁCIA SPÚŠŤACIEHO SYSTÉMU EXPERIMENTÁLNEHO MOTORA SHAKER.....	129
<i>DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE SHAKER EXPERIMENTAL ENGINE STARTING SYSTEM</i>	<i>129</i>
IMPLEMENTÁCIA PALIVOVÝCH ČLÁNKOV V ALTERNATÍVNEJ POHONNEJ SÚSTAVE LETÚNOV	137
<i>IMPLEMENTATION OF FUEL CELLS IN THE ALTERNATIVE AIRCRAFT PROPULSION SYSTEM.....</i>	<i>137</i>

MOŽNOSTI REKLAMY V PROSTREDÍ LETECKEJ DOPRAVY

ADVERTISEMENT POSSIBILITIES IN AIR TRANSPORT

Miroslav Fábik

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
fabik6@stud.uniza.sk

Benedikt Badánik

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
benedikt.badanik@fpedas.uniza.sk

Abstract – The aim of this paper is an analysis and research of an advertisement success rate on the additional and the commission services of low-cost airlines. As an analysis method of the research we choose a questionnaire. Its goal was to identify a perception of the additional services advertisement and a form of the promotion from the passenger's perspective. From the analysis results of the questionnaire participants were concluded drawbacks in form of an advertisement serving and an incorrect aiming of the additional services advertisement. Component of the paper evaluation are recommendations for a higher effectiveness of the additional services seller's strategy and a reduction of a negative perception on the form of advertisement promotion for the additional and the commission services of the low-cost airlines.

Key words airline advertisement, advertisement promotion, Ancillary revenues, airline additional services, airline commission services, airline website advertisement

I. ÚVOD

Letecká doprava je atraktívna nielen z pohľadu komfortu a rýchlosti prepravy cestujúcich a tovaru, ale aj z pohľadu jej reklamného potenciálu. Miesta ako letiská, ich okolie a infraštruktúra, kde sa združuje veľké množstvo ľudí na jednom mieste sú ideálne pre propagáciu služieb a produktov rôzneho druhu.

V dnešnej dobe, kedy je zvykom predovšetkým propagovať digitálnou formou sa úspešnosť reklamy rapídne zvýšila. Samostatnou formou reklamy je reklama na internetových stránkach leteckých spoločností.

V tejto diplomovej práci sa zaoberáme formou propagácie doplnkových služieb leteckých spoločností a doplnkových služieb, ktoré sú založené na provízií. Keďže propagácia na doplnkové služby závisí od obchodného modelu leteckej spoločnosti sústreďujeme sa na nízko nákladové letecké spoločnosti, u ktorých výnosy z reklamy dosahujú vysoký podiel na celkových prevádzkových výnosoch.

Po popísaní spôsobov propagácie doplnkových služieb sme formou dotazníka urobili výskum v ktorom sme sa zamerali

na vnímanie propagovaných služieb cestujúcimi, formu propagácie, a využívanie doplnkových služieb cestujúcimi.

II. FORMY REKLAMY V LETECKEJ DOPRAVE

SEGMENTÁCIA ZÁKAZNÍKOV

Dôvodom umiestňovania reklamy práve na letiskách, je široký záber potenciálneho publika. Musíme brať do úvahy, že letisko nie je miesto len pre samotných cestujúcich ale taktiež pre ďalšie skupiny ľudí, ktoré letisko navštevujú. Touto skupinou môžu byť:

- Zamestnanci letiska
- Osoby odprevádzajúce alebo vítajúce cestujúcich
- Zamestnanci leteckých spoločností
- Vodiči verejnej dopravy a taxikári

Podľa Nielsenovej štúdie sa zistilo, že osoba, ktorá riadi vozidlo, venuje reklamnému panelu menej ako dve sekundy. Na letisku je to najmenej 15 sekúnd. Štúdia navyše naznačuje, že v priemere 8 z 10 cestujúcich strávi na letisku asi dve hodiny. [1]

Na letiskách rozlišujeme viacero druhov cestujúcich ktorí sú ďalším dôležitým faktorom pre firmy a spoločnosti, ktoré propagujú svoje služby. Taktiež rozlišujeme viacero skupín cestujúcich a podľa toho sú aj jednotlivé reklamy v priestoroch letiska umiestňované. Cestujúcich podľa reklamnej agentúry Clear channel airport môžeme rozdeliť na niekoľko skupín ako sú:

- Pravidelní obchodní cestujúci
- Častí cestujúci (frequent fliers)
- Milénioví cestujúci
- Voľnočasoví častí cestujúci (Leisure frequent fliers)
- Príležitostní cestujúci

Obchodní cestujúci sú charakteristickí svojou spoľahlivosťou a vernosťou k značke

Skupia miléniových cestujúcich je v leteckej depreve pomerne nezvyčajná segmentácia. Cestujúci narodení v od roku 1990 a mladší, ktorí sú dôležití pre marketingovú skupinu kvôli ich využívaniu digitálnych prostriedkov Preferujú výber overených a značkových produktov ako sú smartfóny či laptopy a taktiež sú členmi roznych socialnych sietí.

Skupinu voľnočasových cestujúcich môžeme charakterizovať ako cestovateľov, ktorých primárna motivácia je cestovať za oddychom a zábavou. Ich charakteristikou je cestovať do populárnych svetových miest. Niektorí cestujúci počas cestovania píšu blog a tak pomáhajú propagovať služby a produkty. [2]

INTERNÉ A EXTERNÉ FORMY REKLAMY NA LETISKU VIEDEŇ

Areál Check-in zóny býva najľákavejším miestom, kde umiestniť svoju reklamu. V prípade letiska Viedeň sa podľa štatistiky v check-in priestoroch minulý rok potenciálne zaznamenalo viac ako 11,5 milióna kontaktov. To znamená, že okrem samotných cestujúcich, ktorí touto zónou prechádzali, ďalšími možnosťami boli zamestnanci letiska a taktiež odprevádzajúce alebo sprevádzajúce osoby. Príletový terminál ma výhodu, že všetci cestujúci prechádzajú jednou halou, teda nezáleží či sú to cestujúci v rámci schengen priestoru alebo medzinárodného neschengenského priestoru. Preto využitie reklamy v tejto časti letiska býva ešte viac efektívnejšie.

Najvyužívanejšie externé formy sú nástupné mostíky, reklama na terminálových "shuttle" busoch, Reklamná veža, kde je umiestnených viacero druhov reklám a sú viditeľné nie len cestujúcimi ale vzhľadom na jej polohu pri diaľnici aj vodičmi. Letisko Viedeň od mája 2020 predstavilo aj novú digitálnu bránu o rozlohe 174 m², ktorá bude plniť marketingové účely. [3]

REKLAMA NA PALUBE LIETADA

Reklama počas letu je jedným z najlepších spôsobov propagácie značky. Uplatňuje sa metóda „no escape“, čo do slovenčiny môžeme preložiť ako niet pred ňou úniku. Cestujúci je približne 12 kilometrov vo vzduchu a neostáva mu nič iné ako reklamy ktoré na palube sú, spracovať a prijať. Navyše, pobyt v lietadle je pre mnohých ľudí len povinná a nudná cesta a často majú „hlad“ po informáciách a vnímavú myseľ. Reklama na palube predstavuje niekoľko ďalších výhod ako sú:

Globálny dosah, keďže tisíce ľudí lietajú každý deň po celom svete, médiá počas letu majú celosvetový dosah na domácich i zahraničných cestovateľov so záľubou v utrácaní peňazí pred cestou, počas cesty ale aj po nej.

Viacero možností a platforiem ako letecký magazín, široko palcová dotyková obrazovka na sedačke alebo reklama umiestnená po lietadle. Mnoho tradičných leteckých spoločností s dobrým menom, ponúka bezplatnú Wi-Fi na letoch, čo je ďalší veľmi efektívny spôsob, ako sa dostať k reklame. Reklamné agentúry si teda môžu zvoliť formát, platformu vhodnú pre ich podnikanie a účely a byť kreatívni s nápadmi na kampaň. Najčastejšie využívané formy reklamy sú[4]

- Magazín leteckej spoločnosti
- Priestor pre odkladanie batožiny
- Propagácia vzoriek výrobkov
- Predelenie kabíny
- Palubná vstupenka
- Sklopný stolík
- Palubné zábavné systémy (IFE)
- Wi-Fi reklama

Špecifickou formou reklamy je vonkajší náter lietadla. Využívanie vonkajšieho náteru ako formy reklamy častokrát pôsobí veľmi pútavým a luxusným dojmom. Chuť cestujúcich cestovať v lietadle, ktoré ma špeciálny náter môže byť výrazne väčšia. Navyše lietadlo so špeciálnym náterom sa stane objektom reklamy na sociálnych sieťach nie len pre cestujúcich, ktorí daným lietadlom cestujú ale aj pre všetkých cestujúcich na letisku, ktorí čakajú v odletovej hale a majú možnosť vidieť a odfotiť lietadlo so špeciálnym náterom. Častokrát dôvodom špeciálneho náteru lietadla nie je len reklama vyžiadaná tretou stranou ale taktiež letecká spoločnosť zvykne pri určitom svojom výročí zvoliť vlastný limitovaný náter ako v prípade spoločnosti Wizz Air to bolo 100. doručené lietadlo alebo v prípade spoločnosti Qantas, ktorá využila výročie vzniku spoločnosti na špeciálny náter svojho lietadla.

NELETECKÉ VÝNOSY LETECKÝCH SPOLČONOSTÍ ZAMERANÝCH NA REKLAMU A MARKETING

Neletecké výnosy (z angl. Ancillary revenues) sú výnosy leteckých spoločností, ktoré pochádzajú z iných zdrojov, než z jej hlavnej obchodnej činnosti. Takmer každé podnikanie, vytvára nejaký druh doplnkových príjmov. Vo väčšine prípadov sa používa na posilnenie alebo doplnenie výnosov z predaja primárneho tovaru a služieb spoločnosti.[5]

V prípade leteckých spoločností, hlavná obchodná činnosť je predaj leteniek a preprava cestujúcich. Po liberalizácii leteckej dopravy, kedy bolo umožnený vstup nových leteckých dopravcov na trh, začali vznikať nízko nákladové letecké spoločnosti, ktoré na neletecké výnosy kladú veľký dôraz. V posledných rokoch, letecké spoločnosti, ktoré neakceptovali takýto spôsob podnikania pochopili, že investovať a využívať stratégiu doplnkových služieb, môže viesť pomerne k veľkým leteckým výnosom

Do neleteckých výnosov môžeme zahrnúť doplnkový predaj, ktorý rozdelujeme do niekoľkých kategórií:

- A la Carte
- Produkty založené na provízií
- Aktivity určené pre vernostný program
- Reklama využívaná leteckými spoločnosťami

V rámci našej diplomovej práce je najdôležitejšou časťou neleteckých výnosov reklama, využívaná leteckými spoločnosťami a taktiež produkty založené na provízií. Možnosti reklamy, ktoré využívajú letecké spoločnosti a letiská sú popísané v teoretickej časti diplomovej práce, v kapitole 2. V ďalšej časti sa budeme zaoberať otázkou spojenou s reklamou a zároveň produktami založených na provízií. Spojením týchto dvoch kategórií preskúmame a popíšeme spôsoby využívania reklamy zo strany leteckých spoločností, ktoré patria do kategórie reklamy v rámci neleteckých výnosov a produkty založené na provízií, ktoré letecké spoločnosti využívajú na svojich internetových stránkach.

III. REKLAMA NA INTERNETOVÝCH STRÁNKACH LETECKÝCH SPOLČONOSTÍ

V minulosti, keď internet nebol dostupný pre bežných používateľov, neexistoval žiadny online distribučný kanál, len

osobný predaj samotnej letenky. Z toho dôvodu aj možnosti na propagovanie svojich produktov, ktoré nesúviseli priamo s letenkou, boli obmedzené na minimum. Po sprístupnení internetu širokej verejnosti, letecké spoločnosti presmerovali distribučný systém predaja leteniek na internet. Letecké spoločnosti môžu uskutočňovať predaj leteniek dvojakým spôsobom. Buď sú predávané priamo na internetovej stránke leteckej spoločnosti alebo cez sprostredkovateľa, cestovné agentúry. Priamy predaj letenky cez internetovú stránku, prípadne mobilnú aplikáciu, prináša leteckej spoločnosti údaje o cestujúcom, ktoré môže po spracovaní využiť na segmentáciu služieb, ktoré mu budú ponúkané. Taktiež priamy predaj leteniek prináša ďalšie výhody, ako pozornosť reklamy využívanej na stránke leteckej spoločnosti, a taktiež vlastnej reklamy, na doplnkové služby, ktoré nie sú priamo spojené s letenkou, ale len dodatočné služby pre cestujúcich, ktoré sú pre letecké spoločnosti rovnako dôležité ako kúpa letenky

DOPLNKOVÉ SLUŽBY NA INTERNETOVÝCH STRÁNKACH NÍZKONÁKLADOVÝCH LETECKÝCH SPOLOČNOSTI A ICH FORMY PROPAGÁCIE

Je logické, že nízko nákladové letecké spoločnosti kladú veľký dôraz a zameranie na zvyšovanie neleteckých výnosov. Propagácia služieb býva vo všeobecnosti na cestujúceho nastavená na presvedčenie až mierne agresívnym spôsobom. Môže sa vyskytnúť prípad, ktorý je celkom bežný u nízko nákladových spoločností ako poukázanie na fakt, že ak si cestujúci nekúpi doplnkové služby spolu s letenkou, neskôr môžu byť drahšie alebo dokonca nemusia byť k dispozícii. Ostatné možnosti môžu poukazovať na pohodlie, resp. nižší komfort cestujúceho, pokiaľ si nepripláti za komfortnejšie sedadlo, prípadne nebude môcť sedieť vedľa svojho partnera, pretože systém ich rozsadí od seba. Doplnkové služby leteckých spoločností sú:

1. Vyšší limit batožiny

Služba sa rozdeľuje ďalej na palubnú batožinu, príručnú, batožinu ktorá je v cene letenky,, zapísanú batožinu a nadrozmernú batožinu. Palubná batožina ma rozmery 55cm x 40cm x 23 cm a jej maximálna hmotnosť je 10kg. Keďže väčšina nízko nákladových leteckých spoločností v roku 2019 upravila politiku batožiny, v prípade, že si chce cestujúci zobrať so sebou väčšiu palubnú batožinu musí si ju dokúpiť ako doplnkovú službu. Zapísanú batožinu si musí cestujúci prikúpiť v závislosti od leteckej spoločnosti sú hmotnostné limity 10, 20 a 32 kg. Nadrozmerná batožina definuje ďalšie kusy batožiny, ktoré si cestujúci môžu kúpiť, alebo definuje zvýšený hmotnostný limit už zakúpenej batožiny. Forma reklamy môže zmiestť cestujúceho, ktorý letenku kupuje po prvý raz, pretože je prezentovaná ako odporúčanie k letenke a častokrát možnosť odmietnutia návrhu prikúpenia batožiny je málo viditeľná.

2. Výber viacerých druhov cenových balíčkov

Nízko nákladové letecké spoločnosti v poslednej dobe zaviedli trend, kde si cestujúci môže vybrať z viacerých cenových balíčkov. Keďže nízko nákladové letecké spoločnosti sú typické výberom len jednej cestovnej triedy, môžeme povedať, že toto je akási kvázi náhrada vyššej cestovnej triedy. Pri kúpe letenky je reklama na tieto služby ponúknutá len jedenkrát v celom procese

objednávania letenky, a to hneď v prvom kroku. Ak si cestujúci nevyberie okamžite najdrahší balíček, je len v ďalšom kroku informovaný, že si môže balíček navýšiť o ten nasledujúci. V tomto prípade je možné konštatovať, že reklama na službu neobťažuje.

3. Možnosť výberu sedadla

Letecká spoločnosť ponúka rozdelenie sedadiel na klasické, prémiové a vyššie prémiové sedadlá, Sedadlá sú rozdelené podľa úrovne komfortu a polohy v lietadle. Tie najlepšíe sedadlá sú umiestňované v prvej rade a pri núdzových východoch. Tieto sedadlá bývajú aj najdrahšie. Reklama na túto službu pôsobí pomerne nátlakovo, keďže cestujúci musí prejsť až tromi fázami v procese rezervácie, kedy je potrebné túto službu odmietnuť pokiaľ o ňu nemá cestujúci záujem.

4. Storno letenky a zmrazenie rezervácie

Keďže ide o službu (storno letenky), ktorá je veľmi citlivá pre leteckú spoločnosť (zmena dátumu letu, refundácia storna), aj podmienky pre zakúpenie tejto služby sú obmedzené. Pri samostatnom kupovaní služby si ju môže cestujúci kúpiť pri rezervácii ale po potvrdení rezervácie, službu už neskôr väčšinou nie je možné kúpiť.

Služba „zmrazenia“ rezervácie je nová možnosť, kedy si cestujúci môže cenu letenky nechať „zmraziť“ za sumu 3€ na 48 hodín, pokiaľ nie je rozhodnutý či chce danú letenku kúpiť alebo nie. Pre obe služby je reklama zobrazovaná v procese rezervácie len raz.

5. Vernostný program

Vernostný program pre nízkonákladové spoločnosti nie je veľmi typický avšak inšpirácia nízko nákladových leteckých spoločností. K zavedeniu vernostného programu má cestujúcemu zvýšiť túžbu cestovať práve jednou a tou istou spoločnosťou. V prípade leteckej spoločnosti Wizz Air, ktorá ma vernostný program Wizz Discount Club, je reklama na túto službu poskytovaná cestujúcemu v samotnom závere procesu rezervácie letenky.

DOPLNKOVÉ SLUŽBY ZALOŽENÉ NA PROVÍZIÍ NA INTERNETOVÝCH STRÁNKACH LETECKÝCH SPOLOČNOSTÍ

Letecké spoločnosti propagujú nielen vlastné doplnkové služby ale taktiež služby, z ktorých má po predaji letecká spoločnosť províziu. Provízia z predaja služby je od 12 do 18% [24] pre leteckú spoločnosť. Je potrebné však brať do úvahy, že každá letecká spoločnosť má podmienky uzavreté inak. Auto požičovňa Hertz ma väčšinou s nízko nákladovými leteckými spoločnosťami stanovené podmienky tak, že provízia sa počíta od toho, či sa cestujúci prenájme auto priamo na letisku, nie v najbližšom meste. Provízia pre leteckú spoločnosť sa pohybuje väčšinou v intervale od 12 do 18%. V tejto diplomovej práci sa však zaoberáme vnímaním reklamy zo strany cestujúcich, tak nás zaujímala aj provízia z využitia doplnkových služieb pre cestujúcich.

1. Prenájom auta

Forma propagácie prenájmu auta je u každej spoločnosti odlišná, Niektorá spoločnosť ako Wizz Air odmeňuje

cestujúcich províziou z nákupu (Wizz Air) a spoločnosti ako Ryanair alebo Easyjet províziu cestujúcim neposkytujú.

2. Ubytovanie

Pre propagáciu tejto služby letecké spoločnosti využívajú hlavne titulnú webovú stránku a pri procese rezervácie letenky sa už ponuka na ubytovanie nevyskytuje. Taktiež je na spoločnosti, či propaguje zakúpenie služby formou provízie z nákupu alebo nie.

3. Cestovné poistenie

Nízkonákladové letecké spoločnosti ponúkajú cestujúcim niekoľko druhov cestovných poistení v závislosti od podmienok a obsahom pokrytia služieb. Táto služba je propagovaná ako na titulnej stránke leteckej spoločnosti taká j v procese rezervácie letenky. Ide o službu, ktorá cestujúcemu dodá pocit istoty, preto je aj viac propagovaná.

4. Parkovanie na letisko a transfer na letisko

Službu letiskového transferu taktiež každá spoločnosť propaguje inak. V prípade leteckej spoločnosti Wizz Air je táto služba len na vyžiadanie avšak Iné spoločnosti ako Ryanair a Easyjet ponúkajú na výber viacero druhov prepravy z letiska či dokonca províziu z využitia služby pre cestujúceho (Easyjet)

Podobne aj parkovanie na letisku je propagované len spoločnosťou Easy jet ako provízia z využitia služby. Letecké spoločnosti Ryanair a Wizz Air parkovanie poskytujú avšak bez provízie a len na vybraných letiskách. (Wizz Air).

POROVNANIE DOPLNKOVÝCH SLUŽIEB SO SPOLOČNOSTAMI WIZZ AIR, RYANAIR A EASYJET.

Letecká spoločnosť Easyjet má väčšinu svojich doplnkových služieb obsiahnutých vo svojom vernostnom programe EasyJet Plus. Vernostný program je propagovaný cestujúcim pri každej fáze procesu rezervácie letenky. V tomto programe je obsiahnutá služba prednostného nástupu do lietadla, prednostného bezpečnostného odbavenia, vyššieho limitu batožiny a voľby komfortnejšieho sedadla. Rozdiel oproti spoločnostiam Wizz Air a Ryanair je v rozmeroch príručnej batožiny (56x45x25cm), ktorú si cestujúci môže zobrať do lietadla v základnej cene letenky Doplnkové služby založené na provízií ako napr. prenájom auta a rezervácia ubytovania cez stránku leteckej spoločnosti, EasyJet nepropaguje spôsobom provízie z nákupu. Tieto služby je možné zakúpiť cez stránku leteckej spoločnosti avšak bez provízie pre cestujúcich. Naopak pri doplnkových službách parkovania na letisku a využitia transferu na letisko cestujúci získa províziu z nákupu pokiaľ je členom vernostného programu EasyJet Plus.

Rozmery príručnej batožiny, ktorú si cestujúci môže zobrať so sebou v cene základnej letenky sú zredukované podobne ako u leteckej spoločnosti Wizz Air na 40 x 30 x 20 cm. Propagácia doplnkových služieb na stránke leteckej spoločnosti Ryanair je vo všeobecnosti veľmi dobre viditeľná. Cestujúci má prehľad o doplnkových službách leteckej spoločnosti ale aj o službách založených na provízií. Samotný proces rezervácie letenky môže pôsobiť máťuco, pretože cestujúci nemá prehľad kedy môže pristúpiť k samotnej platbe, ktorá je dostupná až po odmietnutí všetkých doplnkových služieb.

Letecká spoločnosť Wizz Air sa odlišuje od uvedených leteckých spoločností najmä službou „zmrazenia“ ceny letenky, kedy si cestujúci môže rozmyslieť či si letenku zakúpi. Rozdielom v zakúpení doplnkových služieb založených na provízií je potreba kontaktovania leteckej spoločnosti pokiaľ má cestujúci záujem o službu transferu na letisko resp. z letiska. Taktiež služba parkovania na letisku nie je propagovaná v procese rezervácie letenky a je dostupná len na niektorých letiskách.

IV. VNÍMANIE REKLAMY NA DOPLNKOVÉ SLUŽBY CESTUJÚCIMI

V kapitole 3 sme analyzovali formy reklamy využívané v leteckej doprave. Súčasťou analýzy bola tiež reklama na doplnkové služby , ktoré sú propagované na internetových stránkach leteckých spoločností. Kapitola 4 sa venuje výskumu vnímania propagácie doplnkových služieb cestujúcimi s cieľom napomôcť pochopiť stratégiu propagovania predaja doplnkových služieb leteckých spoločností a zlepšiť spôsob propagácie doplnkových služieb leteckých spoločností a služieb založených na provízií

Vo výskume sme sa zamerali na niekoľko základných oblastí:

- spôsob vnímania reklamy na doplnkové služby leteckých spoločností cestujúcimi a viditeľnosť reklamy
- formu propagácie doplnkových služieb zo strany leteckých spoločností
- využívanie doplnkových služieb leteckých spoločností zo strany cestujúcich

METODIKA VÝSKUMU

Základnou metódou získavania informácií bol dotazníkový prieskum, ktorý sa skladal z otázok s možnosťou výberu odpovede, resp. z otvorených otázok. Dotazník bol vytvorený online, pomocou internetovej stránky - Survio, ktorá je zameraná na tvorbu a distribúciu dotazníkov. Dotazník obsahoval 20 otázok (príloha v kapitole 7 tejto práce). Otázky sa týkali spôsobu vnímania reklamy na doplnkové služby leteckých spoločností cestujúcimi a viditeľnosti reklamy, formy propagácie doplnkových služieb zo strany leteckých spoločností a využívania doplnkových služieb leteckých spoločností zo strany cestujúcich. Pre segmentáciu jednotlivých odpovedí, sme zvolili aj niekoľko demografických otázok od respondentov. Keďže sme chceli dosiahnuť čo najvyššiu mieru úspešnosti a relevantnosti odpovedí v dotazníku, zamerali sme sa na respondentov, ktorí už mali skúsenosť s nákupom leteniek cez webovú stránku leteckej spoločnosti. Nevyberali sme teda respondentov, ktorí napríklad využívajú leteckú dopravu pre cestovanie, len ako sprevádzajúca osoba, a preto kupovanie leteniek je v kompetencii cestujúceho partnera.

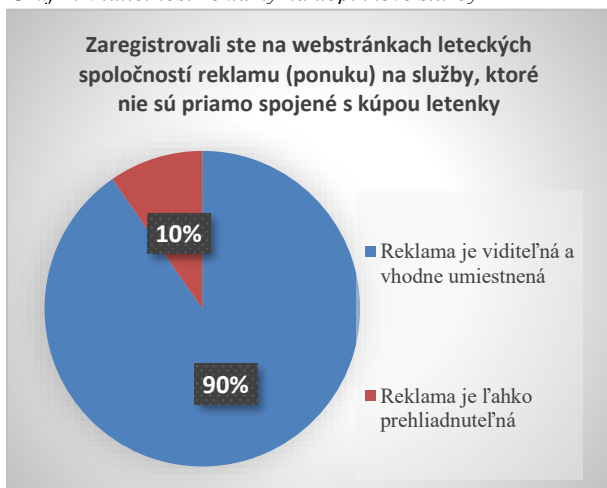
VÝSLEDKY VÝSKUMU

Prieskum sme uskutočnili počas 10 dní (od 14.5.2020 do 23.5.2020) na vzorke 114 respondentov. Dotazník sme distribuovali prostredníctvom Instagramu. Oslovili sme dve skupiny ľudí. Prvú skupinu tvorili sledovatelia cestovateľskej

stránky, ktorá sa zaoberá tipmi na lacné, nízko nákladové cestovanie. Druhú skupinu respondentov tvorili cestovatelia, ktorých autor poznal osobne, a o ktorých sme vedeli, že využívajú nákup leteniek cez internetovú stránku leteckých spoločností a teda s určitou mierou sa stretli s doplnkovými službami. Podiel respondentov z oboch skupín v našom výskume je približne 50%.

SPÔSOB VNÍMANIA REKLAMY NA DOPLNKOVÉ SLUŽBY LETECKÝCH

Graf 1: Viditeľnosť reklamy na doplnkové služby



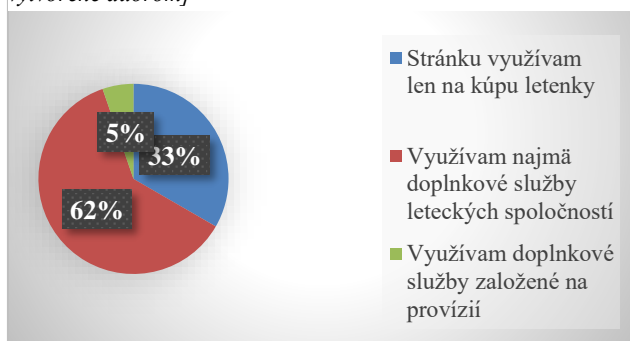
SPOLOČNOSTÍ CESTUJÚCIMI A VIDITEĽNOSŤ REKLAMY

Ako môžeme vidieť v priloženom grafe v prípade viditeľnosti reklamy na doplnkové služby je takmer jednoznačná. 90% respondentov (103 z celkového počtu) odpovedalo, že reklamu vníma a je pre nich dostatočne viditeľná na internetovej stránke leteckej spoločnosti. Zvyšných 11 respondentov uviedlo, že je pre nich reklama ľahko prehladnuteľná. Taktiež v tejto otázke si mohol respondent vybrať len jednu z možností.

FORMA PROPAGÁCIE REKLAMY, VNÍMANÁ ZO STRANY CESTUJÚCICH.

Keďže propagácia služieb a produktov vo všeobecnosti má rôzny charakter, zaujímalo nás, ako propagácia na doplnkové služby, ktoré sú na stránke leteckých spoločností vplyva na zákazníkov.

Graf 2: Forma propagácie reklamy na doplnkové služby [zdroj: vytvorené autorom]



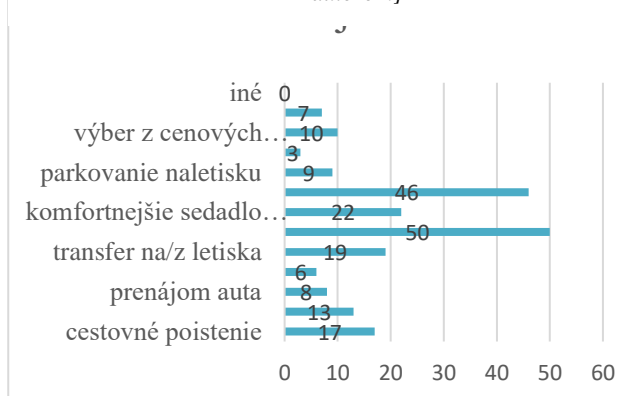
Z nášho prieskumu sme zistili, že 66%, čo je 76 respondentov označilo, že reklamu vníma ako zaujímavú a neobťažuje ich. Ako si môžeme všimnúť na predchádzajúcom grafe 3 na strane 68, pri otázke vnímania cestujúcich na

doplnkové služby, výsledok prieskumu skončil podobne. Môžeme zhodnotiť, že pravdepodobne prevažná časť cestujúcich, ktorá zvolila možnosť, že reklamu vníma ako agresívnu a nátlakovú, je zo skupiny cestujúcich, ktorá preferuje internetovú stránku leteckej spoločnosti len na nákup letenky a ďalšie doplnkové služby ich obťažujú.

VUŽÍVANIE DOPLNKOVÝCH SLUŽIEB CESTUJÚCIMI

Vo výskume nás tiež zaujímalo o aké doplnkové služby mali naši respondenti najväčší záujem

Graf 3: Doplnkové služby zakúpené cestujúcimi [zdroj: vytvorené autorom]



V našom dotazníku sme zaznamenali dve doplnkové služby, ktoré sa výrazne odlišujú od ostatných, čo sa týka obľúbenosti. Prednostný nástup do lietadla ktoré zvolilo 50 respondentov a vyšší limit zapísanej batožiny. Ostatné služby sa ďalej pohybovali na podobnej úrovni. Komfortnejšie sedadlo si zakúpilo 22 respondentov, transfer na/z letiska 19 respondentov a cestovné poistenie 17 respondentov. Dve najznámejšie služby založené na provízií ako prenájom auta a ubytovanie si cez stránku leteckej spoločnosti zakúpilo len 8 respektíve 6 respondentov. Najmenej obľúbenou službou v tejto otázke bola možnosť zmrazenia letenky na 24 hodín, ktorú si zakúpili len traja respondenti.

NAJČASTEJŠIE VYUŽÍVANÉ LETECKÉ SPOLOČNOSTI RESPONDENTAMI

Na 12. otázku sme nechali priestor respondentom, aby uviedli cez akú internetovú stránku najčastejšie kupujú doplnkové služby. Vo výsledkoch uvádzame aj rakúsku leteckú spoločnosť Austrian airlines. Nie je to typická nízko nákladová letecká spoločnosť ale je možné ju považovať za „hybridnú“ spoločnosť najmä s ohľadom na niektoré prvky jej prevádzkového modelu prevzaté od nízko nákladových leteckých spoločností. Graf 4 naznačuje, že respondenti dotazníka najčastejšie lietajú spoločnosťou Ryanair (označilo 52 respondentov) a Wizz Air (označilo 27 respondentov) z celkového počtu 96 odpovedí, keďže niektorí respondenti uviedli viacero leteckých spoločností. Treťou najviac využívanú leteckou spoločnosťou je Lauda, ktorá však je dcérskou spoločnosťou leteckej spoločnosti Ryanair. Ale pre lepší prehľad sme ju oddelili od materskej spoločnosti. Využívajú ju najmä cestujúci, ktorí letia z letiska Viedeň, keďže až donedávna tam mala svoju hlavnú bázu. Bohužiaľ kvôli nehode s materskou spoločnosťou Ryanair báza musela byť zrušená a budúcnosť tejto

leteckej spoločnosti môže byť veľmi ohrozená. Letecké spoločnosti Vueling a Norwegian majú v našich výsledkoch najmenšie zastúpenie, keďže Vueling zvolil 1 respondent a Norwegian 2 respondenti.

Graf 4: Najčastejšie využívané letecké spoločnosti [zdroj: vytvorené autorom]



ZÁKLADNÉ DEMOGRAFICKÉ ÚDAJE CESTUJÚCICH

Medzi respondentmi dotazníka dominujú ženy. Z celkového počtu 114 respondentov 77% (88 respondentov) bolo žien a 23% (26 respondentov) bolo mužov.

78 respondentov (68,4%) je vo veku 18-25 rokov, teda cestujúci buď ako študenti alebo mladí pracujúci. 22 respondentov (19,2%) tvorí druhú najpočetnejšiu skupinu vo veku 26-35 rokov. 10 respondentov (8%) je vo veku 36-45 rokov a 4 respondenti (3,5%) sú vo veku 46-55 rokov. V našom dotazníku sme respondentov ktorí mali 56 rokov a viac nezaznamenali.

Primárne vybrané spoločnosti boli nízkonákladové 87% (99 respondentov) a 13 % (15 respondentov) volí tradičné letecké spoločnosti.

V našom dotazníku máme predovšetkým voľnočasových cestujúcich, Ich celkový podiel v našom výskume bol 90% (103 respondentov). Ďalšími skupinami respondentov sú cestujúci za rodinou prípadne blízkymi a len traja respondenti patria do skupiny obchodných cestujúcich.

ZÁVEREČNÁ DISKUSIA

V konečnom dôsledku môžeme povedať, že v porovnaní so súčasou formou prezentácie reklamy a výsledkov využívania doplnkových služieb, by mali letecké spoločnosti cieľiť reklamu na najvyužívanejšie doplnkové služby a naopak znížiť dôraz na služby málo využívané.

V tretej kapitole sme uviedli, že letecké spoločnosti kladú veľký dôraz na propagáciu zakúpenia doplnkovej služby výberu sedadla. Avšak vo výsledkoch nášho výskumu sme zistili že táto služba u našich respondentov nepatrí medzi najobľúbenejšie.

Podobný výsledok sme zaznamenali aj pri službe výberu z viacerých cenových balíčkov s rozličnými doplnkovými službami. Doplnková služba a jej cena sú častokrát nastavené s

veľkým cenovým rozdielom. V takom prípade cestujúci radšej zakúpi jednu či dve služby z balíčka samostatne akoby mal zaplatiť viac ako 100% z pôvodnej ceny letenky.

Poslednou skupinou sú doplnkové služby tretích strán, založené na provízií. Podľa zistení nášho výskumu, využíva tieto služby (prenájom auta, ubytovanie či cestovné poistenie) len 5% respondentov. Zvýšiť úspešnosť predaja týchto služieb by letecké spoločnosti dokázali najmä prostredníctvom lepšej propagácie provízie, ktorá cestujúcim z takto zakúpených služieb prináleží. Podobne by bolo vhodné, keby letecké spoločnosti zjednodušili spôsob získania tejto provízie a upustili od nutnosti členstva cestujúceho vo vernostnom programe spoločnosti.

V. ZÁVER

Predaj leteniek prostredníctvom internetových stránok leteckých spoločností je príležitosť, ako môžu letecké spoločnosti riadiť reklamný obsah umiestnený na stránke leteckej spoločnosti, ktorý priamo nesúvisí s predajom letenky. Do tohto obsahu patria aj doplnkové služby leteckých spoločností

V našej práci sme sa sústredili na doplnkové služby nízko nákladových leteckých spoločností. Po analýze súčasného stavu sme sa zamerali na výskum, v ktorom sme zisťovali vnímanie a formu propagácie reklamy na doplnkové služby leteckých spoločností a ich využívanie. Zo spracovania výsledkov dotazníka, na ktorom sa podieľalo 114 respondentov sme zistili, že forma propagácie na doplnkové služby je u jednej tretiny respondentov vnímaná negatívne. Z analýzy tiež vyplýva, že najčastejšie využívané doplnkové služby z pohľadu cestujúcich v procese rezervácie letenky sú vyšší limit zapísanej batožiny a prednostný do lietadla. Táto služba taktiež obsahuje taktiež vyšší limit palubnej batožiny, preto je u cestujúcich obľúbená. Naopak služby, ktoré si cestujúci kupujú najmenej sú zmrazenie letenky a vo všeobecnosti doplnkové služby založené na provízií ako prenájom auta či ubytovanie. Reklama na doplnkové služby je podľa nášho výskumu aj viditeľná na internetovej stránke leteckej spoločnosti a vhodne umiestnená. Respondenti so zakúpenými doplnkovými službami nemali výrazné problémy. Pre respondentov, ktorí doplnkové služby nevyužívajú je dôvod navštívenia stránky leteckej spoločnosti len kúpa letenky a doplnkové služby nevnímajú ako nedôverčivé. Negatívny výsledok v prieskume sme zaznamenali pri neodporúčaní zakúpenia doplnkových služieb iným osobám. Tento výsledok považujeme za nevýhodný pre letecké spoločnosti, keďže reklama založená na vlastnej skúsenosti od cestujúcich ma častokrát najväčšiu váhu. Rovnako služba cenových balíčkov, ktoré obsahujú doplnkové služby v cene letenky sú vnímané negatívne, pretože u našich respondentov je takmer nevyužívaná.

Naším cieľom bolo vytvoriť určité návrhy, ako znížiť negatívny vplyv reklamy na cestujúcich, a navrhnúť opatrenia ako zvýšiť efektívnosť propagácie a predaju doplnkových služieb leteckých spoločností a služieb založených na provízií.

POĎAKOVANIE

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

REFERENCIE

- [1] BOARD Willism The Value of the airport audience Providers. 19. Apríl 2018. Dostupné na internete: <https://oohtoday.com/nielsen-study-confirms-airport-advertising-drives-sales/>
- [2] CLEAR CHANNEL AIRPORTS, Why airports 2017 dostupné na internete: <http://clearchannelairports.com/why-airports/business-freq-flyers/>
- [3] VIENNA AIRPORT, Media data 2020 dostupné na internete :https://www.airportmedia.at/jart/prj3/apmedia_2018/uploads/data-uploads/MediaData_VIE_AirportMedia2020.pdf
- [4] IMM INTERNATIONAL Benefits of In-flight Advertising, 16. Február 2016, dostupné na internete: <https://www.imm-international.com/benefits-of-in-flight-advertising/>
- [5] STANTON Hayley What are the categories of airline ancillary revenue 2020 dostupné na internete: <https://tourismteacher.com/categories-of-airline-ancillary-revenue/>
- [6] BARTOŠ, M., BADÁNIK, B. Flying social media course. Transportation Research Procedia 43, pp. 119-128.
- [7] BADÁNIK, B., GÖTZ, K. 2018. Aircraft manufacturers marketing warfare. MATEC Web of Conferences 236, 01006
- [8] TOMOVÁ, A., MATERNA, M. 2017. The Directions of On-going Air Carriers' Hybridization: Towards Peerless Business Models? Procedia Engineering 192, pages 569-573
- [9] TOMOVÁ, A. a kol. 2016. Ekonomika letísk. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline EDIS-vydavateľské centrum ŽU. 2016. 219 strán. ISBN 978-80-554-1257-3.
- [10] TOMOVÁ, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A., ČERVINKA M., HAVEL K. 2017, Ekonomika leteckých spoločností, 1. vyd. Žilina: EDIS, 2017. 274 s. ISBN 978-80-554-1359-4.
- [11] NOVÁK, A. - NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva. - 1. vyd. - Žilina : Žilinská univerzita, 2010. - 125 s., [AH 6,82; VH 7,24]. - ISBN 978-80-554-0300-7.

Bc. Miroslav Fábik – narodený dňa 20.02.1996 v Skalici absolvoval v roku 2015 Gymnázium Jána Bosca v Šaštíne. V roku 2015 nastúpil na Žilinskú univerzitu v Žiline v odbore letecká doprava. V roku 2018 úspešne ukončil prvý bakalársky stupeň a v tom istom roku nastúpil na druhý stupeň – inžiniersky v študijnom programe letecká doprava.

NÁVRH A REALIZÁCIA PROTOTYPU VZDUCHOM POHÁŇANEJ VRTULE PRE ŠPECIÁLNE VYUŽITIE

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF PROTOTYPE OF AIR DRIVEN PROPELLER FOR SPECIAL APPLICATIONS

Petra Frťalová

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
frtalova1@stud.uniza.sk

Jozef Čerňan

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
jozef.cernan@fpedas.uniza.sk

Abstract – Nowadays, there is an increasing emphasis on innovation. Manufacturers are forced to constantly improve their products. Innovations take place also in aviation. Not only manufacturers but also consumers of aviation products and services accentuate the highest possible efficiency of products, both economically and ecologically. This paper provides a theoretical insight into the possible future of aviation by the development of a new type of aircraft propeller. The first part of this paper provides theoretical knowledge of propellers and lift. The second part consist of theoretical design of propeller powered by compressed air from external source. The model of such propeller is created in 3D CAD software. Very last part of this paper is the construction of such model by using a 3D printer to create the components of propeller, joining its parts into one prototype. The last part also contains the results of testing and provides ideas for further improvement.

Key words – Propeller, air starter, drive, energy, air, compressor, 3D printing

I. ÚVOD

Aby sa lietadlo udržalo vo vzduchu a letelo určitým zvoleným smerom, je potrebné vynaložiť istú energiu. Bezmotorové lietadla sa vo vzduchu udržiavajú vďaka stúpavým vzdušným prúdom. Keďže sú prúdy stúpajúceho vzduchu viac menej náhodné, nemožno bezmotorové lietadlo používať ako dopravný prostriedok. Aby od takýchto prúdov nebolo lietadlo závislé, využíva sa energia motora. Aby sa vytvoril vztlak, lietadlo sa musí pohybovať a ku pohybu je nutná hnacia sila. Táto hnacia sila môže byť výsledkom reakcie vzdušného prúdu vyvíjaného vrtuľou alebo reakciou spalín prúdiacich (vytekajúcich) vysokou rýchlosťou z motora.

Vrtule vyvíjaním ťahu menia energiu motora na prácu, ktorú lietadlo vykonáva pri svojom posuvnom pohybe. Využívajú sa najmä v letectve, hlavne v minulosti pred objavením a skonštruovaním prvých prúdových motorov. Dnes je inštalovaná prevažne na ľahkých športových či výcvikových lietadlách

(Cessna, Zlín, a pod.), menších dopravných lietadlách (napr. ATR), vzducholodiach a helikoptéroch, kde je hlavným agregátom vytvárajúcim ťah. Vrtuľa je priamo napojená na motor hriadeľom alebo je poháňaná reduktorom. V oboch prípadoch je ale roztáčaná silou motora.

Cieľom tejto diplomovej práce je navrhnúť taký prototyp vrtule, ktorá nemusí byť napojená na motor aby ju bolo možné roztočiť a splnila tak svoj účel – generovala ťah a takto navrhnutý model aj následne zostrojiť a otestovať jeho funkčnosť. Táto práca ponúka náhľad do možnej budúcnosti určitej oblasti letectva a možnosti využitia vrtule poháňanej prúdom vzduchu v leteckom priemysle.

Vrtuľa je lopatkový stroj premieňajúci mechanickú energiu motora na kinetickú energiu, za účelom vyvinutia sily potrebnej na dopredný pohyb lietadla. Vrtuľa má svoje miesto v letectve od počiatku motorového lietania, až do dnes. V minulosti sa používali pevné dvojlisté drevené vrtule, no postupom času sa začali inštalovať za letu nastaviteľné vrtule, na ktorých je možné zmeniť uhol nastavenia listov pre zvýšenie výkonu. V súčasnosti sa vrtuľa využíva spolu s piestovým motorom najmä na malých lietadlách (športových, cvičných a pod.) a na pohon väčších dopravných lietadiel sa využíva v spojení s turbínovým motorom.

Základnými časťami vrtule sú vlastná vrtuľa, ktorá sa skladá z listov a vrtuľového náboja (aj vrtuľová hlava), v ktorom sú upevnené listy vrtule prenášajúce krútiaci moment z vrtuľového hriadeľa na listy; vrtuľový kryt (kryt náboja, aby nevytváral pri lete veľký odpor) a ostatné príslušenstvo vrtule, ako regulátor otáčok, zariadenie pre nastavovanie uhla listov, či ovládacie a odmrazovacie zariadenie.

Typy vrtúľ môžeme zaradiť do jednotlivých kategórií podľa ich umiestnenia na motore, zmyslu otáčania a možnosti zmeny uhla nastavenia listov.

PRINCÍP ČINNOSTI

Letecká vrtuľa je aerodynamické zariadenie, ktoré premieňa rotačnú energiu na pohonnú silu a vytvára ťah, ktorý je približne kolmý na rovinu rotácie. Rotačná energia môže byť

produkována motorom s piestovou alebo plynovou turbínou, alebo elektrickým motorom.

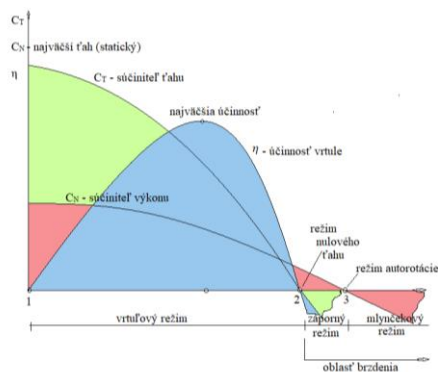
Vrtuľa môže byť pripravená priamo na kľukový hriadeľ piestového motora, ako je to v prípade mnohých ľahkých lietadiel, alebo môže byť poháňaná redukčnou prevodovkou pripojenou na piestový alebo prúdový motor. V tomto prípade redukčná prevodovka slúži na prevod vysokých otáčok motora na rýchlosť vhodnejšiu pre prevádzku vrtule.

Vrtule majú dve alebo viac lopatiek rozmiestnených rovnomerne okolo náboja a sú k dispozícii v konfiguráciách s pevným rozstupom alebo s variabilným rozstupom. Medzi sofistikovanejšie konštrukcie vrtule patria konštrukcie s konštantnou rýchlosťou, koaxiálne – protichodné a protismerné vrtule.

Zatiaľ čo motorom s pomerne malým výkonom stačí, aby mal každý motor iba jednu vrtuľu, ktorá vyhovuje rozmerom lietadla. Pre motory s väčším výkonom je vhodné, s prihliadnutím na rozmery lietadla, inštalovať na každý motor dve vrtule nasadené na dvoch súosových protibežných hriadeľoch – protibežné (protichodné) vrtule.

Pre posúdenie vhodnosti vrtule na daný typ lietadla je nutné poznať prevádzkové charakteristiky vrtule. Prevádzkové charakteristiky vrtule sú definované tvarom, rozmermi, dynamickými a kinematickými vlastnosťami vrtule. Základnými typmi charakteristík vrtúľ sú: geometrické, aerodynamické a dynamické charakteristiky.

Geometrické charakteristiky vrtule sú dané tvarom a rozmermi vrtule – priemer, polomer rezu, počet listov, šírka listu, uhol nastavenia profilu listu, hrúbka profilu, geometrické stúpanie listu a pod. Aerodynamické charakteristiky určujú aerodynamické vlastnosti vrtule. Vznik ťahu vrtule môžeme teoreticky vysvetliť ako dôsledok rozdielov tlakov pred a za diskom vrtule, alebo ak uvažujeme vrtuľu ako otáčajúce sa krídlo, potom je ťah daný priemetom výslednej aerodynamickej sily, ktorá pôsobí na listy vrtule, do smeru otáčania. Priemet do roviny otáčania je silou, ktorú je potrebné pri rotácii prekonať krútiacim momentom motora. Základnými aerodynamickými charakteristikami vrtule sú súčiniteľ ťahu a výkonu, rýchlostný súčiniteľ a účinnosť vrtule. Aerodynamické charakteristiky môžeme použiť aj na definovanie pracovných režimov vrtule. Rozlišujeme sedem pracovných režimov vrtule – vrtuľníkový, vrtuľový, režim nulového ťahu, režim brzdenia, režim autorotácie, mlynčekový režim a režim vírového krúžku.



Obrázok 1: Pracovné režimy vrtule [zdroj: autor]

PRÚDOVÁ VRTUĽA

Špeciálnym druhom leteckej vrtule je prúdová vrtuľa, ktorá nie je poháňaná tradične motorom cez hriadeľ, ale prúdom vzduchu, ktorý vyteká von dýzou, prípadne viacerými dýzami, vo vrtuľovom liste. Takýto prúd vzduchu môže byť generovaný napríklad kompresorom umiestneným v trupe, alebo motormi umiestnenými priamo na špičkách vrtuľových listov.

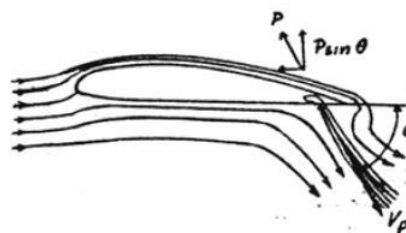
Takáto konštrukcia motorov na špičkách listov je však nevýhodná z hľadiska veľkej hmotnosti a zaťaženia jednotlivých častí odstredivou silou. Okrem toho je problémom aj komplikovaná dodávka paliva a značne je sťažené aj ovládanie a regulácia takýchto motorov. U niektorých typov sa pri takejto konštrukcii prejavila aj výrazne zvýšená miera hlučnosti.

Tento koncept však predstavuje veľkú výhodu najmä u vrtuľníkov, ktoré sú takto poháňané. Vrtuľníky využívajúce pohon prúdovou vrtuľou majú jednoduchšiu konštrukciu, keďže chvostový rotor nie je v tomto prípade potrebný (napr. McDonnell XV-1). Takéto konštrukčné riešenie je spojením pohonu vrtule prúdom stlačeného vzduchu a aktívnych prostriedkov na zvýšenie vztlaku.

PRÚDOVÁ KLAPKA

Pri navrhovaní prototypu sme využívali aj základné poznatky o aktívnych prostriedkoch vztlakovej mechanizácie pre zvýšenie účinnosti našej vrtule. Využili sme ich najmä pri navrhovaní konštrukcie vrtuľových listov..

Prúdová klapka predstavuje prúd vzduchu, ktorý veľkou rýchlosťou prúdi špeciálne upravenou odtokovou hranou pod určitým uhlom ku spodnej strane povrchu krídla. Princíp funkcie tejto klapky spočíva v zmene obtekania profilu, zväčšovaní zakrivenia profilu a zväčšovaní efektívnej plochy krídla. Vďaka najvyšším prírastkom CL_{max} je najúčinnnejším zariadením aktívnej vztlakovej mechanizácie, no kvôli svojim nevýhodám, najmä obrovskej energetickej náročnosti, sa v praxi nepoužíva. Taktiež nevýhodou tohto systému je pokles účinnosti v blízkosti zemského povrchu – pri vzlete a pristátí a pri zmenšovaní štíhlosti krídla.



Obrázok 2: Prúdová klapka [8]

II. METODOLÓGIA PRÁCE

Prvou časťou práce bolo navrhnutie trojrozmerného modelu vrtule. Na návrh 3D modelu vrtule bol použitý software Creo 6.0 od spoločnosti PTC. Ide o popredný 3D CAD software (softvér) slúžiaci na modelovanie jednotlivých častí predmetov ako aj spájanie častí do celkového predmetu. Balík programov dostupný aj v študentskej verzii pozostáva z niekoľkých modulov s rôznymi nástrojmi pre všetky fázy modelovania od

počiatočného návrhu až po možnosť testovania a následnú výrobu predmetu použitím 3D tlačiarň.

Ďalšiu nadväzujúcou časťou práce bolo vytvorenie trojrozmerného modelu takéhoto prototypu vrtule. Na výrobu vrtule bola použitá 3D tlačiareň značky Creality. Takýto spôsob výroby prototypu má mnoho výhod a to najmä pokiaľ ide o zmeny v konštrukcii jednotlivých súčiastok alebo zostáv súčiastok, keďže ich možno prostredníctvom programu jednoducho upraviť či inak modifikovať a opätovne vytlačiť pomerne rýchlo a lacno. Na výrobu takéhoto prototypu je nutné použitie viacerých počítačových programov a softvérov ako napr. softvér na vytváranie modelov CAD, či softvér slúžiaci na ovládanie 3D tlačiarne.

3D TLAČ

Aj keď sa môže zdať, že 3D tlač patrí k novým modernej doby, jej história siaha až do 80-tych rokov minulého storočia, no do povedomia sa dostala až vďaka dostupnosti domácich 3D tlačiarň. Prvé pokusy v oblasti 3D tlače sa spájajú s rokom 1980 a objavom techniky tzv. rapid prototyping (rýchlej tvorby prototypov), s ktorou prišiel japonský vedec Dr. Kodama.

Za zakladateľa technológie 3D tlače, označovaného aj „otec 3D tlače“ je považovaný američan Charles W. Hull, ktorý pracoval na vytvorení odolnejších náterov pomocou tekutých materiálov, ktoré po ožiarení UV svetlom zatvrdnú. Vtedy sa zrodila myšlienka vyrobiť prístroj, ktorý by dokázal takýto tekutý materiál vrstviť v niekoľkých vrstvách na seba, zatvrdiť UV svetlom a nanášať ďalšie vrstvy. Pomocou tohto procesu vytvoril prvý 3D model v roku 1983. V roku 1984 obdržal prvý patent za stereolitografický aparát, ktorý používa UV žiarenie na vytvrdnutie prototypu z fotopolymérov.

III. NÁVRH VRTULE

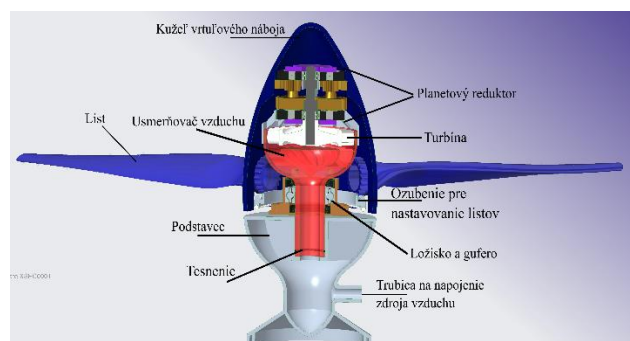
Pri navrhovaní prototypu je nutné brať ohľad na niekoľko podstatných faktorov. Okrem vlastností a charakteristík materiálu použitého na výrobu musíme zohľadniť aj spôsob, ktorým bude vrtuľa zhotovená, teda prispôsobiť návrh tak, aby vyhovoval podmienkam 3D tlače a aby vôbec bolo možné tento návrh zhotoviť. Musíme samozrejme počítať s obmedzenou pracovnou plochou, určitou presnosťou tlače a minimálnou hrúbkou stien jednotlivých vrstiev materiálu. Nami použitá tlačiareň má rozmery pracovnej plochy. Taktiež je nutné návrh prispôsobiť aj rozmerom bežných ložísk. Pri zhotovovaní vrtule chceme použiť bežne dostupné ložiská a hriadeľové tesnenia (guferá), keďže výroba ložísk na mieru je veľmi náročná ako časovo, tak aj finančne.

Nami navrhnutý prototyp vzduchom poháňanej vrtule bol inšpirovaný predchádzajúcim modelom vytvoreným v Košiciach. Oproti pôvodnému modelu však došlo pri navrhovaní našej vrtule ku niekoľkým zásadným zmenám. Všetky inovácie sú podrobnejšie popísané v nasledujúcich podkapitolách.

Takto navrhnutú vrtuľu je možné využívať v horizontálnej aj vertikálnej polohe. Je možné ju využiť napríklad na pohon dronov, ale tiež viacmotorových lietadiel. Využili sme koncepciu šiestich vrtuľových listov, ktoré sú duté a pomerne

úzke aby bola zabezpečená čo najvyššia účinnosť vrtule tak, aby nám tlačiareň umožňovala listy zostrojiť.

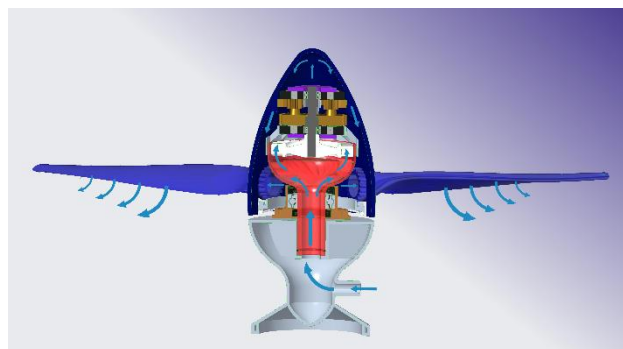
Keďže ide len o ideový návrh, vrtuľa nemá konkrétne parametre. Pri návrhu vrtuľových listov sme vychádzali zo základu bežne používaného profilu NACA 4415, často používaného pre listy vrtuľ.



Obrázok 3: Časti vrtule [zdroj: autor]

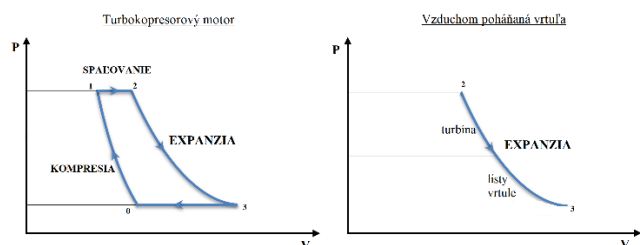
PRINCÍP ČINNOSTI VRTULE

Princíp činnosti tohto prototypu vrtule spočíva v napojení externého zdroja energie, v našom prípade kompresora, na trubicu, ktorá je súčasťou podstavca vrtule. Vzduch je vháňaný do vnútra podstavca. Odtiaľ prúdi smerom nahor cez trubicu do usmerňovača, ktorý tvoria zaoblené steny a sústava pevných nerotujúcich lopatiek, ktorých úlohou je usmerniť privádzaný prúd vzduchu tak, aby dopadal na lopatky turbíny pod správnym uhlom. Tento prúdiaci vzduch roztáča turbínu, ktorá je hriadeľom napojená na planetovú prevodovku, ktorá je drážkou uchytená na aerodynamický kužeľ – kryt vrtuľového náboja a tým ho roztáča a spolu s ním roztáča aj vrtuľu spolu s listami. Všetok vzduch ktorý prešiel turbínou a roztočil ju sa hromadí vo vnútri kužeľa (konusu) a jediná možná cesta von je vstupovaním do dutých vrtuľových listov, na to prispôbených. Vo vnútri listov sa nachádzajú rozvádzačie rebrá ktoré vedú vzduch listom a na jeho spodnej strane odtokovej hrany vystupujú von úzkymi podlhovastými otvormi. Tento prúd vzduchu smerom von z listov vytvára dodatočnú silu roztáčania vrtuľových listov a zefektívňuje tak rotáciu vrtule. Je samozrejme nutné adekvátne utesnenie všetkých kritických miest, kadiaľ by vzduch mohol unikať, napríklad tesnenie v mieste uloženia vrtuľových listov do aerodynamického kužeľa.



Obrázok 4: Princíp prúdenia vzduchu naprieč vrtuľou [zdroj: autor]

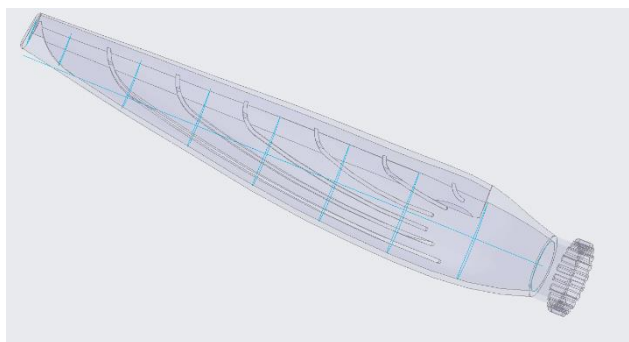
Zdrojom energie na pohon tohto prototypu vrtule je stlačený vzduch. Na vykonanie práce vrtule sa využíva expanzia stlačeného vzduchu podobne ako pri turbokompresorových motoroch. Rozdiel medzi prácou ktorú vykonáva turbokompresorový motor pri generovaní ťahu a prácou ktorú vykonáva vzduchom poháňaná vrtuľa môžeme znázorniť pomocou p-V diagramu. P-V diagram je stavový diagram, v ktorom sa zobrazuje závislosť tlaku plynu na jeho objeme.



VRTUĽOVÉ LISTY

Základom pre nami navrhnutý vrtuľový list bol štandardný profil NACA 4415. List je dutý aby mal čo najmenšiu hmotnosť a je prispôbený tak aby ním mohol prúdiť vzduch smerom von a tým napomáhať k rotácii vrtuľových listov. Tvarovaný koreň listu s ozubením je špeciálne uložený vo vrtuľovom náboji tak, aby umožňoval natáčanie vrtuľových listov. Táto vrtuľa je vrtuľou s úplným natáčaním listov, teda natáča sa aj v oblasti alfa, ktorá zahŕňa pracovné polohy vrtule vrátane prestavenia do praporovej polohy (listy sú v rovine) aj v oblasti beta, ktorá zahŕňa prestavenie do záporného uhla nábehu (tzv. reverznej polohy), využívanom pri dojazde a brzdení po pristáti.

Charakteristickým znakom pre vrtuľové listy je ich skrútenie, kvôli meniacej sa obvodovej rýchlosti po celej dĺžke listu. Sú taktiež zaoblené dozadu pre zlepšenie aerodynamických vlastností. Našu vrtuľu tvorí celkovo šesť takýchto listov.

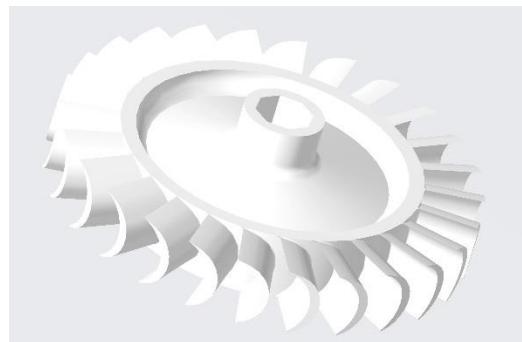


Obrázok 5: Detailný pohľad na vnútornú štruktúru dutého listu vrtule s kanálkami pre vývod vzduchu [zdroj: autor]

TURBÍNA

Základom celého tohto projektu bolo upraviť pôvodný koncept vzduchom poháňanej vrtule a pridať do nového návrhu malú turbínu, ktorá bude roztáčaná vzduchom. Taká turbína bude slúžiť na roztáčanie hriadeľa, ktorý bude napojený na planétovú prevodovku a tá bude roztáčať samotný kužel (konus), bude teda roztáčať samotnú vrtuľu. Vzduch prúdiaci pomedzi lopatky sa

bude hromadiť v kuželi vrtule a jedinou možnosťou kade bude môcť uniknúť budú vrtuľové listy.



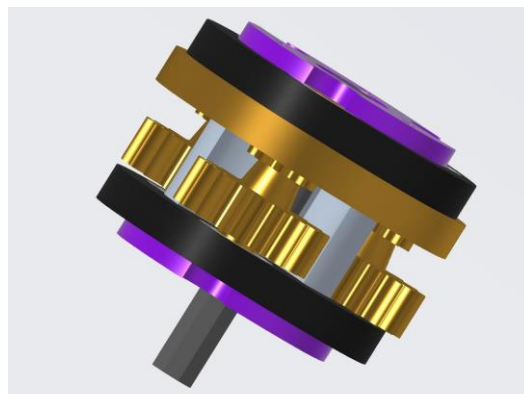
Obrázok 6: Turbína [zdroj: autor]

Tento návrh riešenia vrtule so vzduchom poháňanou turbínou je inšpirovaný vzduchovým spúšťačom využívaným pre štart motorov.

PLANETOVÝ REDUKTOR

Planétový prevod je špeciálny typ ozubených prevodov a skladá sa z centrálného kolesa, satelitov, unášača a korunového kolesa. Všetky otočné časti sú sústredené okolo hlavnej osi. Satelity sú otočne uložené na čapoch unášača satelitov a sú v zábere s ozubením centrálného kolesa a s vnútorným ozubením korunového kolesa. Výhodami planétovej prevodovky sú menšie rozmer, prenos väčšieho krútiaceho momentu, menšie zaťaženie bokov zubov, radenie prevodových stupňov pod zaťažením a tichší chod.

Planétová prevodovka využitá v modeli vrtule sa skladá z troch ozubených kolies – satelitov, ôsmich malých jednoradových guľkových ložísk, dvoch unášačov zo spodnej a vrchnej strany prevodu, dvoch krytiiek po oboch stranách prevodu, jedného ozubeného kolesa s vnútorným ozubením – korunového kolesa, jedného náhonu – hriadeľa s centrálnym kolesom a poslednou časťou je medzikus, ktorý spája celú prevodovku do jedného celku a uchytať oba unášače spolu so satelitmi. Táto prevodovka má vo vrtuli veľmi dôležitú úlohu. Slúži na roztáčanie celého konusu (aerodynamického kužela), teda na roztáčanie vrtule.



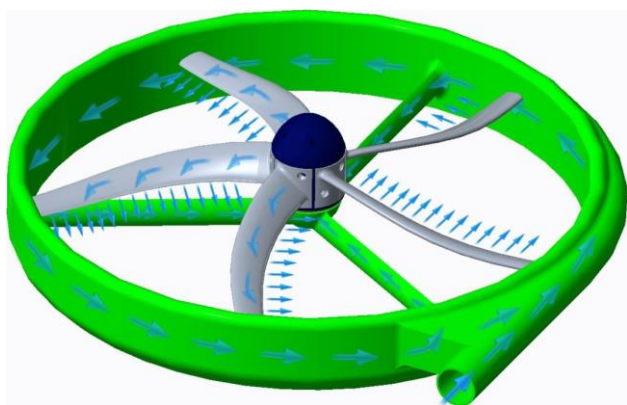
Obrázok 7: Planétový reduktor vrtule [zdroj: autor]

Výpočet prevodového pomeru planétového reduktora navrhnutého prototypu vrtule môžeme vykonať podľa nasledovného vzorca:

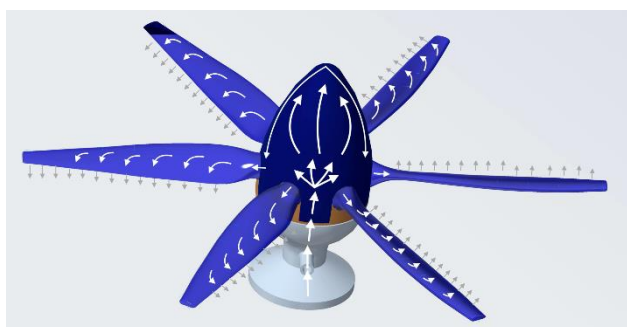
$$i = \frac{z_4 * z_2}{z_3 * z_1}$$

kde z predstavuje počet zubov jednotlivých ozubených kolies. Po dosadení hodnôt zodpovedajúcich našej prevodovke dostaneme hodnotu prevodového pomeru 9,5625.

POROVNANIE PÔVODNÉHO KONCEPTU A NOVÉHO PROTOTYPU VRTULE



Obrázok 8: Pôvodný koncept vzduchom poháňanej vrtule [4]



Obrázok 9: Nový prototyp vzduchom poháňanej vrtule [zdroj: autor]

IV. VÝROBA MODELU

Výroba samotného modelu vrtule prebiehala použitím 3D tlačiarne Creality3D CR-10S. Pred začiatkom samotnej tlače je však nutné vykonať niekoľko ďalších úkonov na prípravu modelu, ktorý ideme tlačiť. V programe vytvorený model musí byť uložený v takom formáte, s akým je tlačiareň schopná pracovať. Súčiastky modelované v tomto programe PTC Creo 6.0 sa automaticky ukládajú vo formáte .prt. Keďže tlačiareň nepozná tento formát a nevie s ním pracovať, musí byť preto objekt prekonvertovaný do formátu .stl (stereolitografický formát). Creo 6.0 takúto konverziu umožňuje a tak nebolo na tento úkon potrebné použiť iný špecializovaný program.

Ak už máme takto prekonvertovaný súbor na formát .stl, musíme s pomocou ďalšieho programu vytvoriť z tohto súboru tzv. G-kód. G-kód je súhrn inštrukcií pohybov, ktoré tlačiareň vykonáva pri ukladaní jednotlivých vrstiev materiálu. Služi na vygenerovanie vhodnej trajektórie dýzy tak, aby čo najpresnejšie vytvorila požadovaný objekt. To môžeme dosiahnuť použitím špeciálneho softvéru Ultimaker Cura 4.4.1, ktorý je najpoužívanejším programom na ovládanie 3D tlačiarne. Ponúka rýchle a jednoduché ovládanie 3D tlačiarne, náhľad konečného tlačeneho objektu ešte pred začatím samotnej tlače, ponúka aj informácie o aktuálnom stave tlačiarne či tlačeneho objektu, ale aj funkcie na výpočet materiálu potrebného na tlač ako aj času potrebného na vytlačenie súčiastok.

Na výrobu vrtule sme použili ABS plast. ABS je skratka pre Akrylonitril Butadien Styrén – relatívne nový pevný plastový materiál. Je to amorfny termoplastický polymér vyrobený polymerizáciou styrénu a akrylonitrilu za prítomnosti polybutadiénu (pomer jednotlivých zložiek sa môže líšiť v závislosti od výrobcu). Kopolymér je odolný voči mechanickému poškodeniu, ľahko sa tvaruje a odoláva agresívnym chemickým zlúčeninám.

ABS plast sa vyznačuje mimoriadnou pevnosťou a húževnatosťou. Vykazuje vysokú odolnosť voči nárazom a tlakovým rázom (aj za nízkych teplôt), odolnosť voči šíreniu trhlin a voči oderu. Veľmi dobre odoláva nepriaznivým poveternostným vplyvom a je odolný aj voči UV žiareniu. ABS plast má veľmi nízku tepelnú vodivosť, nie je nutná jeho dodatočná izolácia. Vďaka jeho chemickej odolnosti plastu nevadia soli, no koncentrované kyseliny, silné alkálie, organické rozpúšťadlá či aromatické uhľovodíky mu môžu uškodiť. ABS je nenasiakavý a zdravotne nezávadný. Styren dodáva plastu lesklý a nepriepustný povrch. Polybutadién je kaučukovitá látka a poskytuje ABS pružnosť aj pri nízkych teplotách.

MODEL

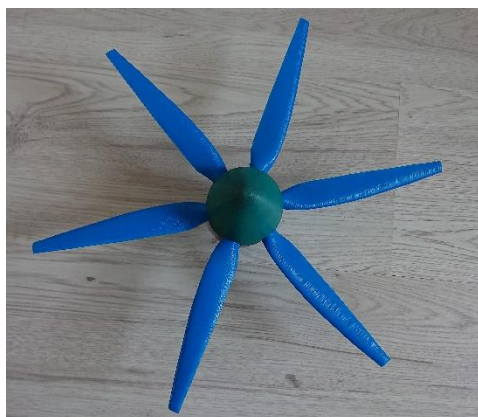
Model vrtule sa skladá z niekoľkých častí. Všetky sú zobrazené na obrázku nižšie.



Obrázok 10: Časti vrtule [zdroj: autor]

Vrtuľa je tvorená šiestimi dutými vrtuľovými listami, ktoré majú na koreni listu vonkajšie ozubenie a zo spodnej strany malú štrbinu, ktorou uniká vzduch z listov do okolitého prostredia. Toto ozubenie slúži na nastavovanie listov a tým aj zmenu uhla nábehu. Vonkajšiu časť vrtule tvorí aerodynamický kužeľ vrtuľového náboja, ktorý slúži na zefektívnenie aerodynamického obtekania náboja vrtule, znižovanie odporu a má priaznivý vplyv na účinnosť vrtule, spodný kryt vrtuľového náboja, v ktorom je umiestnené 1 jednoradové guľkové ložisko a tesnenie (štandardne dostupné ložisko typu 61802). Tento spodný kryt je k aerodynamickému kužeľu prichytený šiestimi samoreznými skrutkami. Vnútorňa časť náboja je tvorená prstencom s vonkajším ozubením slúžiacim na natáčanie vrtuľových listov, trubicou s hriadeľovými tesneniami (guferami), na zabránenie úniku vzduchu, privádzajúcou vzduch do vnútra vrtuľového náboja, ktorá je napojená na usmerňovací kužeľ. Tento kužeľ obsahuje vo svojej spodnej časti, hneď sa vzduchovou trubicou pevné lopatky, ktoré majú za úlohu usmerniť vzduch tak, aby dopadal na lopatky turbíny pod správnym uhlom. Nad týmito lopatkami sa nachádza spomínaná turbínka, ktorá je vzduchom prúdiacim zo zdroja roztáčaná a cez hriadeľ s ozubeným kolesom je napojená na planétový reduktor, ktorý sa skladá z troch satelitov, ôsmich ložísk vložených do unášača a korunového kolesa – prstenca s vnútorným ozubením a pripevnené to je celé troma skrutkami. Táto planétová prevodovka má dôležitú úlohu a to roztáčať konus pomocou drážky na jeho vnútornej strane, ktorý je zachytený o vonkajšiu časť krytia prevodovky.

Pre stabilitu vrtule a vytvorenie podmienok pre experiment sme si navrhli a vytlačili podstavec pre vrtuľu, do ktorého je celá vrtuľa vsadená. Na obrázku môžeme vidieť, že podstavec je prispôbosený tak, aby bolo možné naň pripojiť kompresor alebo iný zdroj stlačeného vzduchu.



Obrázok 11: Zhotovená vrtuľa [zdroj: autor]



Obrázok 12: Zhotovená vrtuľa [zdroj: autor]

Tlač a zmontovanie modelu trvali v priemere 2 týždne. Čistý čas tlače bol približne 160 hodín. Väčšinu súčiastok sa nám podarilo vytlačiť na prvýkrát a výsledok vyhovoval montáži, avšak turbínu bolo nutné tlačiť niekoľkokrát. Vyhovujúci bol až štvrtý pokus tlače.

EXPERIMENT

Pre vykonanie experimentu bolo nutné k vrtuli navrhnuť v modelovacom programe a vytlačiť na 3D tlačiarňu aj podstavec, ktorý bol špeciálne prispôbosený tak, aby spĺňal požiadavky na stabilitu vrtule a aby bolo možné vykonať experiment. Musel byť vhodne navrhnutý tak, aby bolo možné naň napojiť externý zdroj vzduchu – v našom prípade kompresor a musel byť riadne utesnený tak, aby nedochádzalo ku stratám vzduchu a aby sa do samotného vrtuľového náboja dostalo požadované množstvo vzduchu na pohon vrtule.

Do skúšobného podstavca sme vložili vrtuľu. Keďže sme dopredu nevedeli aký kompresor bude pri vykonaní skúšky a experimentu použitý, bolo pri testovaní nutné na trubicu najskôr napojiť kúsok hadice a až na ňu sa dal napojiť kompresor. Takto zostrojený systém sme položili na váhu a odvážili. Vrtuľa v pokoji spolu s napojenou hadicou vážila 199 gramov (samotná vrtuľa bez hadice má hmotnosť 163 g). Následne sme spustili kompresor a pozorovali, či prúd vzduchu z kompresora roztočí vrtuľu. Výsledok bol pozitívny a vrtuľa sa pod tlakom kompresora o veľkosti 10 barov úspešne roztočila. Prietok vzduchu kompresorom je 412 litrov za minútu.

Na základe meniacej sa hmotnosti na váhe, na ktorú sme umiestnili vrtuľu, môžeme vypočítať, aký ťah v horizontálnom smere nami navrhnutá a zostrojená vrtuľa generuje pri dodaní dostatočného tlaku vzduchu.



Obrázok 13: Experiment pre výpočet ťahu [zdroj: autor]

Testovanie prebehlo pri maximálnom tlaku, ktorý dokáže tento kompresor vyvinúť, teda 10 barov (1MPa). Ťah generovaný vrtuľou sme vypočítali na základe hmotnosti vrtule. Vrtuľa má spolu s testovacím podstavcom 199 g. Pri dodaní tlaku približne 10 barov (niektoré časti neboli dokonale utesnené a vzduch z malej časti unikal) vrtuľa odľahčila váhu v priemere o

50g. Kvôli neúplnej presnosti 3D tlače, mali niektoré plochy vrtule nedokonalu hladké povrchy a v určitých bodoch sa rotácia vrtule mierne spomaľovala, čo malo za následok kolísanie údaju na váhe. Najnižšia dosiahnutá hmotnosť zobrazená na váhe bola však 141 g a teda vrtuľa bola odľahčená až o 58 g. Pri výpočte sme pracovali z najvyššou dosiahnutou hodnotou odľahčenia, teda 58 g (0,058 kg). Ťah vrtule P stanovíme pomocou jednoduchého výpočtu podľa vzťahu:

$$P = m * g,$$

kde m je hmotnosť o ktorú vrtuľa počas testu odľahčila váhu a g je gravitačné (tiažové) zrýchlenie, ktoré vrtuľa svojim pôsobením vykonáva. Hodnota gravitačného zrýchlenia je 9,81 m/s². Po dosadení oboch hodnôt do vzťahu dostaneme výsledný ťah o veľkosti 0.57 N.

Výsledný maximálny dosiahnutý ťah vrtule je teda 0,57 N. Tento výsledok nie je uspokojivý, ale je možné vrtuľu upraviť, napríklad zabrániť stratám vzduchu v rôznych častiach vrtule dostatočným utesnením. Vyhladením vnútorných povrchov vrtule, najmä v oblastiach kde dochádza k treniu jednotlivých častí je tiež možné dosiahnuť vyššiu rýchlosť rotácie a tým väčšiu efektívnosť vrtule.

VZUŽITIE

Nami navrhnutý prototyp vrtule je možné využívať v horizontálnej aj vertikálnej polohe. Jednou z možností horizontálneho využitia je inštalácia takejto vrtule na dron. Veľkou výhodou v tomto prípade je nízka hmotnosť vrtule, čo by nemalo negatívne ovplyvniť hmotnosť drona. Ako pohon vrtúľ by mohol slúžiť malý kompresor umiestnený vo vnútri kostry drona a vzduch z neho by bol rozvádzaný cez ramená až do vnútra vrtule.

Ďalšia možnosťou využitia takejto vzduchom poháňanej vrtule, no inštalovanej vo vertikálnej polohe, môže byť výhodným riešením aj pre viacmotorové lietadlá. Miesto veľkých motorov generujúcich nadbytočný čelný odpor počas letu, by sa dala využiť na pohon takto konštruovaná vrtuľa. Vrtuľa, alebo viac vrtúľ, by mohla/i byť zavesená/é priamo na krídlach a kompresor ktorý by vháňal do nich vzduch môže byť umiestnený v trupe lietadla. Pre väčšiu účinnosť môžeme uvážiť aj niekoľko kompresorov – každá vrtuľa môže mať svoj vlastný zdroj. Znížil by sa tak výrazne odpor ktorý lietadlo generuje pri lete (odstránil by sa odpor generovaný motormi), znížila by sa hmotnosť lietadla, čo by pozitívne prispelo aj ku zlepšeniu spotreby, nehovoriac o výraznom zlepšení, čo sa týka hlučnosti lietadiel, keďže vieme že hluk ktorý lietadlo pri lete produkuje je hluk draku (hluk, ktorý vzniká obtekaním vzduchu okolo letiaceho lietadla) a hluk motorov.

V. ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo v počítačovom programe na modelovanie navrhnuť prototyp vzduchom poháňanej vrtule, model prispôbiť podmienkam 3D tlače a následne tento model vytlačiť na tlačiarňu dostupnej na pôde univerzity. Model bolo nutné následne z jednotlivých tlačných častí poskladať a zistiť jeho funkčnosť testovaním.

Zhotovený model bol napojený na kompresor a preukázal svoju funkčnosť avšak pri testovaní a výpočtoch ťahu, ktorý by takto zostrojená vrtuľa bola schopný vygenerovať sme dospeli k výsledkom, ktoré nás veľmi nepotešili. Samozrejme výpočty neboli úplne dokonalé, ale na základe nich sme zistili, že ťah generovaný vrtuľou bol iba 0,57 N. Príčinou bolo pravdepodobne nedokonalé utesnenie vrtule vo viacerých miestach, keďže sa jedná o 3D model vytlačený domácou tlačiarňou predpokladali sme nepresnosti tlače a počítali sme s podobným výsledkom. Druhým činiteľom, ktorý sa vo veľkej miere podieľal na neuspokojivom výsledku testovania, bol samotný kompresor, ktorý vrtuľi dodával príliš nízky tlak a v spojení s nedostatočným tesnením sa to výrazne odzrkadilo na výsledkoch testu.

Riešením by mohlo byť bezchybné utesnenie všetkých priestorov, ktorými by vzduch mohol neželane z vrtule unikáť, napríklad v miestach uloženia listov, a samozrejme výkonnejší zdroj, ktorý by vrtuľi dodával o mnoho viac energie potrebnej na vykonávanie práce.

Samozrejme ide iba o prototyp a táto vrtuľa má celkom iste veľký potenciál aj pre letecký priemysel. Takáto vrtuľa, no profesionálne zostrojená, by mohla byť prínosom pre budúcnosť letectva. Možno ju inštalovať horizontálne orientovanú napríklad na drony, no svoje využitie by našla aj inštalovaná vo vertikálnej polohe napríklad na viacmotorových lietadlách. Vrtuľa by mohla byť zavesená priamo na krídle a ako zdroj vzduchu by jej mohol slúžiť kompresor umiestnený v trupe lietadla. Pre fungovanie vrtule a vznik ťahu by tak už nebolo potrebné jej napojenie na motor, čím by sa výrazne zefektívnila letecká doprava ako po ekonomickej, tak i po ekologickej stránke. Eliminovať by sa tak hluk spôsobený motormi, či škodlivé emisie, ktoré produkuje spaľované letecké palivo.

POĎAKOVANIE

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **KEGA 048ŽU-4/2020** s názvom "Zvyšovanie kľúčových kompetencií v oblasti technológie údržby lietadiel prostredníctvom transferu progresívnych metód do vzdelávacieho procesu".

REFERENCIE

- [1] KRÍŽ J. 2008. Pohonná jednotka: JAA ATPL výcvik. Žilina: EDIS, 2008. 285 s. ISBN 978-80-8070-872-6
- [2] GAŠPAROVIČ P. – MAŤAŠ M. Stand for electric measurement of small propeller power unit performance in wind tunnel
- [3] ALEXANDROV, V.L. Letecké vrtule. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, n.p., 1954. 464 s.
- [4] KUBASKÝ, D. Návrh a realizácia konštrukcie prúdovej vrtule s využitím 3D tlače: diplomová práca. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Letecká fakulta, 2017. 61 s. [cit. 2020-02-11]
- [5] GAŠPAROVIČ, P. – JUDIČÁK, J. 2015. Modul 17 – Vrtule: Učebný text pre technikov údržby lietadiel podľa predpisu Part 66. Technická univerzita v Košiciach, Košice 2015. ISBN 978-80-553-2034-2

[6]

- [7] RAKOVSKÝ, K. Vztlaková mechanizace křídla: bakalárska práca. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Letecký ústav, 2013. 54 s. [cit. 2020-02-05]
- [8] AeroEngineering 315, Lesson 17 – High Lift Devices [online]. [cit. 2020-01-15] Dostupné na internete:
- [9] <https://slideplayer.com/slide/3853351/>
- [10] PÁVEK, J. – KOPŘIVA, Z. 1982. Konstrukce a projektování letadel I. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1982. 203 s.
- [11] DANĚK, V. 2003. Modul 8 – Základy aerodynamiky: Učební texty dle předpisu JAR-66. České vysoké učení technické v Praze: Fakulta dopravní. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno 2003. 164 s. ISBN 978-80-7204-316-3
- [12] PAVLINSKÝ, J. Aerodynamické meranie modifikovaného krídelkového úseku krídla vetroňa VSO-10: bakalárska práca. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Letecká fakulta, 2015. 61s. [cit. 2020-02-21]
- [13] Aerodynamics: The Four Forces Part 2 [online]. [cit. 2020-03-01] Dostupné na internete: <http://learntoflyblog.com/2014/09/18/learn-to-fly-6-the-four-forces-part-2/>
- [14] The History of 3D Printing: 3D Printing Technologies from the 80s to Today [online]. [cit. 2020-03-20] Dostupné na internete: <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/basics-of-3d-printing/the-history-of-3d-printing/>
- [15] GREGURIĆ, L. 2018. History of 3D Printing: When Was 3D Printing Invented? [online]. [cit. 2020-03-20] Dostupné na internete: <https://all3dp.com/2/history-of-3d-printing-when-was-3d-printing-invented/>
- [16] ČERŇAN, J., HOCKO, M., CÚTTOVÁ, M. & SEMRÁD, K. 2016. Analysis of damaged turbine blades of the engine MPM 20. Acta Metallurgica Slovaca 22(2), pages 120-127.
- [17] ČERŇAN, J., RODZIŇÁK, D., SEMRÁD, K. & CÚTTOVÁ, M. 2016. Material analysis of selected parts of the MPM-20 jet engine. Advances in Military Technology 11(1), pages 89-100
- [18] ČERŇAN, J. & HOCKO, M. 2019. The investigation of turbine blades damage in small jet engine. Transport Means - Proceedings of the International Conference 2019-October, pp. 1285-1290."
- [19] BUGAJ, M. 2015. Aeromechanika 1: základy aerodynamiky. Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.
- [20] BUGAJ, M., NOVÁK, A. 2010. Všeobecné znalosti o lietadle : drak a systémy, elektrický systém. - 1. vyd. - Žilina : Žilinská univerzita, 2004. - 247 s. - ISBN 80-8070-210-1.

Bc. Petra Frťalová – narodená dňa 09.04.1997 v Bratislave absolvovala v roku 2015 osemročné gymnázium zamerané na výučbu ekológie a cudzích jazykov v Bratislave, následne od roku 2015 študovala na Žilinskej univerzite v Žiline v odbore letecká doprava .

MOŽNOSTI VYUŽITIA SIMULÁTORA ESCAPE LIGHT V PROCESE VÝUČBY PREDMETU MANAŽMENT LETOVEJ PREVÁDZKY

POSSIBILITIES OF USING THE ESCAPE LIGHT SIMULATOR IN THE PROCESS OF TEACHING THE SUBJECT OF AIR TRAFFIC MANAGEMENT

Lenka Holocsyová

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
lenka.holocsyova6@gmail.com

Matúš Materna

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
matus.materna@fpedas.uniza.sk

Abstract – In pursuance of this paper we have proposed the possibilities of applying Escape Light simulator in the process of the Air Traffic Management education. This subject is a part of the engineering study at the Department of Air Transport at the University of Žilina. The ESCAPE Light simulator, which is available at the department, is currently unused. In this paper we have proposed a way in which it would be possible to apply the simulator, with a current designed simulations, to the practical education of the subject. We have designed a new curriculum for the practical and theoretical part of education as well. The content of the theoretical education of the first part of the Air Traffic Management subject consists of the content that is mostly usable in the following exercises with the simulator. The second part is devoted to the study of international organizations influencing the provision and providers of air navigation services, unexpected and emergency situations in aviation. The lectures are proposed to create a clear orientation in air traffic management, procedures and processes. During the practical education, students will participate 10 exercises with the Escape Light simulator during two semesters. We have designed the training with this device in a way, in which every student will learn how to control simulator in both positions, as an air traffic controller and pseudopilot as well. Students will learn the procedures of establishing radio contact, estimates of headings, assignment of flight levels with the relevant aviation phraseology. Students will also learn operating procedures, working with flight strips and a radar situation display.

Key words – Air traffic management. Escape Light. Simulator. Simulation. Department of Air Transport. Curriculum. Air traffic controller. Air traffic control.

I. ÚVOD

Cieľom našej diplomovej práce je aplikovať Escape Light simulátor, do procesu výučby praktickej časti predmetu Manažment letovej prevádzky, Katedry leteckej dopravy Žilinskej univerzity. Tento predmet sa vyučuje počas dvoch semestrov a pozostáva z teoretickej a praktickej časti výučby. Danú tému sme sa rozhodli vypracovať z dôvodu, že spomínaný simulátor je v súčasnosti katedrou nevyužívaný.

V prvej kapitole diplomovej práce sme charakterizovali simulátor Escape Light a jeho materskú verziu Escape simulátor. Druhá kapitola sa venuje súčasnému stavu výučby predmetu Manažment letovej prevádzky. V tejto je uvedený cieľ výučby, súčasné osnovy, hodnotenie a počet zapísaných študentov, zvlášť pre obe časti tohto predmetu. V ďalšej kapitole diplomovej práce sa venujeme možnosti využitia simulátora v procese výučby predmetu Manažment letovej prevádzky. V tejto časti sú popísané používané zariadenia a súbor cvičení. Zároveň v kapitole podrobne analyzujeme architektúru simulovaného vzdušného priestoru, jeho hranice, traťové body a jednotlivé simulácie. Posledná časť tejto diplomovej práce obsahuje návrh novej osnovy predmetu Manažment letovej prevádzky s využitím Escape Light simulátora. Učebnú osnovu sme navrhli zvlášť pre teoretickú časť a praktickú časť, pričom sme simulátor aplikovali do praktickej časti oboch predmetov. Osnovu teoretickej časti predmetu Manažment letovej prevádzky 1 sme prispôbili tak, aby študenti mohli vedomosti z prednášok aplikovať na nasledujúcej praktickej výučbe so simulátorom. Podľa navrhovanej osnovy sa študenti počas prvého semestra naučia pracovať so simulátorom na pozícii riadiaceho letovej prevádzky a pseudopilota, nacvičia si správny odhad kurzov pre vedenie lietadiel a tiež zmenu letových hladín s využitím schválenej leteckej frazeológie. Náplň prednášok predmetu Manažment letovej prevádzky 2 pozostáva z nauky o medzinárodných organizáciách ovplyvňujúcich poskytovanie a poskytovateľov leteckých navigačných služieb a neočakávaných a núdzových situáciách v letectve. Počas výučby praktickej časti predmetu, budú študenti aplikovať vedomosti a zručnosti nadobudnuté v cvičeniach z predchádzajúceho semestra. Zároveň si študenti

budú ďalej osvojovať návyky pri riadení letovej prevádzky a práce s letovým plánom. Pre tieto predmety sme navrhli aj nový systém hodnotenia.

Súčasťou diplomovej práce sú aj materiály, ktoré sme vytvorili pre výučbu. Tieto materiály sú určené pre vyučujúceho a študentov, využiteľné v praktickej časti predmetov a sú k nahliadnutiu v prílohách.

II. CHARAKTERISTIKA SIMULÁTORA ESCAPE LIGHT

Escape je simulátor v reálnom čase, ktorý poskytuje Eurocontrol. Escape predstavuje pre riadiacich letovej prevádzky výkonné zariadenie pre posudzovanie nových pracovných podmienok, nových nástrojov a návrhov vzdušného priestoru v podmienkach, čo najbližším prevádzke v reálnom čase.

Escape ťaží zo skúseností so simuláciami v reálnom čase vykonanými v Experimentálnom centre Eurocontrol. Služi na podporu nových aktivít v oblasti navrhovania vzdušného priestoru alebo výskumných a vývojových činností, ako je prebiehajúci program SESAR. Zahŕňa vzdušný priestor na trati a koncovej riadenej oblasti (TMA), väčšinu typov civilných lietadiel, niektoré vojenské lietadlá a bezpilotné lietadlá.

ESCAPE LIGHT SIMULÁTOR

Eurocontrol vytvoril novú verziu Escape, svojho najmodernejšieho simulátora riadenia letovej prevádzky v reálnom čase, ktorý môžu využívať univerzity a výskumné centrá v Európe, ale aj mimo nej. Simulátor „Escape - Light“ ponúka rovnaké funkcie, súbor cvičení a testovanie rozhrania ľudského faktora a stroja (HMI), ktoré predstavuje najbežnejšie systémy riadenia v Európe. Univerzity so simulátorom môžu pracovať ako so súčasťou základného výcviku v oblasti riadenia letovej prevádzky pre študentov letectva, zatiaľ čo výskumníci môžu zariadenie používať ako súčasť projektov a simulácií.

Tento simulátor v reálnom čase je jednoduchšou, ale stále výkonnou verziou softvéru Escape. Bol upravený tak, aby bol kompatibilný so sériou notebookov, prípadne doplnený o externé obrazovky a zariadenia. Počet simulovaných sektorov je rozšíriteľný a obmedzený iba počtom vzájomne prepojených prenosných počítačov. Podobne ako v prípade štandardnej platformy, táto verzia obsahuje pracovné pozície riadiaceho letovej prevádzky a pracovné pozície pseudopilotov. Pozície sú však limitované na maximálne 8 pozícií celkovo.

III. SÚČASNÝ STAV VÝUČBY PREDMETU MANAŽMENT LETOVEJ PREVÁDZKY

Manažment letovej prevádzky (MLP) je v súčasnosti predmetom inžinierskeho štúdia, študijného programu Letecká doprava, odboru doprava, na Katedre leteckej dopravy Žilinskej univerzity. Predmet je súčasťou zimného semestra prvého ročníka inžinierskeho štúdia ako Manažment letovej prevádzky 1, a letného semestra druhého ročníka ako Manažment letovej prevádzky 2. Výučba pozostáva z prednášok, cvičení a laboratórnych cvičení, pričom jedna vyučovacia hodina je v trvaní 50 minút.

MANAŽMENT LETOVEJ PREVÁDZKY 1

Vyučovací predmet Manažment letovej prevádzky 1 je súčasťou druhého semestra prvého ročníka inžinierskeho štúdia Katedry leteckej dopravy. Pozostáva z dvoch vyučovacích hodín prednášok a dvoch vyučovacích hodín cvičení týždenne.

Cieľom predmetu je: Pripraviť poslucháčov na prácu v letovej prevádzke a v systémoch manažmentu letovej prevádzky. Získané znalosti umožňujú základnú orientáciu v manažmente letovej prevádzky, postupoch a procesoch.

MANAŽMENT LETOVEJ PREVÁDZKY 2

Vyučovací predmet Manažment letovej prevádzky 2 je súčasťou prvého semestra druhého ročníka inžinierskeho štúdia. Pozostáva z dvoch vyučovacích hodín prednášok, jednej vyučovacej hodiny cvičení a jednej vyučovacej hodiny laboratórnych cvičení týždenne. Podmieňujúcim predmetom pre toto vyučovanie je Manažment letovej prevádzky 1.

Cieľom tohto predmetu je pripraviť poslucháčov na odborné rozhodovanie v otázkach manažmentu letovej prevádzky a v posúdení bezpečnosti jeho poskytovania.

IV. MOŽNOSTI VYUŽITIA SIMULÁTORA ESCAPE LIGHT V PROCESE VÝUČBY PREDMETU

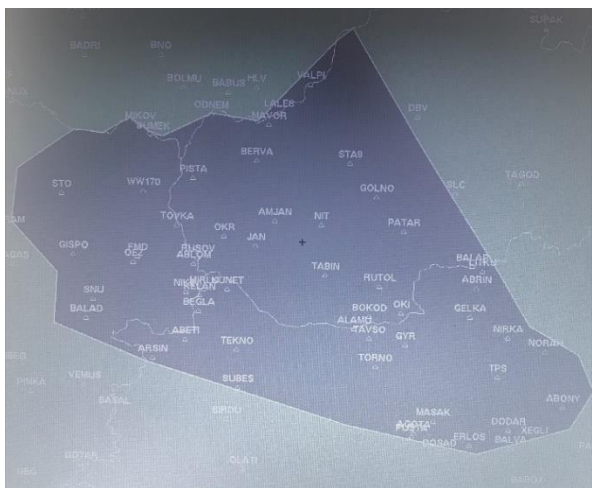
Simulátor ESCAPE Light má Katedra leteckej dopravy k dispozícii od mája 2019, pričom do súčasnosti je nevyužívaný. Na základe počtu technických prostriedkov, sú simulácie vykonávané jednou pozíciou pseudopilota a jednou pozíciou riadiaceho letovej prevádzky.

Katedra má k dispozícii simuláciu s názvom UNISCAPE, ktorá pozostáva zo súboru troch cvičení. Cvičenia sa odlišujú na základe hustoty prevádzky, využitia kapacity vzdušného priestoru, operácii riadenia a sektorizácie.

Vzdušný priestor, s ktorým sa vo všetkých simulovaných cvičeniach pracuje, je fiktívne vytvorený organizáciou Eurocontrol. Pozostáva z častí vzdušných priestorov Slovenskej republiky, Českej republiky, Rakúska a Maďarska. Tento vzdušný priestor je riadený, v zodpovednosti riadenia študenta na pozícii riadiaceho letovej prevádzky od letovej hladiny FL090.

Horizontálne hranice vzdušného priestoru simulácie sú definované na základe bodov a ich príslušných zemepisných súradníc. Tieto hranice ohraničujú vzdušný priestor v zodpovednosti riadiaceho letovej prevádzky, ktorým je v našom prípade študent na tejto pozícii. Tento študent má zodpovednosť za všetku prevádzku, ktorá sa v spomínanom vzdušnom priestore nachádza.

Traťové body, ktoré sú súčasťou vzdušného priestoru v cvičeniach, vyplývajú z reálnych prevádzkových podmienok. Týchto bodov je definovaných celkovo 220, pričom vo vzdušnom priestore zodpovednosti riadenia sa nachádza 58 takýchto bodov.



Obrázok 1: Traťové body a hranice vzdušného priestoru v simuláciách.

SIMULÁCIA UNISCAPE

Simulácia UNISCAPE obsahuje jednosektorové, dvojsektorové a trojsektorové cvičenia, ktoré sú označené ako UNI1SECTOR, UNI2SECTOR a UNI3SECTOR.

Cvičenia pozostávajú z civilných letov rôznych leteckých dopravcov, postupne prilietavajúcich do vzdušného priestoru. Prevádzka vyplýva z reálnych prevádzkových podmienok, čo zahŕňa prelety vzdušným priestorom, pristátia a odlety z okolitých letísk. V cvičeniach je taktiež nutné zabezpečiť vertikálne, horizontálne, ale aj časové rozstupy medzi jednotlivými lietadlami, zaistiť radenie lietadiel pre priblíženie na pristátie, ako aj odlety z jednotlivých letísk. Zároveň treba riadiť lety tak, aby ich trať bola vykonaná v súlade s pridruženým letovým plánom.

Cvičenie UNI1SECTOR obsahuje 28 civilných letov, z ktorých je 19 preletov, 3 pristátia a 6 odletov. Toto cvičenie trvá približne 80 minút a je navrhnuté pre jednu pozíciu pseudopilota a jednu pozíciu riadiaceho letovej prevádzky.

Cvičenie UNI2SECTOR obsahuje 56 civilných letov leteckých dopravcov a je v trvaní približne 70 minút. Obsahuje 40 preletov, 10 pristávajúcich lietadiel a odlietavajúcich lietadiel je v tomto cvičení celkovo 6. Cvičenie UNI2SECTOR sa vykonáva na dva sektory riadenia, čiže je navrhované pre dve pozície pseudopilota a dve pozície riadiaceho letovej prevádzky. Pre vykonávanie tohto cvičenia je nutná inštalácia externých zariadení.

Cvičenie UNI3SECTOR obsahuje 73 civilných letov, z toho 38 preletov, 11 odletov a 24 príletov. Prevádzka v tomto cvičení je navrhnutá pre 3 pracovné sektory, teda tri pozície riadiaceho letovej prevádzky a tri pozície pseudopilota, s nutnou inštaláciou externých zariadení. Simulácia UNI3SECTOR je v trvaní približne 70 minút.

V. NÁVRH NOVEJ OSNOVY PREDMETU MANAŽMENT LETOVEJ PREVÁDZKY

Novú osnovu pre vyučovacie predmety Manažment letovej prevádzky 1 a Manažment letovej prevádzky 2 s využitím

simulátora Escape Light sme navrhli zvlášť pre prednáškovú časť a pre praktickú časť výučby.

Cieľ týchto predmetov sme ponechali rovnaký, ako bolo spomínané. Zmenili sme však rozsah praktickej časti výučby, ktorej sme prispôbili aj učebné osnovy teoretickej časti. Taktiež navrhujeme nový spôsob hodnotenia počas semestra s pridaním hodnotenia do praktickej výučby predmetu Manažment letovej prevádzky 2, čím sa zmenia aj podmienky absolvovania predmetu.

VYUŽITIE SIMULÁTORA ESCAPE LIGHT VO VÝUČBE

Simulátor Escape Light navrhujeme využívať v praktickej časti predmetu Manažment letovej prevádzky. Cieľom tejto výučby bude priblížiť študentom prácu riadiacich letovej prevádzky a pseudopilotov, ich výcvik a kompetencie. Počas cvičení so simulátorom sa študenti oboznámia aj s postupmi pri nadviazaní spojenia, odhad kurzov, priradovanie letových hladín a schválenou leteckou frazeológiou. Rovnako sa študenti oboznámia s prevádzkovými postupmi, prácou s letovými prúžkami a situačným displejom radaru, pričom si precvičia schopnosti multitaskingu, situačného prehľadu a schopnosť rýchlej reakcie.

Spôsob práce so simulátorom Escape Light sme navrhli tak, aby si študenti osvojili návyky ovládania postupne, nie len na pozícii riadiaceho letovej prevádzky, ale aj pseudopilota. Nároky na študentov sa budú z cvičenia na cvičenie zvyšovať, preto je potrebná aktívna účasť na praktickej výučbe s interaktívnym prístupom, bez možnosti absencie. Študenti by boli povinní si vynechanú hodinu nahradiť s inou skupinou po výmene so spolužiakom alebo individuálne.

OSNOVA PREDMETU MANAŽMENT LETOVEJ PREVÁDZKY I

Náplň prednášok predmetu Manažment letovej prevádzky 1 pozostáva z obsahu, ktorý je prevažne využiteľný na nasledujúcom cvičení so simulátorom. Do novej osnovy predmetu sme zahrnuli takmer všetky body súčasnej osnovy, s prispôbením sa novej náplni praktickej časti výučby.

Počet prednášok zodpovedá počtu týždňov v semestri, pričom 11 prednášok je vzdelávacieho zamerania a 2 prednášky sa venujú overeniu znalostí nadobudnutých počas semestra formou zápočtového testu. Úspešné absolvovanie týchto testov bude podmienkou pre splnenie požiadaviek a pripusteniu k záverečnej skúške. Jednotlivé prednášky sme navrhli tak, aby učivo na seba nadväzovalo a vytvorilo tak jasnú orientáciu v manažmente letovej prevádzky, postupoch a procesoch.

Do praktickej časti výučby s využitím simulátora ESCAPE Light navrhujeme aplikovať simuláciu UNISCAPE, cvičenie UNI1SECTOR. Toto cvičenie je v trvaní približne 80 minút, avšak pre potreby cvičení a časovú príťažnosť je postačujúcich prvých 30 minút. Vzhľadom na dĺžku simulácie navrhujeme tiež rozšíriť rozsah vyučovania z dvoch hodín na tri, čo tvorí 150 minút týždenne.

Z predchádzajúcich skúseností vyplýva, že priemerný počet študentov tohto predmetu za posledných 5 rokov je 17. Z praktických dôvodov navrhujeme, aby sa študenti počas prvého cvičenia v semestri rozdelili na skupiny po 5 až 6 študentov, čo tvorí 3 skupiny celkovo. Tieto skupiny by počas semestra

absolvovali 5 cvičení so simulátorom Escape Light, počas ktorých by sa oboznámili s obsluhou tohto zariadenia na pozícii pseudopilota a riadiaceho letovej prevádzky. Študenti si počas výučby precvičia aj prácu s letovými prúžkami a so štítkami na situačnom displeji. Počas riadenia by si študenti precvičili odhad kurzov, zmenu letových hladín, sledovanie toku prevádzky a jej zmeny, postupy pri identifikácii cieľov, ale aj odovzdania riadenia lietadla susednému stanovištiu riadenia letovej prevádzky s príslušnou schválenou leteckou frazeológiou.

Podmienkou pre úspešné absolvovanie predmetu Manažment letovej prevádzky 1, s novonavrhnutej učebnou osnovou, je aktívna účasť na cvičeniach bez povolenej absencie. Tiež je potrebná účasť na dvoch testovaniach počas semestra. Študenti budú pripustení k záverečnému hodnoteniu po dosiahnutí minimálne 61% celkového - čo je podľa Študijného poriadku celouniverzitných študijných programov, smernice č.117 klasifikačný stupeň „E“.

Záverečné hodnotenie navrhujeme ponechať rovnaké ako je v súčasnosti.

OSNOVA PREDMETU MANAŽMENT LETOVEJ PREVÁDZKY 2

Náplň prednášok predmetu Manažment letovej prevádzky 2 pozostáva z nauky o medzinárodných organizáciách ovplyvňujúcich poskytovanie a poskytovateľov leteckých navigačných služieb, neočakávaných a núdzových situáciách v letectve. Rozsah predmetu Manažment letovej prevádzky 2 pre teoretickú časť výučby navrhujeme ponechať v pôvodnom rozsahu, a to dve prednáškové hodiny týždenne. Táto výučba opäť pozostáva z 13 prednášok, pričom 11 je vzdelávacieho zamerania a na dvoch prednáškach bude prebiehať overenie znalostí nadobudnutých počas semestra formou zápočtového testu. Úspešné absolvovanie týchto testov je podmienkou pre splnenie požiadaviek a pripusteniu k záverečnej skúške.

V praktickej časti výučby budeme pokračovať s využívaním simulácie UNISCAPE, cvičenia UNI1SECTOR. Študenti budú aplikovať vedomosti a zručnosti nadobudnuté v cvičeniach z predchádzajúceho semestra a ďalej si osvojovať návyky pri riadení letovej prevádzky s používaním leteckej frazeológie.

Pri skúmaní počtu študentov riadne zapísaných na predmet Manažment letovej prevádzky 2 za posledných 5 rokov sme zistili, že priemerný počet týchto študentov je 15. Opäť teda navrhujeme, aby sa študenti počas prvého cvičenia rozdelili na skupiny po 5 až 6 študentov, čo tvorí 3 skupiny celkovo. Študenti by teda počas semestra absolvovali 5 cvičení so simulátorom Escape Light rovnako, ako v predchádzajúcom semestri. V týchto cvičeniach si študenti zopakujú prácu so simulátorom na pozícii pseudopilota a riadiaceho letovej prevádzky, prácu s letovými prúžkami a so štítkami na situačnom displeji. Ďalej by si študenti opäť precvičili odhad kurzov pre vedenie lietadiel, zmenu letových hladín, sledovanie toku prevádzky a jej zmeny, postupy pri nadviazaní spojenia a odovzdania lietadla susednému stanovištiu riadenia letovej prevádzky s príslušnou leteckou frazeológiou. Rozsah praktickej časti výučby navrhujeme rozšíriť na 3 vyučovacie hodiny, čo tvorí celkovo 150 minút týždenne.

Podmienkou pre úspešné absolvovanie predmetu pre teoretickú časť výučby je účasť na oboch testovaniach počas semestra. Študent bude pripustený k záverečnému hodnoteniu v prípade, že z týchto testovaní získa minimálne 61% celkovo. Táto hodnota je podľa Študijného poriadku celouniverzitných študijných programov, smernice č.117 klasifikačný stupeň „E“. V praktickej výučbe je povinná aktívna účasť na cvičeniach bez možnosti absencie. Zároveň je záverečné cvičenie tohto predmetu hodnotené.

Záverečné hodnotenie predmetu Manažment letovej prevádzky 2 s novovytvorenou učebnou osnovou navrhujeme ponechať tak, ako prebieha v súčasnosti.

VI. ZÁVER

V rámci tejto diplomovej práce sme navrhli možnosť praktického aplikovania simulátora Escape Light do procesu výučby predmetu Manažment letovej prevádzky. Tento predmet je súčasťou inžinierskeho štúdia, študijného programu Letecká doprava, odboru doprava na Katedre leteckej dopravy Žilinskej univerzity. Počas dvoch semestrov sa študenti pripravujú na prácu v letovej prevádzke a v systémoch manažmentu letovej prevádzky.

Simulátor Escape Light, ktorý má Katedra leteckej dopravy k dispozícii, je v dnešnej dobe nevyužívaný. Preto sme navrhli spôsob, akým by bolo možné simulátor, so súčasnými simuláciami, aplikovať do praktickej výučby oboch častí predmetu Manažment letovej prevádzky. Na základe počtu technických prostriedkov, ktoré má katedra k dispozícii, sú simulácie vykonávané jednou pozíciou pseudopilota a jednou pozíciou riadiaceho letovej prevádzky. Do praktickej časti výučby s využitím simulátora Escape Light navrhujeme aplikovať simuláciu UNISCAPE, cvičenie UNI1SECTOR. Pre potreby cvičení a časovú príznačnosť je postačujúcich prvých 30 minút tohto cvičenia. Vzhľadom na dĺžku simulácie, tiež navrhujeme, rozšíriť rozsah praktickej výučby na 150 minút týždenne.

Novú učebnú osnovu s využitím Escape Light simulátora sme navrhli zvlášť pre prednáškovú časť a pre praktickú časť výučby. Cieľom je priblížiť študentom prácu riadiacich letovej prevádzky a pseudopilotov, ich výcvik a kompetencie. Počas cvičení so simulátorom sa študenti oboznámia aj s postupmi pri nadviazaní spojenia, odhad kurzov, priradovanie letových hladín a schválenou leteckou frazeológiou. Rovnako sa študenti oboznámia s prevádzkovými postupmi, prácou s letovými prúžkami a situačným displejom radaru. V praktickej výučbe navrhujeme povinnú aktívnu účasť na cvičeniach bez možnosti absencie.

Spôsob práce so simulátorom Escape Light sme navrhli tak, aby si študenti osvojili návyky ovládania postupne, nie len na pozícii riadiaceho letovej prevádzky, ale aj pseudopilota.

Náplň prednášok predmetu Manažment letovej prevádzky 1 pozostáva z obsahu, ktorý je prevažne využiteľný na nasledujúcom cvičení so simulátorom. Zároveň navrhujeme, aby počas semestra aspoň dvakrát prebehlo testovanie znalostí študentov, formou zápočtového testu. Jednotlivé prednášky sú navrhnuté tak, aby učivo na seba nadväzovalo a vytvorilo jasnú

orientáciu v manažmente letovej prevádzky, postupoch a procesoch.

Počas praktickej výučby predmetu Manažment letovej prevádzky 1, študenti absolvujú 5 cvičení so simulátorom. Na týchto cvičeniach sa poslucháči oboznámia s obsluhou simulátora, prácou s letovými prúžkami a so štítkami na situačnom displeji. Ďalej si študenti precvičia odhad kurzov, zmenu letových hladín, sledovanie toku prevádzky a jej zmeny, postupy pri identifikácii cieľov, ale aj odovzdania riadenia lietadla s príslušnou schválenou leteckou frazeológiou.

Náplň prednášok predmetu Manažment letovej prevádzky 2 pozostáva z nauky o medzinárodných organizáciách ovplyvňujúcich poskytovanie a poskytovateľov leteckých navigačných služieb, neočakávaných a núdzových situáciách v letectve. Jednotlivé prednášky sme navrhli tak, aby učivo na seba nadväzovalo a vytvorilo tak jasnú orientáciu v danej problematike. Rovnako navrhujeme, aby počas semestra prebehlo testovanie znalostí študentov formou zápočtového testu.

Praktická výučba je navrhnutá tak, aby nadväzovala na cvičenia z predmetu Manažment letovej prevádzky 1, pričom budeme pokračovať s využívaním simulácie UNI1SECTOR. Študenti opäť absolvujú 5 takýchto cvičení, pričom budú aplikovať vedomosti a zručnosti nadobudnuté v predchádzajúcom semestri a ďalej si osvojovať návyky pri riadení letovej prevádzky, s používaním leteckej frazeológie. Pre overenie znalostí študentov nadobudnutých počas praktickej časti predmetu navrhujeme, aby posledné cvičenie bolo hodnotené.

V rámci diplomovej práce sme vypracovali aj materiály, ktoré by mali slúžiť pre zjednodušenie výučby so simulátorom Escape Light. Tieto materiály sú zahrnuté v prílohách a obsahujú potrebné informácie pre vykonávanie simulácii.

Myslíme si, že navrhovaný spôsob výučby a zaradenie simulátora Escape Light do praktickej časti predmetu Manažment letovej prevádzky všeobecne zatriktívni štúdiom na Katedre leteckej dopravy. Zároveň predpokladáme, že študenti sa prostredníctvom tejto metódy naučia lepšie chápať prostredie manažmentu letovej prevádzky ako celku.

POĎAKOVANIE

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

REFERENCIE

- [1] ESCAPE: world-class ATC real-time simulator [online]. Dostupné na internete: <https://simulations.eurocontrol.int/solutions/escape-world-class-atc-real-time-simulator/>;
- [2] New version of ESCAPE ATC simulator will facilitate academic research worldwide [online]. Dostupné na internete: <https://www.eurocontrol.int/news/new-version-escape-atc-simulator-will-facilitate-academic-research-worldwide/>;
- [3] Escape Eurocontrol Simulation Capability and Platform for Experimentation [online]. Dostupné na internete: <https://simulations.eurocontrol.int/wp-content/uploads/2018/02/RPAS-ESCAPE-WAC-Factsheet-mobile.pdf>;
- [4] MATERNA, M. 2019. Simulátor Escape Light. In *Areo-Journal*. ISSN 1338-8215, 2019, roč. 13, č. 1, s. 28-30.
- [5] Informačný list predmetu Manažment letovej prevádzky 1 [online]. Dostupné na internete: <http://vzdelavanie.uniza.sk/vzdelavanie/planinfo.php?kod=266859&lng=sk>;
- [6] Informačný list predmetu Manažment letovej prevádzky 2 [online]. Dostupné na internete: <http://vzdelavanie.uniza.sk/vzdelavanie/planinfo.php?kod=266866&lng=sk>;
- [7] Air Traffic Control Simulator Facilitating Academic Research [online]. Dostupné na internete: <https://www.linkedin.com/pulse/air-traffic-control-simulator-facilitating-academic-research-debels>;
- [8] BADA: aircraft performance model [online]. Dostupné na internete: <https://simulations.eurocontrol.int/solutions/bada-aircraft-performance-model/>;
- [9] Base of Aircraft Data (BADA) [online]. Dostupné na internete: https://simulations.eurocontrol.int/wp-content/uploads/2018/01/BADA-factsheet_web.pdf;
- [10] Oxford Aviation Academy. 2011. Flight Performance and Planning 1. Oxford (UK): Oxford Aviation Academy, 2011. 512 s. ISBN 978-1-906202-55-2.
- [11] TOPOLČÁNY, R. 2012. Vzdušný priestor, jeho zmeny a vplyv na bezpečnosť. In *Vzťahovanie bezpečnosti a kvality v civilnom a vojenskom letectve*. Žilina: Žilinská univerzita, 2012. ISBN 978-80-554-0519-3, s. 187-192.
- [12] Continuous climb and descent operations [online]. Dostupné na internete: <https://www.eurocontrol.int/concept/continuous-climb-and-descent-operations>;
- [13] EUROCONTROL Specification for Short Term Conflict Alert [online]. Dostupné na internete: https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2019-08/20071122-stca-spe-v1.0_0.pdf;
- [14] ŽÁČIK, N. 2016. Automatické závislé sledovanie v súčasnosti. In *New trends in civil aviation*. Žilina: Žilinská univerzita, 2016. ISBN 978-80-554-1252-8, s. 125-128.
- [15] AIP Letecká informačná príručka [online]. Dostupné na internete: https://aim.lps.sk/eAIP/eAIP_SR/AIP_SR_valid/html/LZ-ENR-1.3-sk-SK.html;
- [16] HOLOCSYOVÁ, L. 2018. Výcvik na stanovišti ACC Bratislava: bakalárska práca. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2018. 59 s.;
- [17] Predpis L4444 [online]. Dostupné na internete: <https://aim.lps.sk/web/index.php?fn=206&lng=sk&sess=1sQiKYGX6Q81yKAmncl8RNjH1TPyV0ULA AFHJDI&fbclid=IwAR3WfTTLt1nIWbtNr4TQsT91dPDJ6OMvQmTwOwwaHPoziCkHJTTFMFkL1E>;
- [18] Predpis L10 [online]. Dostupné na internete: <https://aim.lps.sk/web/index.php?fn=206&lng=sk&sess=1sQiKYGX6Q81yKAmncl8RNjH1TPyV0ULA AFHJDI&>

fbclid=IwAR3WfITL1nIWbtNr4TQsT91dPDJ6OMvQm
TwOwwaHPoziCkHJTTMFkfcL1E;

- [19] Escape Light Simulator ACE2016A: 2019: System installation guide.
- [20] Oxford Aviation Academy. 2011. Flight Performance and Planning 2. Oxford (UK): Oxford Aviation Academy, 2011. 356 s. ISBN 1-904935-06-0.
- [21] NOVÁK, A. - HAVEL, K. - ADAMKO, P. 2019. Number of conflicts at the route intersection – minimum distance model. In *Aviation*. ISSN 1648-7788, roč. 23, č. 1, s. 1-6.
- [22] GALIERIKOVÁ, A., MATERNA, M., SOSEDOVÁ, J. 2018. Analysis of risks in aviation. *Transport Means 2018* [print, electronic] : proceedings of 22nd International Scientific Conference. - ISSN 1822-296X. - 1. vyd. - Kaunas: Kaunas University of technology, 2018. - s. 1427-1431 [print, online].
- [23] TOMOVÁ, A. 2016. Are commercial revenues important to today's European air navigation service providers? *Journal of Air Transport Management* 54, pages 80-87
- [24] HAVEL, K., BALINT, V. & NOVÁK, A. 2017. A number of conflicts at route intersections - Rectangular model. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina* 19(2), pages 145-147

Bc. Lenka Holocsyová – narodená dňa 11.04.1994 v Bratislave. V roku 2013 absolvovala Strednú priemyselnú školu stavebnú a geodetickú v Bratislave, následne od roku 2015 nastúpila na Žilinskú univerzitu v Žiline v odbore doprava, pričom sa zamerala na štúdijný program letecká doprava a získala titul Bc. Od roku 2018 študuje na druhom stupni vysokoškolského štúdia na Žilinskej univerzite v Žiline, odbor doprava, štúdijný program letecká doprava. Prácu pseudopilota vo Výcvikovom stredisku pre Letové prevádzkové služby Slovenskej republiky vykonáva od roku 2017.

NÁVRH A KONŠTRUKCIA MODELU DEMONŠTRAČNÉHO AERODYNAMICKÉHO TUNELA

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A DEMONSTRATION AERODYNAMIC TUNNEL MODEL

Michal Hruz

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
hruz1@stud.uniza.sk

Pavol Pecho

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Abstract - The paper is focused on the creation of a fully functional demonstrational model of a subsonic wind tunnel with integrated accessories, using low air velocities to perform test analyses. The analyses take place in the form of visual demonstrations of the air flow behavior around various solids and also in the form of computational tasks. The paper describes the use of theoretical knowledge and laws in the field of aerodynamics and their subsequent connection to the design and construction of the model, while its dimensions must meet the strict requirements for subsequent placement. The demonstrational model provides the necessary equipment for research in the aerospace and, in part, automotive industries. It provides conditions for student research and fully covers the teaching processes of Air Transport Department.

Key words: subsonic wind tunnel, wind tunnel, aerodynamics, fluid flow simulation, demonstration of fluid flow behavior around solids

I. ÚVOD

V dnešnom svete je aerodynamika primárne využívaná pri konštruovaní automobilových vozidiel, lietadiel, motocyklov ale taktiež aj pri navrhovaní a testovaní konštrukčných stavieb. Samotný aerodynamický dizajn ovplyvňuje najdôležitejšie prevádzkové a limitujúce faktory, ako sú: spotreba paliva, maximálna rýchlosť a zrýchlenie, alebo nápor vetra pôsobiaci na budovu. Na experimentálne merania aerodynamických problémov na rôznych modeloch sa spolu s počítačovým simulačným prostredím využívajú aerodynamické tunely, pretože zahŕňajú úplnú zložitosť reálneho prúdenia tekutín a ich výstupom je veľké množstvo relevantných údajov. Kľúčovú časť aerodynamického tunela tvoria meracie zariadenia, ktoré sú nevyhnutné pre určenie

aerodynamických vlastností skúmaného telesa. Kvalita meracích zariadení priamo súvisí s presnosťou nameraných výsledkov, preto je dôležité zabezpečiť, aby ovplyvňovali meranie v čo najmenšej miere. Z hľadiska kategorizácie aerodynamických tunelov sa tunely delia do dvoch základných kategórií, na tunely s otvoreným okruhom a tunely s uzavretým okruhom. Ďalej sa aerodynamické tunely delia v závislosti od spôsobu prevádzky, od rýchlosti a orientácie prúdenia vzduchu v tuneli. Každý typ má svoje špecifické využitie v konkrétnej oblasti skúmania, pričom ich ekonomické a konštrukčné požiadavky sú diametrálne odlišné. [1] [2]

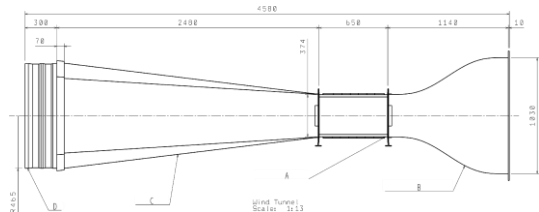
V súčasnosti na Slovensku nie je veľké technické zázemie pre výskum a vzdelávanie v danej oblasti zameranej na aerodynamiku, avšak sú k dispozícii tri aerodynamické tunely, pričom jeden je určený pre stavebné inžinierstvo. Žilinská univerzita v Žiline priamo nedisponuje akýmkoľvek zariadením v oblasti zameranej na problematiku aerodynamiky, ktoré by následne mohli využívať študenti leteckej, stavebnej alebo strojníckej fakulty. Na základe súčasného stavu bol vytvorený projekt zameraný na návrh a konštrukciu modelu demonštračného podzvukového aerodynamického tunela s plne funkčným integrovaným príslušenstvom. Hlavnou funkciou modelu bude vykonávanie demonštračných simulácií prúdenia vzduchu okolo pevných telies a analýz v oblasti monitorovania aerodynamických parametrov.

Kvôli náročnosti projektu boli samotné jeho ciele rozdelené do niekoľkých čiastkových cieľov. Ako prvé bolo potrebné vytvorenie samotného návrhu modelu a jeho verifikovanie využitím teoretických znalostí a analýzami vo virtuálnom prostredí PC softvérov. Pri samotnom navrhovaní sa kládol dôraz na mnoho markantných faktorov ako sú: zvolenie správneho typu aerodynamického tunela, stanovenie konkrétnych rozmerov a pohonnej jednotky demonštračného modelu. Druhým cieľom bola samotná konštrukcia a stavba demonštračného modelu v skutočnej mierke. Posledným

cieľom bolo uvedenie do prevádzky a následná kalibrácia meracích prístrojov a zapojenie dymovej sústavy. [1]

II. NÁVRH

Pre podmienky Katedry leteckej dopravy je nutné stanoviť typ aerodynamického tunela z hľadiska čo najmenších konštrukčných nákladov, pri zachovaní čo najpresnejších dátových výstupov. Z hľadiska rýchlosti prúdiaceho vzduchu v tuneli je potrebné využitím teoretických znalostí stanoviť maximálne hodnoty rýchlosti vzduchu, na základe ktorých sa následne vyberie príslušná pohonná jednotka modelu, pričom podmienkou bolo dosiahnutie prúdenia vzduchu s rýchlosťou 107 km/h (29,72 m/s). Je nutné stanoviť rozmery samotnej konštrukcie experimentálneho modelu vrátane výberu vhodného materiálu na jej jednotlivé časti, aby sa dosiahla požadovaná pevnosť spolu s vylúčením prípadných vibrácií a nerovností. [3] Vybraný typ s otvoreným okruhom a stálou prevádzkou (Obrázok 14) využíva konštantne prúdiaci vzduch, ktorý simuluje pohyb ľubovoľného pevného telesa pri určitej rýchlosti. Aerodynamický tunel je delený na štyri navzájom prepojené segmenty. Vstup tvorí zužujúci sa kužeľ, ktorý je napojený na testovaciu sekciu. Pohonná jednotka, v našom prípade ventilátor je osadený na výstupe difúzora. Návrhy jednotlivých segmentov sú podmienené návrhu testovacej sekcie, ktorej veľkosť musí poskytnúť dostatočné priestory pre manipuláciu a inštaláciu skúmaného telesa a osadenie meracích prístrojov.



Obrázok 14: Finálna schéma aerodynamického tunela [zdroj: autor]

Testovacia sekcia (A)

Z hľadiska rozmerov testovacej časti (Obrázok 15) platí, že jej dĺžka by mala byť v rozsahu 0,5 - 3 násobku jej hydraulického priemeru D_H . Hydraulický priemer možno chápať ako funkciu hydraulického polomeru R_H , ktorý je definovaný ako pomer plochy prierezu potrubia ku zmáčanému obvodu. V prípade štvorcového potrubia je hydraulický priemer rovný dĺžke hrany (šírke) potrubia. [4] [5]

Z hľadiska konštrukčnej jednoduchosti a ekonomickej náročnosti je nosná konštrukcia testovacej sekcie zložená z oceľových pásovín, ktoré sú zozvárané do požadovaného profilu. Pre zabezpečenie dôkladnej viditeľnosti prúdenia sú steny testovacej sekcie opatrené LED prvkami a plexisklom, ktoré dodatočne vyzušuje

konštrukciu a tlmí možné vibrácie. Plexisklo na čelnej strane testovacej sekcie je odnímateľné, čím zabezpečuje prístup k uchyteniu skúmaného telesa.

S narastajúcou dĺžkou testovacej sekcie rastie koeficient poklesu tlaku, preto dĺžka testovacej sekcie musí byť čo najkratšia ale zároveň dostatočne dlhá, aby poskytla priestor pre skúmané teleso. Bola použitá dĺžka 0,65 m, tj. 1,86 násobok hydraulického priemeru D_H . [5]



Obrázok 15: Pohľad na testovaciu sekciu s uchyteným testovacím profilom [zdroj: autor]

Výpočty boli realizované pri laboratórnych podmienkach:

Teplota okolia $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Hustota vzduchu $\rho = 1,204 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Dynamická viskozita vzduchu $\mu = 1,825 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$

Rýchlosť zvuku vo vzduchu $c = 343 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Vzorec pre výpočet hydraulického priemeru pre štvorcové potrubie:

$$D_H = \frac{4a^2}{4a} = a = 350 \text{ mm} \quad (1)$$

Výpočet rýchlosti prúdenia vzduchu
v testovacej sekcii:

Q – Prietokové množstvo vzduchu

S – Plocha potrubia

$$v_{TS} = \frac{Q [m^3/h]}{S [m^2]} \quad (2)$$

$$v_{TS} = \frac{13\,200 \text{ m}^3/h}{0,1225 \text{ m}^2} \quad (3)$$

$$v_{TS} = 29,93 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4)$$

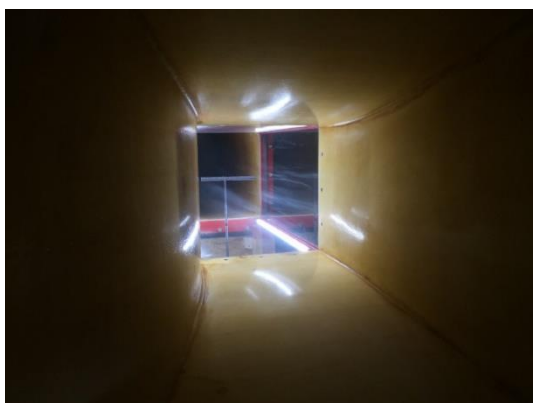
Výpočet strednej rýchlosti v tuneli:

M – Machovo číslo

$$M = \frac{v_{TS}}{c} \quad (5)$$

$$0,0335 = \frac{v_{TS}}{343}$$

$$v_{TS} = 11,490 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$



Obrázok 16: Pohľad do testovacej sekcie s dymovou demonštráciou prúdenia vzduchu [zdroj: autor]

Výpočet laminárneho prúdenia vzduchu v tuneli:

D – vnútorný priemer testovacej sekcie

$$Re = \frac{\rho \cdot v_{TS} \cdot D}{\mu} \quad (6)$$

$$Re = \frac{1,204 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot 34,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,35 \text{ m}}{1,825 \cdot 10^{-5}}$$

$$Re = 265320,3$$

Výsledná hodnota Reynoldsovho čísla [6] je vyššia než je požadovaná hodnota, avšak prostredníctvom frekvenčného meniča (Obrázok 17) je možné meniť rýchlosť prúdenia na nižšiu, a tým pádom je možné doceliť menšie hodnoty Reynoldsovho čísla. Čím menšia hodnota tým je prúdenie laminárnejšie (Obrázok 16).



Obrázok 17: Frekvenčný menič na reguláciu otáčok ventilátora [zdroj: autor]

VSTUPNÝ KUŽEĽ (B)

Pri navrhovaní vstupného zužujúceho sa kužeľa sme vychádzali z dvoch návrhov. Použiteľné boli dva tvary a to so štvorcovým alebo kruhovým prierezom. Zúženie a následné spojenie vstupného kužeľa s testovacou sekcii bolo možné uskutočniť buď tangenciálne alebo pod konkrétnym uhlom. Technika ohýbania preglejok umožnila jednoduchú konštrukciu tangenciálneho spojenia.

Zužujúci sa kužeľ (Obrázok 18) zabezpečuje zrýchlenie a ustálenie prúdu vzduchu do testovacej časti. Dôležitým parametrom je pomer zúženia (CR), pričom pre malé tunely je odporúčaná hodnota 6 – 9. [2] Dĺžka zužujúcej sa časti by mala byť medzi 0.15 R a R, kde R reprezentuje hydraulický polomer vstupu zužujúcej sa časti, v našom prípade štvorec. [1] Finálna dĺžka vstupného zužujúceho sa kužeľa L je stanovená na 1 meter. Aby sa zabránilo oddeleniu prúdu vzduchu, dĺžka zúženej časti bola stanovená na 900 mm, čo je o 20% dlhšie ako maximálna odporúčaná hodnota, pričom pomer zúženia má hodnotu 8.16.

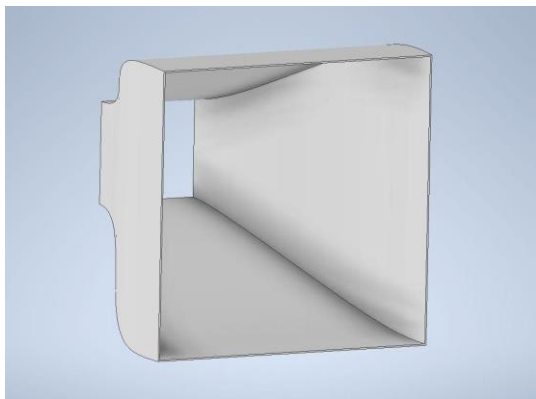
Aby sa zabezpečilo dostatočné priliehanie prúdu vzduchu bolo potrebné zvoliť pomer:

$$L = 1 \text{ m}$$

$$y_0 = 0,5 \text{ m}$$

$$\frac{L}{2 \cdot y_0} \cong 1$$

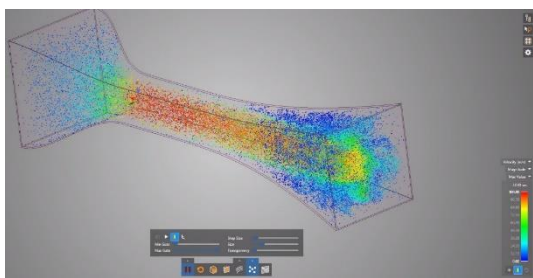
Vnútorné povrchy zužujúceho sa kužeľa boli podrobené dôkladnému mechanickému odpracovaniu a pre zabezpečenie laminárneho prúdenia opatrené epoxidovým lakom.



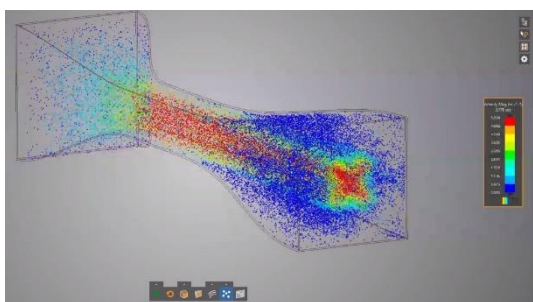
Obrázok 18: Návrh vstupného kužela v PC softvéri Inventor 2019 [zdroj: autor]

DIFÚZOR (C)

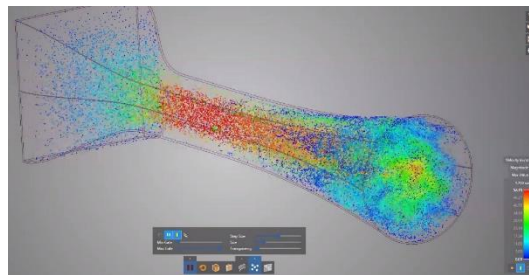
Pri navrhovaní difúzora sme vychádzali z troch návrhov. Návrhy sa líšili výstupným prierezovým profilom difúzora, kde je možné použiť buď kruhový (Obrázok 21) alebo štvorcový prierez, avšak pri štvorcovom priereze bolo možné použiť prepojenie s testovacou časťou buď tangenciálne (Obrázok 20) alebo pod konkrétnym uhlom (Obrázok 19). Prvý variant je konštrukčne menej náročný v porovnaní s druhým variantom, pretože nevyžaduje dodatočné ohýbanie drevených častí, pretože steny by boli rovné. Všetky tri návrhy boli podrobené simuláciám vo virtuálnom prostredí počítačového softvéru ANSYS Discovery Live. [7] [8]



Obrázok 19: Prepojenie testovacej časti a výstupu difúzora pod konkrétnym uhlom [zdroj: autor]



Obrázok 20: Tangenciálne prepojenie testovacej časti s výstupom difúzora [zdroj: autor]



Obrázok 21: Tangenciálne prepojenie testovacej časti s kruhovým výstupom difúzora [zdroj: autor]

Rozmery difúzora boli podmienené viacerým faktorom. Prvý limitujúci faktor bol priemer pohonnej jednotky – ventilátora, ktorý disponuje priemerom 900 mm. Ďalším faktorom bol výrobný materiál, čiže preglejka, ktorú bolo možné obstarat' v rozmere maximálne do 2500 mm. Posledný segment, ktorý ovplyvňoval rozmery difúzora bola testovacia sekcia, ktorej rozmerom boli podriadené všetky jednotlivé segmenty. Z tohto hľadiska bola celková dĺžka difúzora stanovená na 2500 mm pričom uhol difúzora bol z konštrukčného hľadiska stanovený na 6.27° .

Podobne ako vnútorné povrchy vstupného kužela tak aj vnútorné povrchy difúzora boli podrobené dôkladnému mechanickému opracovaniu a pre zabezpečenie laminárneho prúdenia opatrené epoxidovým lakom.

POHONNÁ JEDNOTKA - VENTILÁTOR (D)

Voľba pohonnej jednotky (Obrázok 22) aerodynamického tunela vychádzala z potreby dosiahnutia prúdenia vzduchu v testovacej sekcii s rýchlosťou 107 Km/h (29,72 m/s).



Obrázok 22: Pohonná jednotka (ventilátor) aerodynamického tunela [zdroj: autor]

Výpočet rýchlostí prúdu vzduchu v testovacej sekcii:

Q – Prietok vzduchu

S – Plocha potrubia

$$v_{TS} = \frac{Q [m^3/h]}{S [m^2]} \quad (9)$$

$$v_{TS} = \frac{13\,200 \text{ m}^3/h}{0,1225 \text{ m}^2}$$

$$v_{TS} = 29,93 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Výpočet strednej rýchlosti prúdiaceho vzduchu v tuneli:

M – Machovo číslo

$$M = \frac{v_{TS}}{c} \quad (10)$$

$$0,0335 = \frac{v_{TS}}{343}$$

$$v_{TS} = 11,490 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

USMERŇOVACIE MRIEŽKY

Usmerňovacie mriežky usmerňujú a ušľachujú prúd vzduchu na vstup do testovacej sekcii, kde musí byť zabezpečené laminárne prúdenie. V súčasnosti tunel disponuje jednou usmerňovacou mriežkou a v priebehu budúcich prác bude tunel vybavený voštinovou usmerňovacou mriežkou.

STAVBA

Pri plánovaní konštrukcie boli na výber dva stavebné postupy. Prvý variant zahŕňal použitie laminovaných profilov, avšak z hľadiska vysokých ekonomických nákladov bol daný variant suplementovaný využitím drevených profilov. Drevený variant vychádzal z princípu techniky ohýbania drevených preglejok. Pred tým než bolo možné konštruovať jednotlivé segmenty bolo nutné vyrobiť formy – kopytá, ktoré zabezpečili ohýbanie preglejok do požadovaného tvaru. Hotové celky, teda vstupný kužel a difúzor sa skladajú zo štyroch jednotlivých drevených dielov. Celý aerodynamický tunel je postavený na drevenej konštrukcii, ktorá zabezpečuje jeho stabilitu a samonosnosť, tlmenie vibrácií a znemožňuje jeho posunutie v priestore. Postup vyžadoval vysokú pracovnú a časovú náročnosť. Celkový čas konštrukčnej fázy predstavuje 1600 pracovných hodín.

SÚSTAVY SYSTÉMU DEMONŠTRAČNÉHO MODELU

Potom, ako boli ukončené konštrukčné práce nasledovalo zapojenie elektrickej siete a pomocných ústrojenstiev. Zapojenie a inštalácia zahŕňovala merač vzlaku a odporu, merače teploty a statického a celkového tlaku, systém Arduino, LED prvky a dymovú sústavu. Z

dôvodu bezpečnosti bola elektrická sieť opatrená hlavným vypínačom v prípade, ak by došlo k utrnutiu skúmaného objektu alebo nasatiu cudzieho predmetu, aby sa predišlo škodám na lopatkách ventilátora. [8]

III. KALIBRÁCIA A VERIFIKÁCIA

ARDUINO SYSTÉM

Meracie prvky sú prepojené s počítačovým softvérom prostredníctvom systému Arduino (Obrázok 23). Softvér bol manuálne naprogramovaný špeciálne pre potreby tunela, pričom disponuje vizuálnym zobrazením grafov vzlaku a odporu, zmeny teploty a tlaku v čase, využívané otáčky ventilátora. [5]

Posledné kroky boli zamerané na kalibráciu snímačov, porovnanie a verifikáciu nameraných hodnôt aerodynamických koeficientov so známymi aerodynamickými koeficientmi pre daný tvar telesa.



Obrázok 23: Programovateľný mikropočítač Arduino na snímanie dát zo senzorov [zdroj: autor]

Metodika verifikácie údajov pozostávala z porovňovania nameraných hodnôt pre teleso ktorého aerodynamické vlastnosti sú nám známe. Pomocou 3D tlačiarok bola vymodelovaná a následne vytlačená guľa s preddefinovanými rozmermi, ktorá sa umiestnila do testovacej sekcii a bola podrobená meraniam. Výsledky merania boli porovnané so známymi hodnotami aerodynamických vlastností gule s danými rozmermi. V prípade nezrovnalostí bola nutná dodatočná kalibrácia. Samotná rýchlosť prúdenia bola meraná pri maximálnych otáčkach ventilátora pomocou anemometra. Výsledkom posledných krokov je plne funkčný experimentálny podzvukový aerodynamický tunel.

IV. VÝSLEDKY

Na (Obrázok 24) vidíme hotový aerodynamický tunel zostavený podľa návrhových výkresov. Testy po zhotovení do značnej miery preukázali laminárny profil prúdenia vzduchu vo vnútri tunela. Z dôvodu vysokých technických a finančných požiadaviek nebolo možné osadiť model ventilátorom s výkonom viac ako 400 W. To spôsobilo poklesy rýchlosti prúdiaceho vzduchu vo vnútri testovacej sekcie pri maximálnych otáčkach ventilátora na rýchlosť $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Avšak v budúcnosti sa plánuje osadenie výkonnejším typom ventilátora, ktorý by vyrovnal rýchlosť prúdenia vzduchu na pôvodne plánovanú hodnotu.



Obrázok 24: Aerodynamický tunel po konečných úpravách [zdroj: autor]

V. ZÁVERY

Poslaním článku bolo priblížiť návrh, dizajn a konštrukciu stavby aerodynamického tunela pre konkrétne požiadavky a podmienky, konkrétne pre Katedru leteckej dopravy Žilinskej univerzity v Žiline. Počas návrhu a dizajnu sa autori riadili matematickými metódami pre výpočet rozmerov podzvukových aerodynamických tunelov otvoreného typu. Popri návrhu a dizajne sa článok venuje samotnej stavbe a konštrukcii. Z pohľadu zvoleného technologického postupu ide o jedinečnú samonosnú konštrukciu, ktorá plne pokrýva požiadavky kladene na prevádzku samotného aerodynamického tunela.

Záverom je možné zhodnotiť, že projekt plne splnil očakávané ciele a výsledkom je vytvorený aerodynamický tunel, ktorý spĺňa stanovené kritéria na prevádzku experimentov. Článok popisuje celkový postup a poskytuje čitateľovi komplexný pohľad a podklad pri návrhu a stavbe vlastného aerodynamického tunela pre konkrétne požiadavky.

PRÁCA V BUDÚCNOSTI

V budúcnosti je plánované osadenie usmerňovacej mriežky na vstupe zužujúceho sa kužela a umiestnenie špeciálnej voštinovej mriežky typu honeycomb na vstup testovacej sekcie, pre zaistenie ustálenejšieho prúdenia, a tým pádom zaistenie presnejších výsledkov meraní. V prípade pohonnej jednotky je možné zvýšiť výkon nahradením súčasného motora, motorom s vyšším pracovným výkonom, čo by zvýšilo limit maximálnych otáčok ventilátora a umožnilo testovať komplexnejšie telesá.

Cieľom v budúcnosti je konštrukcia špeciálnej testovacej sekcie pre výskum UAV prostriedkov v neštandardných poveternostných podmienkach. Unikátna testovacia sekcia umožní fixáciu UAV prostriedku pomocou foto-pasce do ustálenej polohy a umožní štúdium a optimalizáciu letov UAV.

Projekt ako taký by umožnil a rozšíril vedecké pole na Katedre leteckej dopravy a primárnym cieľom bude pomocou tunela štúdium aerodynamiky a aerodynamicky budených mechanických kmitov pre oblasť vibrodiagnostiky.

POĎAKOVANIE

Článok vznikol s materiálnou a finančnou podporou Žilinskej univerzity v Žiline spolu s Katedrou leteckej dopravy Žilinskej univerzity.

REFERENCIE

- [1] PANDA, MAHESH & SAMANTA, AMIYA. 2016. Design of Low-Cost Open Circuit Wind Tunnel - A Case Study. Indian Journal of Science and Technology. 9. 10.17485/ijst/2016/v9i30/99195.
- [2] R.D. MEHTA, P. BRADSHAW., Design rules for small low speed wind tunnels, 1979, DOI: <https://doi.org/10.1017/S0001924000031985>
- [3] J. B. BARLOW, W. H. RAE, JR, A. POPE - Low Speed Wind Tunnel Testing. 1-John Wiley _ Sons Inc. 1999, http://web.pdx.edu/~d4eb/chrome/J._B._Barlow,_W._H._Rae,_Jr._A._Pope_Low_Speed_Wind_Tunnel_Testing.pdf
- [4] YADAV, AJAY. Hydraulic Mean Depth, Hydraulic Radius and Hydraulic Diameter. (2019), online: https://www.researchgate.net/publication/336999949_Hydraulic_Mean_Depth_Hydraulic_Radius_and_Hydraulic_Diameter
- [5] TIMULĀK, P., Návrh malého aerodynamického tunela, 2016 [bachelor thesis] online: <http://opac.crzp.sk/?fn=docviewChild00180A6A>
- [6] ŠKULTÉTY, F., BADÁNIK, B., BARTOŠ, M. & KANDERA, B. 2018. Design of Controllable Unmanned Rescue Parachute Wing. Transportation Research Procedia 35, pages 220-229

- [7] BUGAJ, M. 2015. Aeromechanika 1: základy aerodynamiky. - 1. vyd. - Bratislava: DOLIS, 2015. - 208 s., [AH 15,97]. - ISBN 978-80-970419-3-9.
- [8] YANNICK D., MAYER HASAN, KAMLIYA JAWAHAR, MÁTÉ SZÓKE, SYAMIR ALIHAN, SHOWKAT ALI, MAHDIAZARPEYVAND, Design and performance of an aeroacoustic wind tunnel facility at the University of Bristol, Applied Acoustics, Volume 155, 2019, Pages 358-370, ISSN 0003-682X, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.06.005>.
- [9] BUGAJ, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [10] BUGAJ, M. 2012. Failure analysis-basic step of applying reliability centered maintenance in general aviation. Transport Problems 7(1), pages 77-86.
- [11] BUGAJ, M., NOVÁK, A. 2010. Všeobecné znalosti o lietadle : drak a systémy, elektrický systém. - 1. vyd. - Žilina : Žilinská univerzita, 2004. - 247 s. - ISBN 80-8070-210-1.

Bc. Michal Hruz – narodený v Martine, absolvoval v roku 2015 Gymnázium J. C. Hronského vo Vrútkach, následne v roku 2018 ukončil diplomom bakalárske štúdium na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava. Počas roka 2019 brigádoval v spoločnosti Austrian Airlines Technik Bratislava ako výpomoc pri údržbe lietadiel. V súčasnosti je na spomenutej univerzite študentom inžinierskeho štúdia v odbore technológia údržby lietadiel.

ANALÝZA A NÁVRH LETOVÝCH POSTUPOV SCHVÁLENEJ VÝCVIKOVEJ ORGANIZÁCIE LVVC

ANALYSIS AND DESIGN OF FLIGHT PROCEDURES OF AN APPROVED LVVC TRAINING ORGANIZATION

Martin Chrkavý

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
m.chrkavy@gmail.com

Roman Topolčány

Aviation Training and Education Centre, University of Zilina, Slovakia
topolcany@lvvc.uniza.sk

Abstract – The aim of this paper is to analyse and propose operational procedures for student pilots and flight personnel of LVVC, which could become part of operational manual of Approved Training Organisation. This paper is logically divided into several parts. In the first one the author is discussing legislation requirements for need of introducing the operation manual into the administrative structure of Approved training Organisation. In the second part the author is looking into how the structure of operational documentation should look like. Next part is focusing on detailed proposal of normal/non-normal operational procedures for student pilots and flight personnel of Approved Training Organisation for VFR training and IFR training as well. Next chapters are dealing with introducing these procedures into the operational manual and subsequent usage of these procedures in the process of educating student pilots of LVVC and with several other parts of operational manual.

Key words: Operational manual, Flight training and education organisation, VFR/IFR flight

I. ÚVOD

Jedným zo základných predpokladov výchovy nových pilotov, ktorí sa majú stať súčasťou komerčnej letovej prevádzky, je kvalitný výcvik zabezpečený organizáciou, ktorej činnosť podlieha mnohým reguláciám a požiadavkám tak zo strany národnej autority pre civilné letectvo - Dopravného úradu Slovenskej republiky ako aj zo strany Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva – EASA. Tieto požiadavky majú za účel vymedziť presnú podobu a spôsob prevádzky konkrétnej organizácie za účelom kvalitného poskytovania výučby novým pilotom. Jednou z mnohých požiadaviek je vytvorenie prevádzkovej príručky, ktorá má poskytovať čitateľovi – pilotovi súbor informácií potrebných na bezpečné vykonanie letu v súlade so všetkými reguláciami ako aj všetky potrebné technické/prevádzkové informácie. Táto publikácia by mala byť prístupná celému letovému personálu ATO ako aj žiakom – pilotom s cieľom oboznámiť sa s postupmi výcvikovej organizácie.

<https://doi.org/10.26552/pas.Z.2020.2.5>

Samotná prevádzková príručka sa skladá z viacerých častí no táto diplomová práca sa venuje predovšetkým jednej časti spomenutého manuálu a to letovým postupom. V prvej časti približuje hore spomenuté legislatívne požiadavky pre vytvorenie takejto prevádzkovej príručky. V ďalších častiach sa zaoberá detailným návrhom určitých normálnych, ale aj núdzových postupov, ktoré by mal každý študent – pilot ovládať pri letoch s vizuálnou referenciou VFR, ale aj pri letoch podľa prístrojov IFR keďže je nutné, aby určité úseky letu boli vykonávané striktné podľa stanovených postupov nakoľko je dôležité aby piloti vo výcviku získali od začiatku správne návyky keďže sú tieto postupy obdobou štandardných prevádzkových postupov – SOP, ktoré sú povinnou súčasťou každého prevádzkového manuálu leteckej spoločnosti.

II. ROZBOR LEGISLATÍVNYCH POŽIADAVIEK

V tejto časti práce autor približuje niektoré z požiadaviek, ktoré musí každá schválená výcviková organizácia spĺňať na to, aby mohla vykonávať svoju funkciu. Menovite sa venuje hlavne predpisom, ktoré stanovujú a opisujú dôležitosť zavedenia prevádzkovej príručky do administratívnej základne každej takejto organizácie.

Ako prvý predpis autor predkladá Nariadenie komisie č. 290/2012. Týmto nariadením sa mení a dopĺňa nariadenie (EÚ) č.1178/2011, ktorým sa ustanovujú technické požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa posádky civilného letectva podľa nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 216/2018. [2]

Ďalší predpis, ktorým sa práca zaoberá je Nariadenie Európskeho parlamentu a rady (ES) č. 2018/1139. Toto nariadenie pojednáva o spoločných pravidlách v oblasti civilného letectva, ktorým sa zriaďuje Agentúra Európskej únie pre bezpečnosť letectva a ktorým sa menia nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 2111/2005, (ES) č. 1008/2008, (EÚ) č. 996/2010, (EÚ) č. 376/2014 a smernice Európskeho parlamentu a Rady 2014/30/EÚ a 2014/53/EÚ a zrušujú nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 552/2004 a (ES) č. 216/2008 a nariadenie Rady (EHS) č. 3922/91. [3]

III. ANALÝZA PREVÁDZKOVEJ DOKUMENTÁCIE LVVC

Na základe prvej kapitoly diplomovej práce kde sa autor venoval požiadavkám predpisovej základne môžeme teda povedať, že tvorba a následná implementácia a udržiavanie prevádzkovej dokumentácie podľa aktuálnych požiadaviek je neraz veľmi náročná. Keďže nie vždy sú požiadavky jednotlivých predpisov jednoznačné a ľahko interpretovateľné museli prísť kompetentní s adekvátnym riešením.

Pre lepšiu orientáciu v štruktúre nariadení a regulácií požadovaných Európskou agentúrou pre bezpečnosť letectva (EASA) sú jednotlivé predpisy členené podľa oblasti implementácie. Niektoré predpisy majú k dispozícii aj tzv. prijateľné dosiahnutia súladu a poradenský materiál (AMC a GM). Môžeme teda povedať, že ide o simplifikáciu často zložito a nejednoznačne napísaných regulácií. Takýmto poradenským materiálom disponuje aj Nariadenie komisie (EÚ) č. 1178/2011 časť ORA, ktorá sa zaoberá požiadavkami organizácie na letovú posádku. Pre účel diplomovej práce je z tohto materiálu vybratá časť týkajúca sa prevádzkovej príručky. Špecifikuje a detailne opisuje ako by mal vyzerat' prevádzkový manuál schválenej výcvikovej organizácie. Je teda zrejmé, že by sa týmto nariadením mala riadiť aj schválená výcviková organizácia LVVC.

IV. NÁVRH LETOVÝCH POSTUPOV

Táto časť dipomovej práce sa venuje letovým postupom, ktoré by mohli byť začlenené do prevádzkovej príručky schválenej výcvikovej organizácie LVVC. Autor v nej približuje a detailne opisuje a vizualizuje letové postupy, ktorými by sa mali piloti-študenti riadiť pri dennodennej prevádzke, aby bola zaistená bezpečnosť v najvyššej možnej miere. V neposlednom rade ide aj o to aby sa zjednotili postupy, ktoré študenti používajú pri letoch či už podľa prístrojových pravidiel ale aj pri letoch s vizuálnou referenciou. Súčasťou tejto sekcie sú aj vizualizácie núdzových postupov, ktorými by sa mali piloti riadiť v prípade, že by takáto situácia nastala. Tieto letové postupy sú vhodné na štúdium pre študentov v akomkoľvek štádiu výcviku nakoľko obsahujú inštrukcie nielen pre pokročilejších študentov lietajúcich podľa prístrojových pravidiel IFR, ale aj pre začiatočníkov keďže sú opísané aj základné činnosti akými sú vzlet či let po okruhu.

Tieto návrhy postupov by sa v budúcnosti mohli stať súčasťou prevádzkovej príručky – časti B.

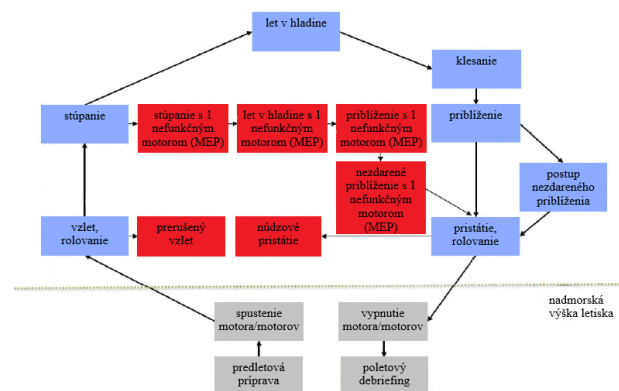
Akokoľvek prevádzka lietadla nasleduje podobný model, ktorý začína pred vzletom a končí po pristáti. Tento model môžeme rozdeliť na štandardné fázy letu. Normálne postupy špecifické pre typ lietadla spojené s opisom letového profilu sú štruktúrované podľa definovaných fáz letu. Opis fázy letu lietadla vyjadrený z hľadiska konfigurácie, rýchlosti, nadmorskej výšky, doletu a manévrov a jeho grafické znázornenie je takzvaný letový profil. Prevádzkové postupy poskytujú inštruktorom a študentom pokyny na zabezpečenie bezpečného, efektívneho, logického a predvídateľného výcviku študentov-pilotov. [8]

Na základe definície z predchádzajúceho odseku môžeme teda povedať, že jednotlivé fázy letu sa vyznačujú rôznymi požiadavkami kladenými či už na lietadlo alebo

posádku. Je dôležité, aby si študenti už od počiatku výcviku osvojili správne návyky pri plnení činností, ktoré si vyžadujú jednotlivé fázy letu.

Na obrázku 1 môžeme podrobne vidieť následnosť jednotlivých fáz letu. Pre jednoznačnú a rýchlu interpretáciu informácií sú jednotlivé fázy označené farbami.

Šedá pre pozemné postupy týkajúce sa činností pred samotným vzletom a po pristáti. Modrá reprezentuje normálne letové postupy pokrývajúce všetky fázy letu od vzletu po pristáti v bežnej každodennej prevádzke. Červená približuje núdzové letové postupy a sekvenciu fáz letu vo vzduchu ale aj na zemi.



Obrázok 1: Sekvencia jednotlivých fáz letu – normálne a núdzové postupy [Zdroj: Autor]

Na to, aby všetky fázy letu boli bezpečné a prebiehali podľa presne stanovených pravidiel sú na palube každého lietadla v organizácii LVVC prítomné listy povinných úkonov. Tie zabezpečujú, aby sa posádka uistila, že boli vykonané všetky úkony súvisiace s konkrétnou fázou letu. Sú vytvorené v súlade s letovou príručkou daného lietadla (AFM) a plnia požiadavky nielen správneho zaobchádzania s lietadlom ale aj prevádzkové požiadavky.

Či je let vykonávaný podľa pravidiel letu podľa prístrojov alebo za vizuálnej referencie, posádka musí vždy dbať na striktné dodržiavanie zásad používania listov povinných úkonov. Znamená to, že filozofia používania listov povinných úkonov je daná a nemala by sa modifikovať za žiadnych okolností.

Touto filozofiou je, že checklist-y nie sú „to do“ list-y. Normálne listy povinných úkonov majú teda slúžiť na kontrolu, že určité základné a kritické kroky predošlého vykonaného postupu boli vykonané správne a žiaden krok z postupu nebol vykonaný zle alebo nebol vynechaný úplne. Z tohto hľadiska je dôležité, aby študenti-piloti chápali podstatu a logiku jednotlivých častí listov povinných úkonov. Základom samozrejme je dokonalé pochopenie systémov lietadla a vplyvu, aký vykonané kroky budú mať na tieto systémy a celkovú zmenu fázy letu/letového profilu.

Normálne postupy

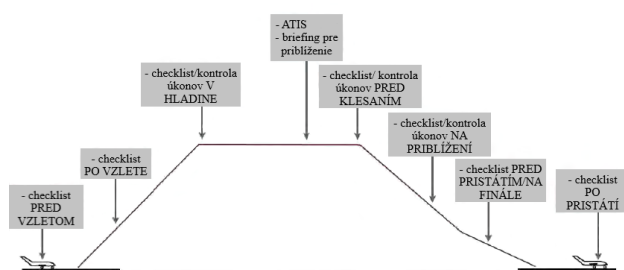
Normálne postupy sú postupy, ktoré počas prevádzky preukázali svoju účinnosť a efektívnosť. Výhodou je tiež to, že

členovia posádky, ktorí spolu letia prvýkrát, vedia vopred čo môžu očakávať. Je zrejme čo znamená konzistentný charakter prevádzkovej činnosti a zdieľané očakávania pre bezpečnosť letu. [15]

Hoci predchádzajúci odsek pojednáva o normálnych postupoch používaných pri letoch IFR, základná filozofia je uplatniteľná aj pri letoch VFR. Konzistencia a precíznosť v každom úkone, ktorý piloti robia v lietadle zaručuje, že let je vykonaný presne podľa predstáv pilota a v súlade so všetkými pravidlami letovej prevádzky a požiadavkami zaobchádzania s lietadlom.

V tejto časti práce autor približuje konkrétnu podobu už spomenutého návrhu postupov, ktorými by sa mali piloti riadiť pri bežnej každodennej prevádzke. Súčasťou sú aj obrázky pre lepšiu predstavu jednotlivých aktivít na časovej osi letu.

Normálne postupy sú znázornené šedou farbou a jednotlivé činnosti v určitých fázach letu sú opísané nižšie.



Obrázok 2: Vizualizácia všeobecného letového profilu [Zdroj: Autor]

Na obrázku 2 môžeme vidieť vizualizáciu základného letového profilu, ktorá je aplikovateľná na lety, ktoré sa vykonávajú za akýchkoľvek podmienok s jednomotorovým alebo dvojmotorovým letúnom. Môžeme si všimnúť, že každú fázu letu sprevádza list povinných úkonov.

PRED VZLETOM

Činnosti a úkony obsiahnuté v tejto fáze letu budú detailne opísané v časti „Normálny vzlet“.

PO VZLETE

Po každom vzlete je potrebné aby pilot nastavil správnu konfiguráciu lietadla čo znamená aby stabilizoval rýchlosť, sklon lietadla a aby zaistil adekvátnu vzdialenosť od prekážok. Detailnejší popis konkrétnych činností po vzlete bude opísaný v časti „Normálny vzlet“.

V HLADINE

Po dostúpaní lietadla do hladiny/horizontálneho letu pilot opäť vykoná potrebné zmeny v konfigurácii čo znamená, že nastaví výkon pre horizontálny let, stabilizuje lietadlo na želanej trati a vykoná takzvaný „SCAN FLOW“ kedy skontroluje indikácie všetkých motorových prístrojov, letových prístrojov poprípade nastavenie rádionavigačných systémov lietadla a ak sa jedná o let podľa prístrojov tak zavelí monitorujúcemu pilotovi CRUISE checklist.

V prípade letu VFR pred klesaním pilot vykoná všetky potrebné úkony v tejto fáze letu a nastaví správnu konfiguráciu lietadla.

Pri letoch IFR v dostatočnej vzdialenosti od bodu počiatočného klesania (ToD) by mal jeden z pilotov (prednostne pilot letiaci) vypočítať správu ATIS a zaznačiť si kód správy ako aj informácie o aktuálnom počasí a prevádzkové informácie a obmedzenia relevantné pre daný let. Pilot letiaci predá riadenie pilotovi monitorujúcemu (ak je prítomný) frázou „YOUR CONTROL“, ktorá je prijatá frázou „MY CONTROL“ a vykoná briefing pre priblíženie. Ide o pripomenutie si základných informácií o type priblíženia a zamýšľaných postupoch priletu na letisko pristátia. Tieto informácie pilot opakuje z takzvaného “briefing strip-u“ na mapách pre priblíženie JEPPESEN. Pilot taktiež nastaví všetky relevantné frekvencie na rádionavigačných zariadeniach, ktoré využije pri následnom priblížení na letisko. Pred samotným klesaním a po skončení briefing-u pre priblíženie si pilot prevezme riadenie frázou „MY CONTROL“, na ktorú druhý pilot-inštruktor odpovie „YOUR CONTROL“. Pilot následne zavelí checklist PRED KLESANÍM kde piloti skontrolujú, že všetky položky tohto listu sú splnené. Keď budú piloti pripravení na klesanie, tak požiadajú o to relevantné pracovisko leteckých prevádzkových služieb štandardnou frazeológiou. Určenie správneho bodu po trati kedy je nutné začať klesať je neraz veľmi náročné hlavne v zlých poveternostných podmienkach. Ako dobré pravidlo na zapamätanie môže slúžiť pomôcka

$$\text{VZDIALENOSŤ OD LETISKA} \times 3 = \text{POŽADOVANÁ VÝŠKA (x 100 ft)}$$

NA PRIBLIŽENÍ

Pred zahájením samotného priblíženia je tiež potrebné vykonať potrebné úkony poprípade zmenu konfigurácie lietadla s následným vykonaním checklist-u NA PRIBLIŽENÍ pri letoch IFR. Pri letoch VFR sa pilot uistí, že má spravený správny rozpočet na vizuálne priblíženie k letisku a robí úkony podľa aktuálnej fázy priblíženia čo by bol ekvivalent k checklistom PO VETRE resp. PO 3. ZATÁČKE.

PRED PRISTÁTÍM

Pred pristátím sa pilot uistí, že konfigurácia lietadla je adekvátna k aktuálnym podmienkam počasia a že všetky povinné úkony podľa checklistu NA PRISTÁTIE resp. NA FINALE sú splnené. Od radiaceho letovej prevádzky obdrží povolenie na pristátie a prevedie pristátie alebo postup nezdareného priblíženia.

PO PRISTÁTÍ

Po pristátí je dôležité aby pilot mal neustále kontrolu nad lietadlom, čo znamená, že drží stabilný smer lietadla a dostatočne deceleruje. V prípade, že pristáva na letisku kde je veľká prevádzka, tak sa snaží o čo najskoršie uvoľnenie vzletovej pristávacej dráhy. Ak skoré uvoľnenie dráhy nieje faktorom, tak pozvoľna dobrzdí a opustí dráhu resp. roluje späť po dráhe a opustí dráhu v používaní. Ruluje adekvátnou rýchlosťou a dáva pozor, aby bola zaručená bezpečná vzdialenosť od prekážok.

Počas rolovania vykonajú piloti úkony checklistu PO PRISTÁTÍ a zaparkujú lietadlo na odbavovacej ploche a pokračujú ďalej ako je uvedené v časti „PO PRÍLETE“.

Núdzové postupy

Štandardné prevádzkové postupy u ktoréhokoľvek prevádzkovateľa musia mať v sebe zakomponované aj núdzové postupy, ktoré piloti musia ovládať pre prípad, že by takáto situácia nastala.

V závislosti od závažnosti daného problému, ktorý nastal počas letu musia piloti reagovať vhodným súborom úkonov, aby danú situáciu zvládli. Na to, aby postupovali správne musia určitú časť núdzových postupov ovládať naspamäť bez toho aby pozerali do listu povinných úkonov nakoľko častokrát v týchto situáciách je včasné zareagovanie na problém kritické pre úspešné zvládnutie situácie.

Každý výrobca lietadiel má uverejnené núdzové postupy v prevádzkovej príručke lietadla, ktoré sú použiteľné pre rôzne núdzové situácie.

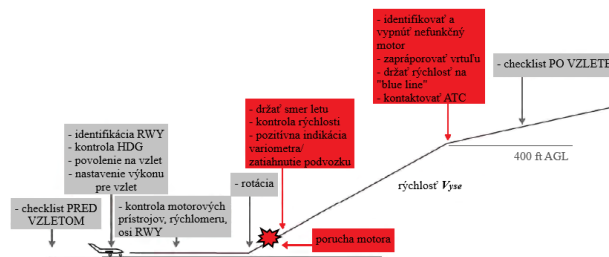
Tieto postupy sú navrhnuté ako úkony pre zvládnutie konkrétnych okolností, ale nie sú náhradou za rozumný úsudok a zdravý rozum. Piloti by sa mali oboznámiť s postupmi v tejto časti a byť pripravení vhodne zareagovať v prípade akejkoľvek mimoriadnej udalosti. [13]

Väčšina základných núdzových postupov akým je napríklad pristátie kľzavým letom bez ťahu pohonnej jednotky/jednotiek je bežnou súčasťou výcviku pilotov. Aj keď sú tieto postupy opísané v prevádzkovej príručke lietadla, tieto informácie nie sú určené ako náhrada za tento výcvik, ale ako poskytnutie zdroja informácií o postupoch, ktoré nie sú rovnaké pre všetky lietadlá. Je odporúčané, aby si piloti tieto núdzové postupy pravidelne opakovali, aby v nich zostali zdatní. [12]

V tejto časti práce sa autor venuje hlavne jednej situácii, ktorá je súčasťou každého preskúšania alebo výberového konania do leteckej spoločnosti a to vysadeniu motora v rôznych fázach letu.

Nevenuje sa dôvodom čo bolo príčinou straty ťahu, ale skôr povinným úkonom, ktoré sú potrebné na to, aby sme let dokončili bezpečne. Logickým cieľom, ak porucha nastane vo vzduchu, je pristáť s lietadlom čo najskôr, prednostne na letisku alebo inej vhodnej pristávacej ploche. V dolu opísaných prípadoch sa autor venuje situáciám kedy je možné pristáť na vzletovej a pristávacej dráhe daného letiska.

Je nutné poznamenať, že všetky situácie, ktoré sú v práci vizualizované sa týkajú dvojmotorového lietadla. Uvedený návrh postupov je vhodný aj ako študijný materiál pre pilotov počas kurzu MCC.



Obrázok 3: Vizualizácia sekvencie úkonov pri vzlete s nefunkčným motorom [Zdroj: Autor]

V. ŠTANDARDIZÁCIA DOKUMENTÁCIE VÝCVIKOVEJ ORGANIZÁCIE

V druhej kapitole tejto práce autor priblížil ako presne špecifikuje EASA rozsah jednotlivých častí prevádzkovej príručky. V tejto časti sa pokúša načrtnúť už obsah niektorých spomenutých častí.

Najskôr si však približuje predpis NARIADENIE KOMISIE č.965/2012, ktorý stanovuje členenie prevádzkovej príručky takto:

- Časť A: Všeobecné/základné ustanovenia, obsahuje všetky prevádzkové zásady, pokyny a postupy, ktoré nie sú viazané na typ lietadla.
- Časť B: Záležitosti týkajúce sa prevádzky lietadla, obsahuje všetky pokyny a postupy vzťahujúce sa na typ lietadla pri zohľadnení rozdielov medzi typmi/triedami, variantmi alebo jednotlivými lietadlami používanými prevádzkovateľom.
- Časť C: Prevádzka obchodnej leteckej dopravy, obsahuje pokyny a informácie o trati/úlohe/oblasti a letisku/mieste prevádzky.
- Časť D: Výcvik, obsahuje všetky pokyny na výcvik personálu potrebného na bezpečnú prevádzku. [1]

V nasledujúcich častiach práce sa autor pokúša načrtnúť ako by obsah jednotlivých častí prevádzkovej príručky mohol vyzeráť. Bližšie sa diplomová práca venuje len vybraným sekciam prevádzkovej príručky.

VI. ZÁVER

Cieľom diplomovej práce bolo zanalyzovať a navrhnúť letové postupy pre schválenú výcvikovú organizáciu LVVC. Tieto postupy by sa mohli v budúcnosti stať súčasťou prevádzkového manuálu časti – B

Súčasťou návrhu niesú len normálne postupy pre každodennú prevádzku, ale aj núdzové postupy potrebné

v krajných situáciách počas výcvikových letov alebo na simulátore.

Dôležitosť zjednotenia letových postupov je veľmi žiadúca nakoľko tvorí predpoklad pre bezpečnú a efektívnu letovú prevádzku. Keďže produktom schválenej výcvikovej organizácie by mali byť piloti, ktorí sú pripravení teoreticky aj prakticky stať sa súčasťou komerčnej leteckej dopravy, je dôležité aby k letovému výcviku od začiatku pristupovali zodpovedne a plne chápali podstatu celej osnovy letového výcviku.

Letové postupy sú navrhnuté v súlade so všetkými platnými nariadeniami a pravidlami, podľa ktorých sa riadi prevádzka lietadiel. Na ich základe sú vytvorené jednotlivé návrhy so zreteľom na typ prevádzky, aká je uskutočňovaná v schválenej výcvikovej organizácii LVVC. Je nutné poznamenať, že primárnym cieľom diplomovej práce bol návrh už spomenutých postupov a nie ich implementácia do osnov prevádzkovej dokumentácie výcvikovej organizácie. V závislosti od typu prevádzky sa môžu letové postupy líšiť a prispôbovať aktuálnym potrebám avšak hlavný cieľ ostáva vždy rovnaký – bezpečnosť letovej prevádzky je vždy na prvom mieste.

POĎAKOVANIE

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

REFERENCIE

- [1] NARIADENIE KOMISIE (EÚ) č. 965/2012 z 5. októbra 2012, ktorým sa ustanovujú technické požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa leteckej prevádzky podľa nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008
- [2] NARIADENIE KOMISIE (EÚ) č. 1178/2011 z 3. novembra 2011, ktorým sa ustanovujú technické požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa posádky civilného letectva podľa nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008
- [3] NARIADENIE EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (EÚ) č. 2018/1139 zo 4. júla 2018 o spoločných pravidlách v oblasti civilného letectva, ktorým sa zriaďuje Agentúra Európskej únie pre bezpečnosť letectva a ktorým sa menia nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 2111/2005, (ES) č. 1008/2008, (EÚ) č. 996/2010, (EÚ) č. 376/2014 a smernice Európskeho parlamentu a Rady 2014/30/EÚ a 2014/53/EÚ a zrušujú nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 552/2004 a (ES) č. 216/2008 a nariadenie Rady (EHS) č. 3922/91
- [4] ICAO Doc 8168 Procedures for Air Navigation Services: Aircraft Operations, 2006.
- [5] ICAO Annex 6 to the Convention on International Civil Aviation: Operation of Aircraft, 2010.
- [6] Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Part-ORA, 2012
- [7] Air-Espace / Flight Academy OPERATION MANUAL Parts A, B, C, D, 2016
- [8] SOLDÁN, V.: Letové postupy a provoz letadel. Letecká informační služba Řízení letového provozu České republiky, státní podnik, 1. vydání, 2014. ISBN: 978-80-239-8595-5.
- [9] JŮN, F.: Učebnica na lety podľa prístrojov, prvé vydanie. Bratislava : DOLIS, 2015. s. 139. ISBN 978-80-8181-049-7.
- [10] DENDIS, T. – HAVEL, K. – SEDLÁČEK, B.: Metodika pilotného výcviku. Žilinská univerzita v Žiline, 1998
- [11] SENECA III PA-34-220T PILOTS OPERATING HANDBOOK and FAA Approved Airplane Flight Manual, ISSUED: January 8, 1981.
- [12] TURBO ARROW IV PILOTS OPERATING HANDBOOK and FAA Approved Airplane Flight Manual. ISSUED: November 30, 1978.
- [13] WILLIAMS, J.R.: The art of instrument flying, 3rd edition. TAB Books, 1996. s. 181. ISBN 0-07-070598-4.
- [14] KRÍŽ, J. a kolektív: Metodika pilotného výcviku na letovom simulátore, Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. s.181. ISBN 978-80-8070-793-4.
- [15] skybrary.aero: Rejected Take off [online]. Dostupné na: [https://www.skybrary.aero/index.php/Rejected Take Off](https://www.skybrary.aero/index.php/Rejected_Take_Off) Spracované dňa: 01.04.2020
- [16] GALIERIKOVÁ, A., MATERNA, M., SOSEDOVÁ, J. 2018. Analysis of risks in aviation. Transport Means 2018 [print, electronic] : proceedings of 22nd International Scientific Conference. - ISSN 1822-296X. - 1. vyd. - Kaunas: Kaunas University of technology, 2018. - s. 1427-1431 [print, online].
- [17] NOVÁK, A., TOPOLEČÁNY, R., BRACINÍK, T. 2009. Výcvik leteckých posádk s využitím nových technológií. Žilinská univerzita, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, 2009. - 94 s. ISBN 978-80-554-0108-9.
- [18] ROSTÁŠ, J. & ŠKULTÉTY, F. 2017. Are today's pilots ready for full use of GNSS technologies? Transportation Research Procedia 28, pages 217-225.
- [19] NOVÁK, 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), pages 103-107.
- [20] ŠKVAREKOVÁ, I., ŠKULTÉTY, F. 2019. Objective measurement of pilot's attention using eye track technology during IFR flights. Transportation Research Procedia 40, pages 1555-1562.

Bc. Martin Chrkavý – narodený v Topoľčanoch, absolvoval štúdium v roku 2013 na Gymnáziu ul. 17. Novembra 1180 v Topoľčanoch, následne od roku 2014 začal študovať na Žilinskej univerzite v Žiline odbor Profesionálny pilot. V roku 2018 nastúpil na inžinierske štúdium na Žilinskej univerzite v Žiline odbor Technológia údržby lietadiel. V súčasnosti pracuje ako pilot.

KONCEPT NÁRODNÉHO LETECKÉHO DOPRAVCU V SLOVENSKEJ REPUBLIKE: VÝCHODISKÁ A POTENCIÁL

THE CONCEPT OF A NATIONAL AIR CARRIER IN THE SLOVAK REPUBLIC

Matúš Jakubík

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
jakubik.mat@gmail.com

Anna Tomová

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
anna.tomova@fpedas.uniza.sk

Abstract – Slovak Republic, as one of the few countries in the European Union, does not have its own flag carrier airline. Several domestic airlines tried to survive on the Slovak air transport market, however, the influence of various exogenous and internal factors led to their decline. Therefore, the aim of this paper is to design a concept of an air carrier, taking into account the current market, in which it would have sufficient potential to establish itself. By examining the legislative framework relevant to the European Economic Area, this paper seeks to provide a conceptual overview of the various forms of subsidies in aviation, as a contribution to a more holistic understanding of an economic relationship between the carrier and the state. Based on a purposive sampling methodology for the selection of individual decisions of the European Commission, existing forms of subsidies and the possibility of their application for the proposed concept of an air carrier are identified and categorized. By constructively evaluating the analytical document prepared in 2018, the paper draws attention to the incomplete and irrelevant outputs of the "Analysis of the establishment of a national air carrier". These relate in particular to the carrier's financial management estimates, the proposed route network, the absence of an in-depth analysis of the end markets and the design of the air carrier's business model. Moreover, this paper examines the link between the air transport industry and macroeconomic indicators of Slovakia, and indicates the trends and identified consumer behavior of domestic passengers. The output of the performed analysis and observations is the design of a hybridized business model with predominant aspects of traditional air carriers. This business model specifies the nature of the services provided, the target segments of passengers, the network of routes and frequencies, horizontal cooperation with partner carriers, pricing policy, ownership structure and recommendations for the air carrier's fleet. This paper also identifies threats arising from the complex market environment, which is demonstrably influenced by the passive policy of the state in matters of air transport development. Among other things, it emphasizes the growing tendencies of competing carriers and the threat of adverse economic cycle changes. In connection with the threats,

it outlines individual scenarios of their fulfillment and the risks, which the proposed air carrier should approach rationally.

Key words – Air Carrier, European Economic Area, State Subsidies, Air Transport Market, Business Model, Hybridization

I. ÚVOD

Slovenská republika, ako jeden z mála štátov Európskej únie, nemá svojho vlajkového leteckého dopravcu. Viacero domácich leteckých spoločností sa pokúšalo na slovenskom trhu udržať, no vplyv rôznych exogénnych a interných faktorov ich dovedol k úpadku. Cieľom diplomovej práce je navrhnúť koncept leteckého dopravcu, ktorý zohľadňuje východiská plynúce z aktuálneho stavu odvetvia civilnej leteckej dopravy na Slovensku a správnym nastavením obchodného modelu zvýši potenciál etablovať sa na jednotnom trhu EÚ.

Tento článok sa venuje viacerým aspektom vplyvujúcich na zriadenie a prípadné pôsobenie leteckého dopravcu na SR. Pre zistenie východísk dopravcu v prvom rade analyzujeme legislatívny rámec, ktorý podmieňuje vstup a pôsobenie dopravcu na jednotnom trhu so službami leteckej dopravy v EÚ. Rovnako sú rozoberané pravidlá štátnej pomoci leteckým dopravcom s existujúcimi precedensami, prostredníctvom ktorých sa navrhnu možné formy subvencií využiteľných v prospech zamýšľaného dopravcu. Nasledujúca časť článku sa venuje zisteniam „Analýzy zriadenia národného leteckého dopravcu“ a hľadá spojitosti so všeobecne zaužívanou metodikou využívanou pri podobnom type analýz.

Vychádzajúc z vykonaných analýz a pozorovaní predložíme návrh konceptu leteckého dopravcu, ktorý má najväčší potenciál a najlepšie východiská pre vstup a udržanie sa na trhu. V tejto súvislosti sú rozoberané údaje z tuzemských letísk a dáta, ktoré boli poskytnuté pre potreby práce susednými letiskami. Sledovaním previazanosti ekonomických ukazovateľov štátu s leteckým odvetvím, sa hľadá optimálna platforma dopravcu pre jeho prípadnú pôsobnosť. Zámerom práce je taktiež poukázať na možné hrozby a riziká konceptu a načrtnúť prípadné scenáre ich prejavovania na samotnom dopravcovi, ktoré

sa popisujú v poslednej kapitole spolu s historickým príkladom ich zlého riadenia.

II. SLOVENSKÁ REPUBLIKA AKO SÚČASŤ JEDNOTNÉHO TRHU SO SLUŽBAMI LETECKEJ DOPRAVY V EÚ

EURÓPSKY HOSPODÁRSKY PRIESTOR - EHP

Slovenská republika, ako členský štát Európskej únie, je súčasťou Európskeho hospodárskeho priestoru EEA. V prípade zriadenia národného leteckého dopravcu v EEA možno konštatovať komplexnejšie faktory z hľadiska legislatívnych a trhových obmedzení. Samotné členstvo SR v EEA možno považovať za prínosné v kontexte veľkosti potenciálneho trhu. Naopak z právneho hľadiska ho možno označiť za neprínosné pre obmedzenia súvisiace so zásahom štátu do riadenia a financovania leteckého dopravcu. Horizontálna spolupráca v oblasti dopravy v EHP predstavuje rovnaké podmienky pre vstup a samotné vykonávanie prevádzkovej činnosti všetkých dopravcov so službami leteckej dopravy v tomto priestore.

Jednotný trh so službami leteckej dopravy v EÚ sa postupne formoval zo silne regulovaného na liberalizovaný zjednotený trh. Jeho transformácia sa uskutočňovala prostredníctvom troch liberalizačných balíčkov. Z historického pohľadu možno povedať, že letecká doprava bola vždy silno regulovaná, jednotlivé členské štáty EÚ mali rozdielne legislatívne normy a požiadavky a na to, aby bolo možné zabezpečiť jeden zo základných pilierov, ktorým je jednotný trh, bolo nutné pristúpiť k zjednoteniu legislatívnych predpisov a samotnej liberalizácii trhu. Takýto trh sa nesmie správať diskriminačne k žiadnemu leteckému dopravcovi zriadenému v členskej krajine EÚ, ktorý sa rozhodne vstúpiť na iný trh ako jeho domovský. Členské štáty spoločenstva by mali pristupovať rovnako k domácim dopravcom aj ostatným leteckým dopravcom zriadených v iných členských krajinách EÚ.

LEGISLATÍVNE POŽIADAVKY NA ZRIADENIE NÁRODNÉHO LETECKÉHO DOPRAVCU

Východiskovým dokumentom, pre legislatívnu analýzu bude slúžiť Nariadenie (ES) č. **1008/2008** o spoločných pravidlách prevádzky leteckých dopravných služieb v Spoločenstve a ďalšie nariadenia a usmernenia Komisie. To, do akej miery bude mať vplyv legislatíva jednotného trhu EÚ na zriadenie dopravcu, závisí aj od modelu zriadenia podniku. Aby dopravca mohol vykonávať prevádzkovú činnosť je povinný byť držiteľom *platnej prevádzkovej licencie*, ktorá je podmienená niekoľkými bodmi v zmysle Nariadenia 1008/2008/EC. Detailnejší rozbor požiadaviek je popísaný v diplomovej práci. [3][4]

Verejný štátny podnik nie je v rozpore z platným právom vzťahujúcim sa k európskemu hospodárskemu priestoru, problém však nastáva s **financovaním** takéhoto podniku. Štát môže činnosť podniku financovať len obmedzene, tak aby ostatní dopravcovia na trhu neboli diskriminovaní. Do úvahy v tomto pripadá financovanie štátom na základe *štátnej pomoci* odôvodnenej verejným spoločenským záujmom. Z právneho

hľadiska nepredstavuje financovanie národného dopravcu problém ako taký, problém však môže nastať v prípade, že takýto dopravca by bol financovaný dlhodobo aj napriek neefektívnemu hospodáreniu. V takom prípade by mohlo dôjsť k ohrozeniu spravodlivej hospodárskej súťaže na trhu a samotná pozícia národného dopravcu by mohla byť chápaná ako diskriminačná.

Štátna pomoc leteckým dopravcom môže byť poskytnutá len v prípade splnenia prísnych požiadaviek, ktoré sú vysvetlené najmä v usmerneniach o štátnej pomoci v sektore letectva (2014/C 99/03). Letecké spoločnosti preto môžu (za určitých podmienok) dostávať „štartovaciu pomoc“, ktorá im poskytuje potrebnú motiváciu na vytváranie nových trás z regionálnych letísk, zvyšuje mobilitu občanov EÚ a stimuluje regionálny rozvoj. V súlade s usmerneniami o štátnej pomoci na záchranu a reštrukturalizáciu môžu letecké spoločnosti EÚ, ktoré čelia ťažkostiam, získať pomoc na záchranu a reštrukturalizáciu, aj keď za veľmi obmedzujúcich podmienok. [5]

METODIKA VYHODNOCOVANIA SUBVENCII V LETECKEJ DOPRAVE

Zvolenú metodiku možno interpretovať ako proces zhromažďovania relevantných podkladov pre skúmanie, ich opakovanú analýzu a porovnanie. Účelom tohoto procesu je identifikácia rôznych kategórií subvencií a ich definovanie. Z pohľadu získavania relevantných dát, využívame dostupnú literatúru služieb Elsevier a Google scholar a jednotlivé rozhodnutia (týkajúce sa subvencií) z verejnej databázy Európskej komisie. Štruktúrovaným prístupom k zisteniam a následnému opakovanému vyhľadávaniu ďalších odborných článkov, ktoré potvrdia prípadné závery, napokon predstavíme model klasifikácie dotácií aplikovaných v EEA a selekciu jednotlivých klasifikácií pre podmienky zriadenia leteckého dopravcu v SR. Cieľom tejto časti práce je dospieť k situácii, keď jednotlivé kategórie budú dôkladne definované a nebudú vznikať žiadne nové. Je potrebné dodať, že vzhľadom na dynamiku leteckého odvetvia a globálnosti problematiky, sa ideálny stav identifikácie všetkých kategórií subvencií nepodarí dosiahnuť, preto bude dôležité skúmať kategórie týkajúce sa najmä Slovenskej republiky.

Geografický rozsah tejto analýzy sa vzťahuje najmä na EHP, ktorého súčasťou je aj Slovenská republika, hoci nie všetky dotácie sú rovnako relevantné pre využitie na našom trhu. Zameriavame sa na obdobie rokov 2000 - 2019 s cieľom identifikovať súčasné a prebiehajúce spôsoby subvencií určených leteckým dopravcom v EEA. Európska komisia pristupuje k niektorým prípadom hodnotenia štátnych subvencií špecificky – individuálna pomoc. Z hľadiska relevantnosti dát, vo vzťahu k nami navrhovanému dopravcovi, budeme analyzovať precedensy dopravcov, ktorí pôsobia na trhoch podobných trhu v Slovenskej republike. Skúmame rozhodnutia Európskej komisie o štátnej pomoci dopravcov Austrian, airBaltic, Malév, ČSA, Adria Airways, Ryanair, Aer Lingus, Air Malta. Títo dopravcovia pôsobia na relatívne podobných trhoch ako je v SR, preto môžeme očakávať relevantné výstupy pre nami navrhovaný koncept leteckého dopravcu.

VÝSLEDKY ANALÝZY A SÚHRN ZISTENÝCH FORIEM ŠTÁTNYCH OPATRENÍ A KLASIFIKÁCIA FORIEM DOTACIÍ

Dotácie sú formou hospodárskej intervencie rozšírenej takmer na všetky odvetvia a sú významné v celosvetovom

meradle. Štátne subvencie zohrávajú významnú úlohu najmä v prípade tradičných leteckých dopravcov. Problematika štátnej pomoci dopravcom sa dostala do pozornosti predovšetkým v období po liberalizácii trhu so službami leteckej dopravy, preto je kľúčová definícia toho, čo predstavuje subvenciu. Nejasné definovanie štátnych subvencií v leteckom priemysle predstavuje určitú formu rizika aj z pohľadu založenia národného dopravcu v podmienkach SR. Dotácie majú v letectve dlhú históriu a boli zdrojom kontroverzie už viac ako pol storočia. V súčasnosti je však problém štátnych dotácií pre leteckých dopravcov v EÚ naďalej „kameňom úrazu“, je potrebné teda venovať pozornosť tejto problematike a zamedziť jej negatívnemu vplyvu na potenciálneho „národného“ dopravcu v SR. [6]

V praxi rozlišujeme rôzne druhy subvencií. Najviditeľnejšou formou dotácie je **hotovostné financovanie**, teda prípad, keď vláda prevádza peniaze spoločnosti, ktoré môže firma použiť ako príjem. V tomto prípade financovania sa na rozdiel od trhových transakcií nevyžaduje služba na oplátku. Ďalšou formou dotácie sú **štátne pôžičky** so zníženými úrokovými mierami alebo **záruky štátnych pôžičiek** pre súkromných veriteľov. V prípade pôžičiek je subvencia rozdiel medzi úrokovými mierami úverov a trhov, aj keď je ťažké určiť trhovú úrokovú sadzbu. Úverové záruky sú ešte ťažšie oceniť z pohľadu posudzovania subvencií. Ak vláda poskytne záruku na pôžičku, riziko pre veriteľa sa zníži spolu s úrokovou mierou. Ide teda o subvenciu, aj keď spoločnosť môže splatiť svoj dlh, s hodnotou, ktorá sa rovná rozdielu medzi skutočnou úrokovou mierou a hypotetickou úrokovou mierou bez záruky.

Dotácie môžu tiež vyplývať z **trhových transakcií**, ak vláda zaplatí vyššiu ako trhovú cenu za aktíva alebo služby alebo predá aktíva alebo služby za cenu pod trhovú hodnotu. Opäť môže byť identifikácia dotácie a jej vyčíslenie ťažké, ak sú aktíva špecifické. Osobitné problémy pri definovaní dotácií môžu v prípade leteckého dopravcu v SR vzniknúť, ak by vláda konala ako akcionár. V ďalšom bode posudzovania dotácií, ak sa vláda vzdá vyberania príjmov z činnosti takéhoto leteckého dopravcu je to možné považovať za dotáciu. Existuje mnoho foriem takýchto dotácií - od neuplatňovania daňových zákonov nad **znížené daňové sadzby** a uprednostňované pravidlá odpisovania až po daňové úľavy pre konkrétne odvetvia. [7]

Ďalšie rozlíšenie je možné robiť medzi „*legálnymi*“ a „*nezákonnými*“ subvenciami vrátane akejkoľvek formy priamej alebo nepriamej finančnej podpory pre odvetvie letectva, ktorá porušuje obchodné dohody, vnútroštátne alebo nadnárodné právo. Je tiež možné rozlišovať dotácie podľa ich formálneho usporiadania, t. j. či sú „dočasné“ alebo „trvalé“, „otvorené“ alebo „tajné“. Stupeň transparentnosti je na celom svete rozdielny, takže empirické hodnotenie dotácií mimo krajín OECD je takmer nemožné. Okrem toho, ak existujú zákonné obmedzenia pre dotácie, vlády sa ich môžu pokúsiť skryť, ako ukazuje niekoľko prípadov štátnej pomoci v Európskej únii (EÚ). [9][10][8]

Ďalším problémom sú rôzne (hospodárske) nariadenia obmedzujúce do určitej miery vstup dopravcu na trh, ktoré by „národnému“ dopravcovi mohli umožniť dosiahnuť monopolné zisky. Takáto firma by bola často povinná ponúkať neziskové služby, čo je situácia, ktorá charakterizuje mnohé dopravné trhy. V našom prípade, letecký dopravca by mohol využívať svoje postavenie na jednotlivých (menej ziskových) trasách a zakladať

na tomto fakte svoju politiku k tvorbe zisku. Z ekonomického hľadiska to predstavuje krížové subvencovanie medzi trhmi. To znamená, že zodpovedá dani uvalenej na jeden trh a dotácii poskytnutej na druhý trh. Tieto vzájomné vzťahy sa uznávajú, ale v ďalšej časti práce o nich nebudeme podrobnejšie diskutovať, rovnako ako v prípade subvencií určených environmentálnej problematike. Téma vplyvu leteckej dopravy na životné prostredie je však významná, pretože toto odvetvie je energeticky náročnejšie ako väčšina ostatných. V konečnom dôsledku sa môže *neefektívne účtovanie emisií skleníkových plynov* považovať taktiež za dotáciu. Vzhľadom na veľké množstvo dotácií v letectve nie je možné sa zaoberať všetkými potenciálnymi formami dotácií, na ktoré by mal „národný“ letecký dopravca v SR nárok, preto venujeme pozornosť tým najobvyklejším formám štátnej pomoci uplatňovaných v EEA (EHP). [8][11][12][10]

III. KRITICKÉ ZHODNOTENIE ŠTÚDIE “ANALÝZA ZRIADENIA NÁRODNÉHO LETECKÉHO DOPRAVCU”

Vzhľadom na komplexnosť požiadaviek v zmysle Zmluvy o dielo č. 523/C400/2018, možno konštatovať viacero pohľadov na štúdiu. Analýza v prístupe vyhodnocovania cieľov národného leteckého dopravcu správne vyhodnotila jeho hospodársky význam, ako aj potenciálny prínos z ekonomického hľadiska. Z metodického hľadiska však navrhla neúplné a nie plne relevantné výstupy určujúce prevádzkový a podnikový charakter leteckého dopravcu.

ODHADOVANÉ NÁKLADY A HOSPODÁRENIE DOPRAVCU V ANALÝZE

Štúdia nebola koncipovaná ako podnikateľský plán a pri vyčíslení odhadovaných nákladov navrhovaného dopravcu neprihliadala na základné prvky manažmentu výnosov. Pri výpočtoch kalkulovala s fixnými cenami leteniek, či konštantným load factorom pre jeden rok prevádzky. Takáto kalkulácia sa nám nejaví ako relevantná, preto nemôžeme konštatovať, že požiadavka o vyjadrenie prínosov/nákladov v zmysle zmluvy bola naplnená.

Nechápeme na základe čoho analýza stanovila metodiku výpočtu load factoru na letoch, ako aj na základe akých informácií stanovila rastúci load factor v nasledujúcich rokoch. Podľa nášho názoru, vzhľadom na vážnosť štúdie, pre objektívne stanovenie nákladov, teda aj straty a zisku dopravcu, nie je možné využívať pre výpočty hospodárenia dopravcu hodnoty load factor odhadom. Takýto prístup by sa nám javil v poriadku pre návrh viacerých prognóz etablovania sa dopravcu na trhu a kalkulácií zisku/strát pre jednotlivé scenáre odhadovaného load factoru. Analýza mala teda prezentovať prognózy hospodárenia dopravcu po dobu piatich rokov pre jednotlivé hodnoty miery obsadenosti liniek separátne spolu s aplikovaním koeficientu kladnej a zápornej zmeny load factoru počas tohoto obdobia. Výstupom malo byť päť scenárov pre 35%, 45%, 65%, 70% a 80% load factor. Štúdia však prezentovala len jeden odhadovaný výsledok hospodárenia dopravcu za 5 rokov, zohľadňujúci všetky prognózy load factoru s postupným vývojom od najhoršieho (35%) pre prvý rok, po najlepší odhadovaný load factor (80%) v piatom roku. Znova zdôrazňujeme, že pri kalkulácii je využívaná unifikovaná sadzba za letenky pre jednotlivé destinácie bez využitia manažmentu výnosov.

V analýze nepozorujeme hľadanie podobnosti iných trhov a hľadání obdobných riešení pre prípad Slovenska. Určité precedensy a skúsenosti konkurencie môžu napomôcť pri smerovaní navrhovanej formy zriadenia leteckého dopravcu v SR.

ROZBOR TRHU A SEGMENTOV CESTUJÚCICH

V prístupe zvolenia metodiky vyhodnocovania trhu a potenciálneho dopytu, štúdia pracovala so zdrojmi, ktoré zásadne necharakterizujú majoritného spotrebiteľa na slovenskom trhu, čím nemohla efektívne navrhnuť zamýšľanú sieť destinácií a odporúčania k flotile leteckého dopravcu. Podľa nášho názoru tvorcovia štúdie aplikovali metodiku získavania a spracovania údajov vhodnú pre iné módy dopravy, ktoré nezohľadňujú základné trhové princípy odvetvia leteckej dopravy. Výstupné ekonomické a hospodárske údaje z analýzy majú teda veľmi všeobecný charakter.

Rovnako v prípade analýzy trhu, pre problematiku odlivu slovenských cestujúcich na okolité letiská, štúdia zameriava svoju pozornosť najmä na letiská Viedeň a Budapešť, ale faktory poľských a českých letísk nezohľadňuje. Dokonca z pohľadu odlivu cestujúcich, okrem dát z predaja leteniek cez globálny distribučný systém Sabre, neposkytuje žiadne konkrétne odhady celkového počtu cestujúcich ani pre spomínané letiská Viedeň a Budapešť.

ODVETVIE LETECKEJ DOPRAVY V SR

Výrazný faktor, ktorý má vplyv na letecké odvetvie na Slovensku predstavuje politika štátu. Doba navrhovaná na vypracovanie štúdie nepostačovala na získanie a spracovanie relevantných dát, pričom tento fakt potvrdzuje aj následný prístup k vypracovanej analýze zo strany štátu. Politika štátu je z dlhodobého hľadiska veľmi pasívna a tento prístup v konečnom dôsledku značne ovplyvňuje podmienky realizovateľnosti projektu národného leteckého dopravcu. Ministerstvo dopravy nedalo ani len posúdiť investíciu tohoto projektu Útvary hodnoty za peniaze na Ministerstve financií SR. [53]

V prvej časti článku sme už poukázali, že udeľovanie štátnej pomoci je základným nástrojom politiky štátu v leteckej doprave a jedná sa aj o stále prítomný fenomén aj vo vyspelých európskych ekonomikách. SR by mala túto politiku koncipovať ako politiku „výchovy odvetvia“, alternatívne ponechať republiku bez odvetvia, teda len poskytovať infraštruktúru. Letecká doprava je kritické odvetvie nielen pre bežné, ale aj kritické časy (pandémia COVID-19).

NÁVRH ČASOVÉHO HORIZONTU ZALOŽENIA LETECKÉHO DOPRAVCU

Analýza predpokladá celkové obdobie na spustenie prevádzky národného leteckého dopravcu 21 až 24 mesiacov. Toto obdobie rozdelila do troch fáz. Z pohľadu návrhu časového horizontu zriadenia dopravcu neboli zohľadnené všetky podstatné faktory. Niektoré „bariéry“ boli v teoretickej časti spomenuté, ale v praktickej časti štúdie neboli zohľadnené.

ODPORÚČANIA K FLOTILE A SIETI DESTINÁCIÍ LETECKÉHO DOPRAVCU

Analýza zvažuje nákup dvoch kusov lietadiel E190 s kapacitou 114 cestujúcich. Vlastníctvo lietadiel predstavuje kľúčovú kapitálovú injekciu a poskytuje garanciu financií v

prípade, že by bol dopravca nútený lietadlá odpredať leasingovej spoločnosti. Financie z predaja by slúžili na pokrytie financovania ďalších aktivít dopravcu, rovnako by vlastníctvo lietadiel predstavovalo garanciu pre prípadných partnerov. [13]

Navrhovaný počet lietadiel značne limituje viacero faktorov, ktoré ovplyvňujú jeho možné uplatnenie na trhu. Pokiaľ má byť dopravca na slovenskom trhu úspešný, musí poskytnúť dostatočné kapacity, frekvencie a dochvilnosť. Dve lietadlá neumožnia dostatok priestoru pre efektívne naplánovanie siete dopravcu, ktorá by mohla dostatočne osloviť existujúcu a potenciálnu klientelu. [1]

S cieľom maximálnej využiteľnosti flotily dopravcu celkovo 12 liniek z troch letísk. Výber destinácií uvažoval splnenie požiadavky regionálneho prepojenia Slovenska (vnútroštátne linky) a obslúženia segmentu obchodnej klientely a príjazdového turistického ruchu. Nastavenie frekvencií však nezodpovedá požiadavkám vybraných segmentov cestujúcich.

IV. STANOVENIE POTENCIÁLU PRE ZRIADENIE “NÁRODNÉHO” LETECKÉHO DOPRAVCU V SR

V prvom rade sme sa pokúšali získať dáta z výročných správ jednotlivých letísk, ktoré však neobsahovali dáta špecifikujúce charakteristiku spádovej oblasti a štruktúry odbavených cestujúcich podľa štátnej príslušnosti. Pre riešenie problému sme sa rozhodli kontaktovať jednotlivé letiská a získať informácie pre potreby tejto diplomovej práce. Väčšina letísk bola voči našej pohľadávke pasívna a spomínané dáta nám vzhľadom na ich citlivosť a pozíciu voči konkurencii neposkytla. Preto sme sa rozhodli zamerať na najväčšiu spádovú oblasť - letisko Schwechat, ktoré neskôr časť požadovaných údajov poskytlo. Pri letiskách v Budapešti, Katovicích, Krakove a Prahe sme využili verejne dostupné dáta a spájaním ich spojitostí sme sa pokúsili relevantne odhadnúť odliv cestujúcich zo Slovenska na tieto letiská. Analyzujeme len trh osobnej leteckej dopravy.

Pri makroekonomickej analýze sme využívali dáta dostupné zo štatistík Eurostatu, Národnej banky Slovenska a Štatistického úradu Slovenskej republiky. Makroekonomická analýza trhu poskytne primárny kľúč z hľadiska stanovenia potenciálu leteckého dopravcu a jeho hospodárskeho významu. Pracujeme s údajmi regionálneho hrubého domáceho produktu na obyvateľa vyjadrenom v patrite kúpnej sily, miere nezamestnanosti a reálnou mzdou v regiónoch Slovenska.

STANOVENIE POTENCIÁLU TRHU

Z analýzy trhového prostredia sme zistili, že letecká doprava na Slovensku má vysokú citlivosť na cyklické výkyvy (vplyv HDP a úrovne zamestnanosti). Je zrejmé, že cestovný ruch zohráva významnú úlohu pri vytváraní dopravy. Cyklické zmeny hospodárskej činnosti Slovenska a najmä tie, spôsobené globálnou finančnou a hospodárskou krízou, mali výrazný vplyv na činnosť leteckých spoločností pôsobiacich na Slovensku. Vývoj trhov so službami leteckej dopravy môžu ovplyvňovať aj o obmedzenia prevádzkových kapacít dopravcov, ako v prípade uzemnenia Boeingu 737 MAX, či iné faktory na strane ponuky (uzatvorenie hraníc).

Exogénne faktory, ktoré zohrávali významnú úlohu pri analýze trendov a rozvoja domáceho trhu, predstavovali zmeny vo veľkosti obyvateľstva, cestovnom ruchu, HDP na obyvateľa a v menšej miere aj v situácii na trhu práce. Možnosť pracovať v zahraničí, sa nám javí ako jeden z podstatných faktorov ovplyvňujúcich rozvoj leteckej dopravy. V ročných správach letísk sa jasne potvrdilo, že medzi najobľúbenejšie destinácie pravidelnej leteckej dopravy, patria destinácie, kde pôsobí štatisticky najviac občanov Slovenska pracujúcich v zahraničí. V ďalšom bode posudzovania trhu, možno logicky predpokladať s rastúcim počtom obyvateľov aj rastúci trend objemu leteckej dopravy.[2]

Vzájomne blízky vzťah medzi pomerom zmeny kúpnej sily obyvateľstva a využívaním leteckej dopravy umožňuje vyvodiť dva závery. Po prvé, slovenský trh je pomerne citlivý na kolísanie hospodárskeho cyklu (rast HDP a miera zamestnanosti). Po druhé, vzhľadom na relatívne vysokú mieru nezamestnanosti vo východnom a južnom regióne Slovenska, je možné vidieť obrovský potenciál rastu dopytu po leteckej doprave, v prípade, ak sa v týchto regiónoch objaví vyššia úroveň zamestnanosti. Rovnako možno predpokladať primárny ale aj sekundárny vplyv potenciálneho dopravného zamestnanosti v týchto regiónoch. Na druhej strane sme pozorovali zvýšený záujem o cieľové destinácie, kde sa sústreďia Slováci pracujúci v zahraničí, čo čiastočne indikuje, že z dôvodu vysokej miery nezamestnanosti v regiónoch, títo cestujúci využívali leteckú dopravu za účelom ekonomickej migrácie. V princípe otvoreného trhu však chápeme ekonomicke migrácie ako podporný faktor rastu trhu leteckej dopravy na Slovensku.

Teritoriálna rozloha Slovenska a bezprostredná blízkosť konkurenčných zahraničných letísk spôsobuje výrazný odliv cestujúcich s cieľovou, či východiskovou destináciou na Slovensku. Poddimenzovaný trh leteckej dopravy na Slovensku, značne zmenil správanie spotrebiteľov, ktorí tak pri výbere dopravného prostriedku za účelom ich cesty, sú ochotní cestovať aj na vzdialenejšie letiská. Slovensko tak stráca príjmy z týchto cestujúcich. Vo všeobecnosti by sme charakterizovali slovenský trh ako malý a so spotrebiteľmi s vyššou cenovou elasticitou. Dostupnosť okolitých letísk umožňuje spotrebiteľom širokú škálu porovnávania cestovných taríf a výber tej najvýhodnejšej, často na úkor väčšej vzdialenosti východiskového letiska odkiaľ zvolený dopravca lieta.

Tabuľka 1: Počet slovenských cestujúcich z letiska Schwechat [69][70][71]

	Viedeň celkovo	Slovenskí cestujúci
2016	23,352,016	1,167,601 (5%)
2017	24,392,805	975,712 (4%)
2018	27,037,292	811,119 (3%)

Pozornosť venujeme znižujúcemu sa objemu slovenských cestujúcich v porovnaní s rastúcim trendom celkového počtu odbavených cestujúcich na letisku vo Viedni. Rovnako nasledujúca tabuľka poskytuje prehľad dopravcov pôsobiacich na letisku Schwechat. Pri rozbere charakteru pôsobiacich dopravcov na letisku Schwechat v jednotlivých rokoch sme zistili previazanosť slovenských cestujúcich

s hybridizovanými leteckými dopravcami. Detailnejšie skúmania sú zobrazené v diplomovej práci. Najvýraznejším pozorovaným znakom bol odchod dopravcu Airberlin a FlyNiki, ktorých obchodný model sa vyznačoval vysokou mierou hybridizácie. Tá sa ukázala ako vyhovujúca a potvrdila nám dopyt po takomto type dopravcu aj na Slovensku. Podobné charakteristiky sme skúmali na letiskách Katovice, Krakov, Budapešť a letiskách v Česku. Faktor odlivu slovenských cestujúcich bol najvýraznejší práve na letisku vo Viedni. Rozbor trhu leteckej dopravy na Slovensku a v okolitých krajinách nám pomohol pochopiť správanie cestujúcich a samotnom návrhu obchodného modelu leteckého dopravcu.

OBCHODNÝ MODEL LETECKÉHO DOPRAVCU

Voľba, resp. rozhodnutie sa o obchodnom modeli je kľúčová otázka pre etablovanie sa novovzniknutého dopravcu na trhu. S výnimkou letiska v Košiciach, pôsobia na Slovensku výhradne nízkonákladoví dopravcovia. Cenová stratégia za poskytované letecké služby predstavuje základný kľúč našej orientácie pri návrhu obchodného modelu, okrem iného ale berieme do úvahy viaceré komplexné prvky, ktoré ho ovplyvňujú

V prípade, že by sa navrhovaný letecký dopravca sústreďil výlučne na nízkonákladový obchodný model, jeho potenciál by bol priamo ohrozený súčasnými leteckými dopravcami pôsobiacimi na Slovensku. Primárnou snahou je eliminovať hrozbu vyplývajúcu z ich konkurencie na minimum a poskytnúť služby v oblasti, na ktoré sa títo dopravcovia nezameriavajú. Takáto politika by mohla mať dva efekty. V prvom rade by sme oslovili novou službou cestujúcich, ktorí kvôli svojim potrebám využívajú susedné letiská a v druhom rade by sme znížili spomínané riziko ohrozenia konkurenciou.

Orientácia leteckého dopravcu na výlučne tradičný obchodný model, rovnako oslabuje jeho potenciál. V minulosti pôsobilo viacero tradičných dopravcov na letisku v Bratislave (napr. Aeroflot, Lufthansa, ČSA a pod.), ale ani jeden tam nezotrval až dodnes. Najvýraznejší pokus o vstup tradičného dopravcu na letisko v Bratislave sme zaznamenali v roku 2011, kedy sa letecký dopravca ČSA rozhodol bázovať lietadlo Boeing 737-500 na najväčšom slovenskom letisku a lietať do destinácií Brusel, Amsterdam, Barcelona, Larnaka, Paríž a Rím. Lety boli prevádzkované na primárne letiská a cestujúci mohli taktiež využívať tieto spojenia pre prestup do ďalších destinácií. Problematickou sa nám javí politika frekvencií do destinácií, ako aj časy odletov, ktorá vzhľadom na cenovú politiku nebola atraktívna pre cestujúcich využívajúcich letisko vo Viedni. Frekvencie a časy odletov boli logicky ovplyvnené dispozíciou iba jedného lietadla, ktoré z pohľadu ekonomickej efektívnosti neumožňovalo konkurenčne nastaviteľné ceny leteniek.

Politika nami navrhovaného dopravcu by teda mala predstavovať určitý medzník medzi nízkonákladovým a tradičným obchodným modelom. Pre správne určenie jeho nastavenia je nevyhnutné brať ohľad na správanie spotrebiteľa – cestujúcich.

Navrhovaný obchodný model leteckého dopravcu vychádza z koncepcie **hybridného obchodného modelu s prevládajúcimi aspektmi tradičných dopravcov**. Hlavnými znakmi návrhu sú ponúkané služby dopravcu na letisku a počas letu, cestovné a rezervačné triedy, umiernená cenová stratégia,

komplexný vernostný program zohľadňujúci užívateľa a obstarávateľa a možnosť horizontálnej spolupráce s partnerskými dopravcami. Navrhnutá sieť dopravcu vychádza z kombinovaného typu prevádzky „hub and spoke“ a „point to point“. Dopravca by tak plnil čiastočne úlohu regionálneho a sieťového dopravcu. Potenciál predpokladáme aj v oblasti charterovej dopravy, kde by v prípade dostupných kapacít, mohol navrhovaný dopravca sezónne pôsobiť.

Vychádzajúc z odporúčaní k sieti liniek **navrhujeme obstaranie minimálne 4 lietadiel Airbus A220 - 300** do flotily dopravcu. Kapacita lietadiel do 160 cestujúcich umožní efektívne naplnenie cestujúcimi, aplikovanie navrhovanej cenotvorby a charakteru poskytovaných služieb. Lietadlá by mali byť **v priamom vlastníctve dopravcu** alebo kombinovanej forme obstarávania. Vlastníctvo lietadiel by zvýšilo hodnotu dopravcu na trhu a v prípade finančných problémov by bolo odpredané leasingovej spoločnosti. Získané financie by využil na pokrytie potrebných záväzkov a ďalšieho chodu prevádzky. Štát by poskytol financie na počiatočný kapitál dopravcu a plnil by dozornú funkciu v spoločnosti, manažment by fungoval nezávisle a na princípe súkromného sektora. Dôležitým sa nám javí aj vstup strategického partnera, ktorý sa môže podieľať aj na financovaní počiatočného kapitálu, či riadení leteckého dopravcu. Skúmaním záujmov okolitých krajín v oblasti leteckej dopravy, pripadá do úvahy ako možný partner Poľská republika.

V. RIZIKÁ A HROZBY NAVRHOVANÉHO KONCEPTU “NÁRODNÉHO” LETECKÉHO DOPRAVCU V SR

Návrh konceptu leteckého dopravcu zriadený v podmienkach Slovenskej republiky vychádza zo zistení trhovej analýzy a poznatkov týkajúcich sa správania cestujúcich. Podnikanie v odvetví leteckej dopravy je vysoko rizikové a manažment dopravcu musí zohľadňovať množstvo hrozieb. Veľké množstvo interných a externých faktorov ovplyvňuje potenciál dopravcu a preto je potrebné zdefinovať aspoň najzásadnejšie hrozby a riziká vyplývajúce z navrhovaného konceptu leteckého dopravcu zriadeného v podmienkach Slovenskej republiky.

HROZBY NAVRHOVANÉHO KONCEPTU DOPRAVCU

Hrozby vyplývajú z externého prostredia a dopravca nemá žiadne účinné mechanizmy, ktorými by mohol prítomnosť hrozby odvrátiť. Jedinou možnosťou eliminácie hrozieb, je ich identifikovanie a nastavenie rozhodovacích procesov, ktoré prípadné následky vyplývajúce z naplnenia hrozieb minimalizujú. Úroveň hrozby, teda nebezpečenie vyplývajúce z nej, by mal letecký dopravca prijať a pripraviť scenáre vysporiadania sa s ňou. Pohotová a efektívna reakcia dopravcu na hrozbu, ktorá sa prejaví, zmierni následky škôd ovplyvňujúce jeho postavenie na trhu a vnútropodnikovú štruktúru. Pripravenosť podniku na nepriaznivé situácie, je jeden zo zásadných faktorov ovplyvňujúci vnímanie dopravcu na trhu. Konkurenčný dopravcovia sa môžu rozhodovať o prípadnej konfrontácii s dopravcom na základe zistených interných informácií o jeho pripravenosti a vyhodnotenia situácie v ich prípadný (ne)prospech. Pripraviť sa na všetky hrozby v zásade nie je možné, ba dokonca prílišná opatrnosť a sústredenie sa dopravcu na úroveň hrozieb, môže mať

negatívny účinok na charakter prevádzky dopravcu a brániť ďalšiemu rozvoju spoločnosti. Pozornosť by mala byť sústredená na tie najzásadnejšie hrozby a na primerané opatrenia dopravcu voči nim. [2]

Politika štátu ja javí ako najväčšia hrozba pre navrhovaný koncept leteckého dopravcu. Jej pasívny prístup spôsobil „zakonzervovanie“ odvetvia leteckej dopravy oproti susedným krajinám. Štát nejaví zásadný záujem investovať a rozvíjať tento mód leteckej dopravy a to priamoúmerne znižuje východiskovú pozíciu navrhovaného konceptu leteckého dopravcu. Pokiaľ sa zásadne politika štátu v budúcnosti nezmení, realizácia podobného projektu nebude v zásade možná.

Jej prístup sa premieta aj pri otázkach **privatizácie Letiska M. R. Štefánika**. Neistota spojená s formou privatizácie ovplyvňuje víziu pôsobenia dopravcu Z navrhovaného konceptu vplyva, že práve na letisku v Bratislave dopravca sústreďí väčšinu svojej prevádzky a prípadná privatizácia by mohla podstatne ovplyvniť jeho potenciál na trhu. Miera hrozby vyplýva z formy privatizácie, záujmov strategického investora na letisku a zo vzájomného vzťahu medzi dopravcom a poskytovateľom letiskovej infraštruktúry. Rovnako môže nastať situácia, kedy ústretovosť poskytovateľa letiskovej infraštruktúry bude priaznivá pre nami navrhovaného dopravcu a vytvorí mu vhodné podmienky domácej bázy. Prihliadajúc na skutočnosť, že vlastnícka štruktúra letiska v Bratislave a nami navrhovaného dopravcu je úzko spätá so štátom, odmietame akékoľvek zvýhodňovanie voči konkurencii a aplikovanie nekalých praktík ohrozujúcich základné princípy zdravého konkurenčného trhu.

Medzi ďalšie hrozby patrí aj **konkurencia**, ktorá má v susedných štátoch silnejúce tendencie a dlhodobý odklad vstupu navrhovaného dopravcu na trh by zvyšoval mieru hrozby vyplývajúcu z nej. Nepochybne sa medzi hrozby navrhovaného konceptu zaradzuje aj **ekonomická a hospodárska kríza**. Nepriaznivá zmena hospodárskeho cyklu, môže mať fatálne následky na navrhovaného dopravcu.

RIZIKÁ NAVRHOVANÉHO KONCEPTU DOPRAVCU

Riziká navrhovaného konceptu vyjadrujú pravdepodobnosť nepriaznivej reakcie vstupu a pôsobenia leteckého dopravcu na trhu, pričom miera rizika závisí od interných faktorov dopravcu (formy zriadenia a manažmentu). Istá miera tolerancie rizík môže byť zdravá a podporovať potenciál dopravcu, ale ich podcenenie môže mať až likvidačný dopad. Zásadou prístupu riadenia rizík je zodpovednosť, správna identifikácia, proaktívny a prediktívny manažment dopravcu. Prepojenosť hrozieb a rizík je úzko spätá, z toho dôvodu je potrebné venovať dostatok pozornosti ich komplexnej identifikácii. V prípade realizácie projektu je potrebné vytvoriť hlbkovejšiu analýzu hrozieb a rizík východiskového konceptu leteckého dopravcu.

Dopravca by mal zvážiť aktuálnu situáciu na trhu a sledovať tendencie. **Forma vstupu dopravcu na trh** do značnej miery predurčuje jeho potenciál etablovať sa. Základným princípom je správna identifikácia trhu pôsobnosti a dopytu. Primerane nemožno zvoliť dostatočne silný vstup na trh, ktorý bude schopný konkurovať a dlhodobo sa udržať na trhu. Dopravca musí priniesť na vysokokurenčný trh nové produkty a služby, ktoré budú atraktívne pre cieľové segmenty cestujúcich a jeho

ponuku dostať do povedomia potenciálnych cestujúcich prostredníctvom **efektívneho marketingu**. Podcenenie nákladov na marketing možno chápať ako prijatie rizika, ktoré zníži náklady dopravcu, ale nemusí zvýšiť výnosy.

Prípadná **horizontálna spolupráca** s partnerskými dopravcami jasne vyplýva z navrhovaného konceptu leteckého dopravcu. Tá rozšíri sieť dopravcu a umožní prestupné lety domácim cestujúcim. Riziko horizontálnej spolupráce vyplýva z nevýhodnej vyjednávacej pozície navrhovaného dopravcu voči partnerským dopravcom. Hrozí tak, že vyjednané podmienky spolupráce budú mať negatívny na tvorbu ziskov a jediný, kto bude na kooperácii ziskovať sú samotní cestujúci. Všetky rozhodnutia manažmentu musia byť dôkladne premyslené a strategicky naplánované. **Zlé načasovanie** a podcenenie rozličných faktorov cyklu trhu, či správania cestujúcich môže mať negatívny efekt na ďalší vývoj a pôsobenie leteckého dopravcu.

VI. ZÁVER

Východiská navrhovaného konceptu leteckého dopravcu sú výrazne ovplyvnené komplexným legislatívnym rámcom a vysokokonkurenčným prostredím, na ktorom uvažuje pôsobiť. Okrem dynamického vývoja v zahraničí a silnejúcej konkurencie, napomáha k zhoršeniu východiskovej pozície aj politika štátu. Tá nemá dlhodobú víziu smerovania odvetvia leteckej dopravy na Slovensku a v princípe reaguje len v oblasti teórie. Potenciál dopravcu boj jasne potvrdený, no vyžaduje si výrazný finančný kapitál pre jeho realizáciu. Pre investora zo súkromného sektora by podobný projekt mohol byť nezaujímavý, nakoľko jeho ziskovosť je otáznava a návratnosť je pomerne dlhodobá. Štát preto predstavuje zásadnú možnosť realizácie, ako investor, ktorý má záujem rozvinúť konektivitu jednotlivých regiónov na národnej a medzinárodnej úrovni. Význam dopravcu treba chápať v sekundárnom prínose pre ďalšie odvetvia, teda zvýšenia atraktívnosti Slovenska v oblasti cestovného ruchu, nových investičných príležitostí a tvorby pracovných miest.

POĎAKOVANIE

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **VEGA 1/0624/18** s názvom "*Modely podnikania regionálnych letísk v kontexte dopravnej politiky štátu a Európskej únie*".

REFERENCIE

- [1] Bína, L. a kol. 2014, *Provozování letecké dopravy a logistika*, 1. vyd. Brno: CERM, 2014. 316 s. ISBN 978-80-7402-855-7.
- [2] TOMOVÁ, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A., ČERVINKA M., HAVEL K. 2017, *Ekonomika leteckých spoločností*, 1. vyd. Žilina: EDIS, 2017. 274 s. ISBN 978-80-554-1359-4.
- [3] Ú. v. EÚ L 293: 2008: Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1008/2008 z 24. septembra 2008 o spoločných pravidlách prevádzky leteckých dopravných služieb v Spoločenstve.
- [4] Ú. v. EÚ L 138: 2004: Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 785/2004 z 21. apríla 2004 o požiadavkách na poistenie leteckých dopravcov a prevádzkovateľov lietadiel.

- [5] Ú. v. EÚ C 99: 2014: Oznámenie Komisie – Usmernenia o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti.
- [6] EATON, J. 1996: Flying the flag for subsidies - Prospects for Airline Deregulation in Europe. In *Intereconomics – Review of European Economic Policy*. 31. vyd. Hamburg: Springer, 1996. ISSN: 0020-5346, s. 147–152.
- [7] ANESTIS, P. MAVROGHENIS, S. 2006: The Market Investor Test. In *The EC State Aid Regime*. Londýn: Cameron May, 2006. ISBN 1-905017-34-0, s. 109–127.
- [8] GRÖSSLING, S. – FICHERT, F. – FORSYTH, P. 2017: Subsidies in Aviation. In *Sustainability* 9. vyd. – špeciálne vydanie Transport Policy. Bazilej: MDPI, 2017. ISSN 2071-1050, s. 1-19.
- [9] OECD: Environmentally Harmful Subsidies. Challenges for Reform. Paris: OECD Publishing, 2005. 160 s. ISBN 92-64-01204-4 [online]. Dostupné na internete: <<https://www.cbd.int/financial/fiscalenviron/g-subsidyreform-inc-oecd2005.pdf>> (citované 2020-02-22)
- [10] [WTO (World Trade Organisation): Subsidies and Countervailing Measures [online]. Dostupné na internete: <https://www.wto.org/english/tratop_e/scm_e/scm_e.htm> (citované 2020-01-14)
- [11] Stiglitz, J. E. 2006. A New Agenda for Global Warming. [online]. Londýn: Economists' Voice, 2006. 3 p. [cit.: 14.2.2020] Dostupné na internete: <<http://carbon-price.com/wp-content/uploads/2006-07-stiglitz-a-new-agenda-for-global-warming.pdf>> (citované 2020-01-20)
- [12] PERCH-NIELSEN, S. - SESARTIC, A. - STUCKI, M. 2010 The greenhouse gas intensity of the tourism sector: The case of Switzerland. In *Environmental Science & Policy* 13. vyd. Zürich: Elsevier, 2010. ISSN 1462-9011 s. 131–140.
- [13] NÁRODOHOSPODÁRSKA FAKULTA. 2018. *Analýza zriadenia národného leteckého dopravcu: analýza zriadenia*. Bratislava: EUBA, 2018. 128 s.
- [14] TOMOVÁ, A. & MATERNA, M. 2018. Miscellaneous "modi vivendi" of regional and network airlines: The tracks for future research. *Transportation Research Procedia* 35, pages 305-314
- [15] TOMOVÁ, A. & MATERNA, M. 2017. The Directions of On-going Air Carriers' Hybridization: Towards Peerless Business Models? *Procedia Engineering* 192, pages 569-573
- [16] NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A., NOVÁK, A. 2010. Economic regulation of airport charges in Europe after directive 2009/12/EC. *Logistyka : príloha Logistyka - nauka : artykuly recenzowane*. - ISSN 1231-5478. - Nr 4 (2010)
- [17] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2015. International civil aviation regulations. - 1. vyd. - Bratislava : DOLIS, 2015. - 150 s., [AH 6,95]. - ISBN 978-80-8181-011-4.

Bc. Matúš Jakubík – narodený dňa 27.10.1995 v Banskej Bystrici absolvoval v roku 2015 Gymnázium Hlinská v Žiline a následne od roku 2015 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor doprava, pričom sa zamerával na št. program profesionálny pilot. V roku 2018 pokračoval v inžinierskom štúdiu na rovnakom odbore, pričom sa zamerával na študijný program letecká doprava.

NÁVRH A IMPLEMENTÁCIA PLÁNOVACIEHO MODULU ÚDRŽBY PRE AUSTRIAN AIRLINES TECHNIK – BRATISLAVA

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MAINTENANCE PLANNING MODULE FOR AUSTRIAN AIRLINES TECHNIK - BRATISLAVA

Ladislav Kovács

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
ladislav.kovacs@atb.sk

Lukáš Tencer

Austrian Airlines Technik – Bratislava, Slovakia
lukas.tencer@atb.sk

Abstract – This article focuses on acquainting the reader with the issue of heavy maintenance planning. The article is based on the paper, in which the issue is described in detail the work is focused on the design and implementation of a maintenance planning module for Austrian Airlines Technik - Bratislava. The beginning of the work acquaints the reader with the current state in the organization and describes the basic concepts and documents for understanding the issue it further analyzes the input data needed to design the module. The core of the work describes the design of the module. However, the design of the module is insufficient for evaluation and therefore the module is partially implemented in real operation. After implementation comes monitoring and optimization of anomalies that were detected during monitoring. After optimization, there is a part where it is possible to evaluate what benefits the module will bring to the organization. The conclusion of the paper deals with the overall evaluation of the work..

Key words – Planning module, Planning, Maintenance, Austrian Airlines Technik- Bratislava. ATB.

I. ÚVOD

Tak ako v bežnom živote aj v údržbe všetko začína plánovaním. Plánovanie je východiskový stav, ktorý predchádza realizácii pre dosiahnutie očakávaných výsledkov. Môžeme ho definovať ako cieľavedomú a sústavnú činnosť určujúcu procesy na dosiahnutie cieľov. Pravidelná údržba v leteckom priemysle je najdôležitejšia činnosť pre udržanie vysokého štandardu bezpečnosti. Každé lietadlo, ktoré z určitých dôvodov nelieťa je pre letecké spoločnosti finančne veľmi zaťažujúce. Najmä ak sa jedná o údržbu, ktorá je sice nevyhnutná ale finančne o to náročnejšia. Takýto proces údržby musí byť presne a detailne naplánovaný aby sa čas, ktorý je nevyhnutný na údržbu nepredlžoval a lietadlo mohlo vrátiť do prevádzky čím skôr.

Cieľom práce je navrhnúť a následne implementovať plánovací modul údržby vďaka ktorému bude možné plánovať prediktívne, monitorovať a analyzovať priebeh údržby. Modul

má napomôcť organizácii rýchlejšiemu rozvoju a to dosiahnuť vykonávanie údržby pre štyri lietadlá simultánne.

II. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

Austrian Airlines technik – Bratislava (ATB) je organizácia, ktorá vykonáva ťažkú údržbu lietadiel. Bola založená v roku 2006 ako dcérska spoločnosť Austrian Airlines. Napriek tomu že ATB je dcérska spoločnosť Austrian Airlines, organizácia vykonáva údržbu aj pre iné letecké spoločnosti ako napríklad Alliance Airlines, Helvetic Airways a ďalšie spoločnosti. Údržbu vykonáva primárne pre lietadlá typu Embraer 190, DASH-8 Q400, Fokker 100, Airbus A320 a im príbuzným typom lietadiel.

Údržba sa vykonáva v dvoch line, čo znamená údržbu pre dve lietadlá simultánne. Každá line má svoj bay, kde je rozdelený personál. Personál je ďalej rozdelený na dve zmeny, ktoré majú identickú štruktúru aj počet personálu. Personál v organizácii je možné rozdeliť na certifikovaný personál a podporný personál. Za certifikovaný personál považujeme taký personál, ktorý má oprávnenie na certifikovanie prác a za podporný personál tých, ktorí vykonávajú podporné práce v údržbe.

Základné dokumenty, o ktoré sa práca opiera rozdeľujeme na internú a údržbovú dokumentáciu. K internej priradujeme Výklad organizácie údržby, ktorý je základný dokument údržbovej organizácie. [1] Medzi údržbovú dokumentáciu zaraďujeme dokumenty, ktoré sú schválené výrobcem lietadla. Patria sem Manuál údržby lietadla., Dokument plánovania údržby a ďalšie. [2]

Čas, ktorý je lietadlo v údržbe nazývame časové obdobie údržby a je rozdelené do piatich fáz. Každá fáza je špecifická tým, aký typ prác sa počas nej vykonáva. Fázy majú rôznu dĺžku, ktorá závisí od typu a množstva prác. Tieto fázy taktiež udávajú hlavné míľniky pri postupe údržby.

Tabuľka 1: Fázy údržby

1. Otváranie panelov	3. Modifikácie, Výmena komponentov	5. Zatváranie panelov, Finalizácie
1. Testy	2. Inšpekcie, Lubrikácie	4. Riešenie a odstraňovanie nálezov
		5. Finálne testy

III. ANALÝZA VSTUPNÝCH DÁT

Aby bolo možné pristúpiť k návrhu modulu bolo potrebné zadefinovať východiskový stav. Východiskový stav znamená, určiť aké dáta organizácia využíva. Tieto dáta si bolo potrebné definovať, analyzovať a následne ich využiť pri návrhu plánovacieho modulu.

Jedným z hlavných dát sú časové údaje – Evaulácia a Booknutý čas. Evaulácia je čas, ktorý vychádza z manuálov a je upravený o skúsenosti z predošlých prác. Definuje čas, za ktorý má byť daná práca vykonaná. Booknutý čas je zaznamenávaný do systému AMOS a definuje čas, ktorý personál reálne využil na danú prácu.

Nepriamo do časových údajov zaraďujeme aj dochádzku personálu. Personál pracuje na základe zmenového plánu. Tento zmenový plán sa publikuje vždy mesiac dopredu. Vďaka zmenovému plánu je možné vidieť dostupnú kapacitu personálu, ktorú je možné prerátať do súčtu hodín na dni a k tomu prispôsobiť údržbu.

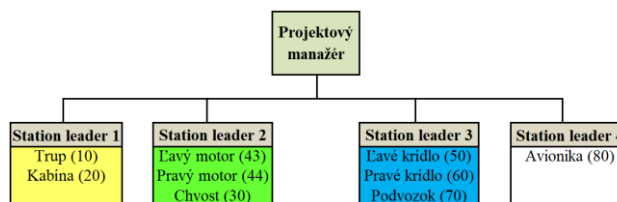
Lietadlo je rozdelené na zóny - oblasti na základe ATA kapitol lietadla. Hlavné oblasti definujú základnú polohu na lietadle a ku každej hlavnej oblasti prislúchajú menšie podoblasti. Oblasti lietadla sa ďalej využívajú na rozdeľovanie údržbovej dokumentácie (Tackcard (TSC) a Workorder (WO)). [3]



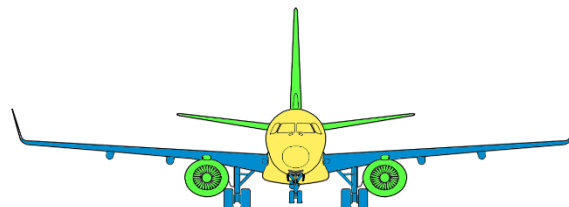
Obrázok 25: Zóny lietadla

IV. NÁVRH PLÁNOVACIEHO MODULU ÚDRŽBY

Po analýze vstupných dát bolo možné pristúpiť k samotnému návrhu modulu. Prvým návrhom bolo nové rozdelenie personálu k oblastiam lietadla. Vytvorili sa štyri hlavné oblasti lietadla – 1. Station (Trup, kabína), 2. Station (Ľavý/pravý motor, chvost), 3. Station (Ľavé/pravé krídlo, podvozok) a 4. Station (Avionika). Nové rozdelenie personálu zabezpečí presný prehľad počtu personálu a hodín na dané oblasti.



Obrázok 26: Nové rozdelenie peronálu k oblastiam lietadla



Obrázok 27: Rozdelenie personálu zobrazené na lietadle

S rozdelením personálu súvisí aj nové rozdelenie TSC a WO. TSC a WO sa rozdelili do štyroch hlavných oblastí a následne do podoblastí. Takéto detailné rozdelenie slúži na ľahšie odhalenie možných anomálií vzniknutých pri plánovaní a tiež počas priebehu údržby.

Ďalším návrhom je štruktúrovaná databáza hodín podľa kvalifikácie. Databáza sa zaoberá presným počtom hodín podľa kvalifikácie. Využitie takejto databázy slúži hlavne pri prediktívnom plánovaní kde sa porovnáva dostupný počet hodín a plánovaný počet hodín. Databáza obsahuje informácie aj o fázach, oblastiach a podoblastiach, vďaka ktorému je možné presne vyjadriť potrebný počet hodín či už na fázy, oblasti alebo podoblasti.

Štvrtú, nálezovú fázu je ťažké prediktívne predpokladať. Preto je potrebné vykonať analýzu nálezov už z vykonanej údržby a vyjadriť si percentuálne množstvo predpokladaných prác. Percentuálne množstvo je ďalej potrebné rozdeliť podľa kvalifikácie, ktorá sa bude nálezmi zaoberať. Toto percentuálne rozdelenie umožní presnejšie prediktívne predpovedať potrebné množstvo hodín na odstránenie nálezov počas štvrtej fázy.

V. IMPLEMENTÁCIA PLÁNOVACIEHO MODULU ÚDRŽBY

Po návrhu modulu je možné pristúpiť k implementácii modulu. Z dôvodu komplexnosti modulu je modul implementovaný iba na Station 3. Spomenuté časti modulu v návrhu sa museli zoskupiť a jednoducho zobraziť v jednom reporte, ktorý je distribuovaný na dennej báze.

PREDIKTÍVNE PLÁNOVANIE

Prediktívne plánovanie porovnáva počet plánovaných hodín vychádzajúce zo štruktúrovanej databázy a počet dostupných zo zmenového plánu. Graf, vychádzajúci z týchto veličín zobrazuje, či je možné projekt vykonať s dostupnými hodinami alebo je žiadúce vykonať opatrenia v podobe predĺženia časového obdobia údržby.

PRIEBEH ÚDRŽBY

Priebeh údržby sa zaoberá porovnávaním plánu priebehu a použitými – booknutými hodinami. Graf zobrazuje rozdiel medzi plánovanými a booknutými hodinami. Pri tejto veličine môžu nastať dve situácie – „prebookovanie“ použitých viac hodín ako bolo plánované alebo „podbookovanie“ použitých menej hodín ako bolo plánované. Z toho dôvodu bolo potrebné zavedenie ďalšej veličiny a to sledovanie počtu otvorených a zatvorených TSC a WO. Otvorené znamená, že práca sa ešte vykonáva. Zatvorené znamená, že práca už bola vykonaná. Táto ďalšia veličina zabezpečí odôvodnenie prebookovania alebo podbookovania.

SPÄTNÁ ANALÝZA ÚDRŽBY

Vďaka spätnej analýze priebehu údržby sa odhalili ďalšie anomálie, ktorými bolo žiaduce sa zaoberať a následne eliminovať. Elimináciu týchto anomálií zabezpečilo monitorovanie a optimalizácia.

VI. MONITOROVANIE A OPTIMALIZÁCIA

Po implementovaní modulu je možné vykonať monitorovanie vzniknutých anomálií.

Anomálie, ktoré boli monitorovaním odhalené bolo potrebné optimalizovať. Najväčšie anomálie - odchýlky voči plánu nastali počas druhej a tretej fázy. Odchýlky ktoré vznikli boli vykonanie skôr či neskôr voči fáze kde boli TSC a WO naplánované. Optimalizácia tejto anomálie je priradenie danej TSC a WO do správnej fázy.

DENNÝ PREHĽAD PRÍTOMNOSTI/NEPRÍTOMNOSTI ZAMESTNANCOV

Vedúci zamestnanci majú k dispozícii zmenový plán svojich zamestnancov. Je ale potrebné mať k dispozícii aktuálny denný prehľad prítomnosti/nepřítomnosti svojich zamestnancov. Takýto prehľad bude denne distribuovaný pre vedúcich zamestnancov.

DENNÉ PLÁNOVANIE PRÁČ

Táto časť modulu bude slúžiť pre vedúcich zamestnancov oblasti lietadla. Denné plánovanie prác vychádza z predošlej časti modulu, kde má k dispozícii prehľad o svojich pridelených zamestnancoch. Následne má prehľad prác pridelenú pre svoju oblasť lietadla. Z prehľadu prác si zvolí prácu, ktorú chce daný deň vykonať a pridelí ju zamestnancovi. Po pridelení prác sa vygeneruje tabuľka, ktorá zobrazuje zamestnancov a pridelenú prácu. Takýto denný plán prác je distribuovaný zamestnancom, ktorý vedia akú prácu majú daný deň vykonávať.

VII. VYHODNOTENIE PLÁNOVACIEHO MODULU

Vyhodnotenie plánovacieho modulu je možné z viacerých hľadísk. Plánovanie údržby je časovo náročný proces z dôvodu spracovania veľkého množstva dát. Preto plánovací modul umožní spracovanie veľkého množstva dát v podstatne kratšom čase a minimalizuje možnosti vzniknutia chýb, ktoré mohli vzniknúť pri manuálnom plánovaní údržby. Už pri čiastočnom implementovaní modul poukázal na výhody pri prediktívnom plánovaní, kde sa zobrazí či je možné údržbu

vykonať v stanovenom časovom období. Denné plánovanie prác je zatiaľ iba koncept pre ďalší rozvoj modulu. Táto časť by ale eliminovala každodenné ranné stretnutia kde sa zamestnancom pridelujú na konkrétne práce.

VIII. ZÁVER

Plánovací modul údržby je komplexný nástroj, ktorého prínosom má byť zefektívnenie už prvého kroku údržby a to plánovania samotného priebehu. Prínos modulu pre organizáciu bol preukázaný už pri čiastočnej implementácii modulu. Je jednoznačne poukázateľné na výhody, ktoré modul dokáže priniesť pre organizáciu a tým dosiahnuť rýchlejší rozvoj. Plnohodnotným implementovaním modulu organizácia dosiahne optimalizáciu svojej produkcie. Výsledkom optimalizácie dostupnej kapacity je zvýšenie svojej konkurencie schopnosti na trhu, pretože základom zdravého rozvoja organizácií je najskôr vedieť využívať svoje kapacity na maximum a tým dosiahnuť maximálny objem produkcie. Dosiahnutím vysokej efektivity, teda maximálnej produkcie by organizácia dosiahla medzistupeň a to tri plnohodnotné line. Dlhodobým cieľom je dosiahnuť až štyri line. Vzhľadom na situáciu (COVID 19), ktorá nastala počas písania tejto diplomovej práce možnosť dosiahnuť dlhodobý cieľ oneskorila. Situácia priniesla neočakávané rozpoloženie v celom leteckom priemysle, s čím sa musia vyrovnávať nielen údržbové organizácie ale hlavne letecké spoločnosti. Je síce pravda, že lietadlá v tejto situácii lietajú omnoho menej a to by logicky znamenalo pre údržbové organizácie veľké množstvo prác. Údržba je ale finančne náročná a preto sa mnohé letecké spoločnosti rozhodli vykonávať iba nevyhnutnú údržbu lietadiel. Preto tieto podmienky ovplyvnili aj ATB, čo určitou mierou obmedzilo ďalší plnohodnotný rozvoj modulu. Situáciu ale nie je možné zmeniť a preto je potrebné ju využiť vo svoj prospech. Nastáva čas, kedy je možné modul naprogramovať a pripraviť ju na obdobie veľkej záťaže v reálnej prevádzke. Stav, v akej sa momentálne nachádzame tu nebude naveky a je možné predpokladať, že počas zimného obdobia budú letecké spoločnosti chcieť vykonávať údržbu vo veľkej miere. Z toho hľadiska je viac než žiaduce byť na situáciu pripravený a to prináša modulu možnosť poukázať na svoj potenciál. Zároveň, samotnú údržbu môžeme považovať za štandardizovaný proces. Princípy, ktoré sú popísané v práci sa dajú aplikovať aj v iných údržbových organizáciách. Tento fakt dáva modulu potenciál ako základ na možné využitie aj pre iné organizácie, ktoré nedisponujú podobným plánovacím modulom.

REFERENCIE

- [1] ATB Interná príručka (IDP - ATB INTERNAL DIRECTIVES AND PROCEDURES ATB/IDP/BMD/06/08) vypracované na základe: Foreign Part-145 approvals- Aircraft certifying staff and support staff [online]. Dostupné na internete: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/B.03.%20UG.CAO_.00121-004%20Aircraft%20CS.pdf
- [2] MPD (3097) Maintenance Planning Document [online]. Dostupné na internete: <https://techdata.flyembraer.com/TechData/ViewHome>.
- [3] AMM Part I (3098) SDS - System Description Section [online]. Dostupné na internete: <https://techdata.flyembraer.com/TechData/ViewHome.do>

- [4] BUGAJ, M. 2005. Aircraft maintenance - new trends in general aviation. *Promet - Traffic - Traffico*, 17(4), pages 231-234.
- [5] BUGAJ, M. 2012. Failure analysis-basic step of applying reliability centered maintenance in general aviation. *Transport Problems* 7(1), pages 77-86.
- [6] BUGAJ, M., URMINSKY, T., JURÁK, P. & PECHO, P. 2018. Analysis and implementation of airworthiness directives. *Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October*, pages 1174-1178.
- [7] BUGAJ, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.

Bc. Ladislav Kovács – narodený v Lučenci, absolvoval v roku 2015 Strednú priemyselnú školu elektrotechnickú Karola Adlera v Bratislave, kde sa zamerával na informačné a sieťové technológie. Následne od roku 2015 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava. Po ukončení bakalárskeho štúdia absolvoval stáž na medzinárodnom letisku na Malte. Inžinierske štúdium pokračoval v odbore technológia údržby lietadiel a od roku 2019 pracuje ako produkčný plánovač pre Austrian Airlines Technik – Bratislava, kde vypracoval svoju diplomovú prácu, ktorá je úzko prepojená s pracovnou pozíciou.

EVALUAČNÉ KRITÉRIA VÝBEROVÝCH KONANÍ NA POZÍCIU DRUHÉHO PILOTA

JOB INTERVIEWS EVALUATION CRITERIA FOR THE POSITION OF THE SECOND PILOT

Filip Kozáčik

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
f.kozacik23@gmail.com

Filip Škultéty

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
Skultety@fpedas.uniza.sk

Abstract – Master paper is focused on flight training and assessment criteria for position of first officer in airline companies. Paper is created primary for graduates of Professional pilot study program on University of Žilina. Main aim of the paper was to analyze assessments in number of airline companies and based on gathered data to prepare study materials for preparation of the pilot before the assessment. These study materials consist from theoretical part, which is not exhaustive with its content, but serve as an insight on the types of questions which are most frequently asked on the assessments, and outline for practical preparation on the flight simulator. Outcome of this paper and real benefit is creating this study materials for assessment into standalone publication, which can be distributed to students of Professional Pilot program.

Key words – Assessment, Flight training, Airline companies, LVVC, Pilot, Boeing, Airbus.

I. ÚVOD

Cieľom tejto práce je najmä priblížiť čitateľovi problematiku výberových konaní do leteckých spoločností pre kadetov – pilotov s čerstvo dokončeným výcvikom CPL. Práca je koncipovaná pre študentov programu Profesionálny pilot na Žilinskej univerzite a tomu zodpovedá aj výber analyzovaných leteckých spoločností, ktorý je orientovaný na spoločnosti kde najčastejšie končia absolventi. Ide teda o spoločnosti pôsobiace na Slovenskom a Českom trhu (AirExplore, Go2Sky, Smartwings) a veľké európske spoločnosti s bázami po celej Európe (Ryanair, Wizzair). Tematicky má táto práca tri časti. Prvá teoretická časť sa zaoberá možnosťami poskytovania leteckých výcvikov, od portfólia základných výcvikov do úrovne obchodného pilota, s ktorými je pochopiteľne väčšina študentov programu Profesionálny pilot dobre oboznámená, až po výcviky, ktoré nasledujú po prijatí do leteckej spoločnosti. Práve táto etapa kariéry profesionálneho pilota vyvoláva u študentov katedry množstvo otázok. Praktická časť sa venuje analýze a komparácii výberových konaní do niekoľkých leteckých spoločností v našom regióne. Táto analýza predkladá čitateľovi náhľad na konkrétne

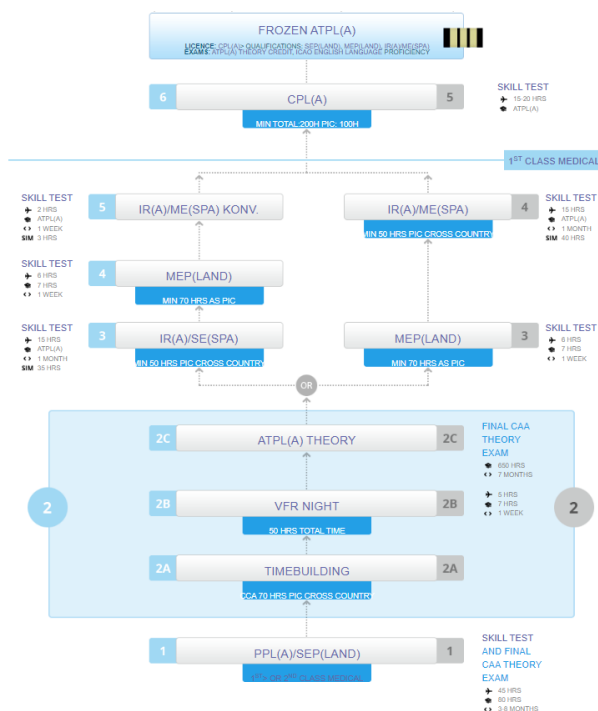
skutočnosti, na ktoré sa treba orientovať už počas výcviku a prináša inštrukcie ako sa správne pripraviť na výberové konanie. Následne, ako jedným z výstupov tejto práce, je vypracovanie teoretickej prípravy na výberové konania, kde sú obsiahnuté desiatky najbežnejších otázok, ktoré môžu uchádzači očakávať na pohovoroch ako aj osnovy praktickej prípravy. Ak bude mať uchádzač dobre zvládnutú teoretickú a praktickú prípravu, informácie obsiahnuté v tejto práci mu poskytnú veľkú výhodu na samotnom výberovom konaní.

II. TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ

Teoretický exkurz a vymedzenie pojmov je dôležitou súčasťou každej odbornej záverečnej práce. V tejto časti sú však navyše uvedené možnosti získania všetkých potrebných kvalifikácií pre vykonávanie pozície druhého pilota, a takisto štandardný postup po prijatí do leteckej spoločnosti a jednotlivé fázy, ktoré musí kadet absolvovať pokiaľ sa stane plne kvalifikovaným F/O. Informácie v tejto kapitole majú vecný charakter a sú koncipované s ohľadom na čitateľa, ktorý začal letecký výcvik, prípadne ešte len uvažuje o leteckej kariére a zisťuje aké sú možnosti. S týmto ohľadom sú aj vybrané konkrétne nariadenia, kde je citovaná iba časť, ktorá sa zaoberá pilotmi bez predchádzajúcich skúseností na iných typoch lietajúcich strojov. Z výcvikov do úrovne ATPL frozen sú možnosti absolvovať integrovaný alebo modulový kurz, prípadne nie až tak rozšírený MPL kurz, ktorý prebieha v spolupráci s leteckou spoločnosťou a je spojený s typovým výcvikom do jedného celku.

V modulovom výcviku si pilot po ukončení základného výcviku a získaní preukazu spôsobilosti súkromného pilota dopĺňa kvalifikácie až po úroveň CPL s teóriou ATPL. Jednotlivé moduly, ktoré je nutné absolvovať po skončení výcviku PPL (private pilot licence-licencia súkromného pilota) sú VFR noc, IR(SE) (instrument rating single engine- prístrojová kvalifikačná kategória, jednomotorové letúne), MEP (Multi engine piston – viacmotorové piestové letúne), IR(ME) (instrument rating multi engine - prístrojová kvalifikačná kategória, viacmotorové letúne), CPL (commercial pilot licence – licencia obchodného pilota), teória ATPL. Žiak si môže rozširujúce výcviky teoreticky robiť v ľubovoľnom poradí, po splnení požiadaviek na zaradenie do daného výcviku. Žiak nie je limitovaný maximálnym časom,

dokedy musí dokončiť výcvik a jednotlivé moduly si môže robiť podľa svojich časových a finančných možností.



Obrázok 1: Modulový výcvik do úrovne ATPL frozen [zdroj: <http://jetage.sk/sluzby/letecka-skola/frozen-atpl-a-ako-na-to.html>]

Integrovaný kurz je na rozdiel od modulového jeden celok, kde žiak postupuje od nuly v jednej osnove až po úroveň obchodného pilota letúnov CPL(A) s teóriou ATPL. Oproti modulovému výcviku sa vyznačuje lepšou nadväznosťou jednotlivých častí výcviku a na rozdiel od modulového výcviku kde si žiak nalietava hodiny, kým môže pokračovať v ďalšom module sám, podľa vlastného uváženia, v integrovanom kurze je aj tzv. „timebuilding“ súčasť osnovy a prebieha v monitorovanom prostredí leteckej školy. Spravidla je v integrovanom výcviku aj viac hodín letov podľa prístrojov a viac hodín na viacmotorovom lietadle. Žiak tiež nie je obmedzený v napredovaní výcvikom skúškami teórie, kedy stačí mať hotové skúšky ATPL až pred záverečným praktickým preskúšaním (skilltestom). Praktické preskúšanie je tiež iba jedno, na konci výcviku, nie po každom module ako v prípade modulového výcviku.

MPL (Multi-Crew Pilot Licence - preukaz spôsobilosti pilota viacčlennej posádky) je licencia ktorú zaviedol v roku 2011 Nariadenie komisie (EÚ) č. 1178/2011, čiže ide o relatívne novú záležitosť. Ide o licenciu ktorá oprávňuje držiteľa vykonávať funkciu druhého pilota na letúnoch povinne prevádzkovaných v posádke s druhým pilotom, čiže inými slovami táto licencia oprávňuje držiteľa lietať ako člen posádky v dopravnom lietadle, avšak neumožňuje mu lietať na jednopilotných „malých“ strojoch. Filozofiou výcviku MPL je, že žiak je od začiatku výcviku pripravovaný na rolu pilota v leteckej spoločnosti, čomu podlieha celý výcvik, kde je na jednomotorovom lietadle s piestovým motorom odlietaná iba úvodná časť výcviku a ďalej väčšia časť výcviku je realizovaná na simulátoroch dopravných lietadiel v prostredí viacčlennej posádky. Ďalším faktorom je oveľa väčšia previazanosť výcviku s leteckými spoločnosťami,

nakoľko MPL výcvik je vždy realizovaný v spolupráci s konkrétnou leteckou spoločnosťou, kedy žiak robí výcvik na type, na ktorom bude po skončení výcviku reálne lietať a s postupmi tej konkrétnej spoločnosti. Oproti klasickým výcvikom, kde pilot nalieta celý výcvik na malých piestových lietadlách a následne sa na typovom výcviku oboznámi s prúdovým dopravným lietadlom, v MPL výcviku je kladený dôraz na prípravu žiaka do kokpitu dopravného lietadla a tomu je prispôbená osnova, a tak je tento typ výcviku previazaný aj s typovým výcvikom do jedného celku.

Samotným prijatím pilota do leteckej spoločnosti jeho výcvik nekončí, ale musí ešte získať typovú kvalifikačnú kategóriu na viacpilotný letún, na ktorom bude lietať (okrem výcviku MPL, kde už má pilot typovú kvalifikáciu). Výcvik v leteckej spoločnosti môže byť hradený buď leteckou spoločnosťou, alebo samotným pilotom, v závislosti od konkrétnej zmluvy. Dĺžka takéhoto výcviku pre pilotov bez predchádzajúcej skúsenosti na viacpilotných lietadlách závisí od konkrétnej spoločnosti ale spravidla trvá približne tri mesiace a zahŕňa typový výcvik, OCC (operator conversion course – preškolenie výcvik prevádzkovateľa, ak nie je súčasťou typového výcviku), base training a line training (traťový výcvik).

KURZ PRE TYPOVÚ KVALIFIKAČNÚ KATEGÓRIU (TYPE RATING)

Na pilotovanie viacpilotného letúna už nestačí iba triedna kvalifikačná kategória ako stačilo pre jednomotorové a dvojmotorové piestové lietadlá, na každé viacpilotné lietadlo treba mať platnú Typovú kvalifikačnú kategóriu (Type Rating). Typový výcvik zvyčajne trvá niekoľko týždňov až mesiacov a zahŕňa teoretickú prípravu a praktický výcvik, ktorý sa uskutočňuje takmer výhradne na simulátoroch.

Žiadateľ o prvú typovú kvalifikačnú kategóriu na viacpilotný letún môže byť žiak – pilot, ktorý práve absolvuje výcvik v rámci výcvikového kurzu MPL, alebo spĺňa tieto požiadavky:

1. má najmenej 70 hodín letovej praxe vo funkcii veliaceho pilota (PIC) na letúnoch;
2. je držiteľom prístrojovej kvalifikačnej kategórie IR(A) na viacmotorové letúny;
3. úspešne absolvoval skúšky teoretických vedomostí ATPL(A)
4. je držiteľom osvedčenia o úspešnom absolvovaní kurzu súčinnosti viacčlennej posádky (MCC) v letúnoch, s výnimkou prípadu, keď je kurz pre typovú kvalifikačnú kategóriu spojený s kurzom súčinnosti viacčlennej posádky (MCC). (EASA, 2011)

PREŠKOLOVACÍ VÝCVIK PREVÁDZKOVATEĽA (OCC – OPERATOR CONVERSION COURSE)

Preškolenie výcvik prevádzkovateľa (OCC) je kurz počas ktorého sa pilot naučí štandardné prevádzkové postupy (SOP – standard operational procedures) daného prevádzkovateľa. Pilotovi s hotovou typovou kvalifikáciou stačí u nového zamestnávateľa – prevádzkovateľa urobiť OCC kurz, pri pilotovi bez typovej kvalifikácie na daný typ je nutnosť urobiť kurz pre typovú kvalifikáciu aj OCC. V niektorých spoločnostiach je typový výcvik a OCC spolu v jednom výcviku,

u iných sa OCC robí samostatne po skončení kurzu pre typovú kvalifikáciu.

BASE TRAINING

Samotný pojem „base training“ predpisy nepoznajú, ani nemá slovenský ekvivalent, avšak pred dokončením typového výcviku je potrebné vykonať niekoľko vzletov a pristátí s reálnym lietadlom. V prípade že má pilot aspoň 500 hodín na viacpilotnom lietadle, musí typový výcvik obsahovať aspoň štyri vzlety a pristátia s reálnym lietadlom, inak musí vykonať aspoň šesť vzletov a pristátí s reálnym lietadlom. Tieto výcvikové okruhy s reálnym lietadlom sa v praxi nazývajú „base training“. (ORA.ATO.125)

TRAŤOVÝ VÝCVIK (LINE TRAINING)

Po zapísaní typovej kvalifikačnej kategórie do licencie môže pilot začať lietať v reálnej prevádzke. Avšak prvých niekoľko desiatok letov sa uskutočňuje v traťovom výcviku (Line training) kedy je nový pilot pod dohľadom kapitána – inštruktora (LTC – line training captain). Pokiaľ ide o kadeta, tak okrem kapitána – inštruktora ho dozoruje aj bezpečnostný pilot (safety pilot), ktorý mu môže pomôcť v niektorých jeho úlohách ale najmä je tam pre prípad inkapacitácie kapitána, aby pomohol kadetovi s lietadlom bezpečne pristáť. Keď kadet preukáže že je schopný zvládať rutinné úlohy sám a že v prípade núdze by vedel sám pristáť s lietadlom, je kadet uvoľnený od bezpečnostného pilota (SPR – safety pilot released) a traťový výcvik pokračuje iba s kapitánom – inštruktorom.

TRAŤOVÉ PRESKÚŠANIE (LINE CHECK)

Na záver traťového výcviku (Line training) je traťové preskúšanie (Line check), kde pilot preukáže svoju spôsobilosť plniť svoje úlohy. Následne musí mať traťové preskúšanie minimálne každých 12 mesiacov.

Každý člen letovej posádky sa podrobí traťovému preskúšaniam v lietadle, aby preukázal svoju spôsobilosť vykonávať bežné traťové lety opísané v prevádzkovej príručke. Čas platnosti traťového preskúšania je 12 kalendárnych mesiacov. Bez ohľadu na ORO.FC.145 písm. a) bod 2 traťové preskúšanie môže vykonať veliteľ lietadla s vhodnou kvalifikáciou, ktorého poveril prevádzkovateľ a ktorý je školený v obsahu CRM a hodnotení zručností týkajúcich sa CRM. (EASA, Nariadenie Komisie (EÚ) č. 965/2012, 2012)

PRESKÚŠANIE ODBORNEJ SPÔSOBILOSTI PREVÁDZKOVATEĽOM (OPERATOR PROFICIENCY CHECK)

Okrem pravidelného traťového preskúšania musí pilot pravidelne absolvovať aj Preskúšanie odbornej spôsobilosti prevádzkovateľom (OPC - Operator proficiency check), v intervale maximálne 6 mesiacov. Obvykle ide o preskúšanie na simulátore, kde sa skúšajú normálne ale aj núdzové postupy, ako napríklad vysadenie motora a podobne.

III. SÚČASNÝ STAV

Na Slovensku je aktuálne (január 2020 pozn. aut.) registrovaných na Dopravnom úrade 12 Schválených výcvikových organizácií (ATO) a 15 Výcvikových organizácií na

základe vyhlásenia. (Dopravný úrad, 2019) Z týchto spolu 27 organizácií ponúkajú výcvik na letúnoch do úrovne CPL(A) iba 3 ATO (ďalej označované ako letecké školy). Konkrétne sú to:

- SK.ATO.01 - Letecké výcvikové a vzdelávacie centrum,
- SK.ATO.02 - SEAGLE AIR – FTO, s.r.o.,
- SK.ATO.10 - JetAge, s.r.o.

Všetky 3 spomínané letecké školy ponúkajú výcvikové kurzy na získanie kvalifikácii PPL(A) SEP-land, Výcvikový kurz na získanie kvalifikačnej kategórie na nočné lety VFR – letún, Výcvikový kurz na získanie triednej kvalifikačnej kategórie MEP-land, Výcvikový kurz na získanie kvalifikačnej kategórie IR-SE, Výcvikový kurz na získanie kvalifikačnej kategórie IR-ME, Výcvikový kurz – konverzia IR-SE na IR-ME, Výcvikový kurz na získanie CPL(A) – modulový, Kurz teoretických vedomostí ATPL(A) – modulový. SK.ATO.01 - Letecké výcvikové a vzdelávacie centrum Žilina okrem toho ponúka aj Výcvikový kurz na získanie ATPL(A) – integrovaný, a Výcvikový kurz súčinnosti viacčlennej posádky – MCC. Oba dva výcviky poskytuje ako jediná letecká škola na Slovensku.

UPLATNENIE ABSOLVENTOV LVVC

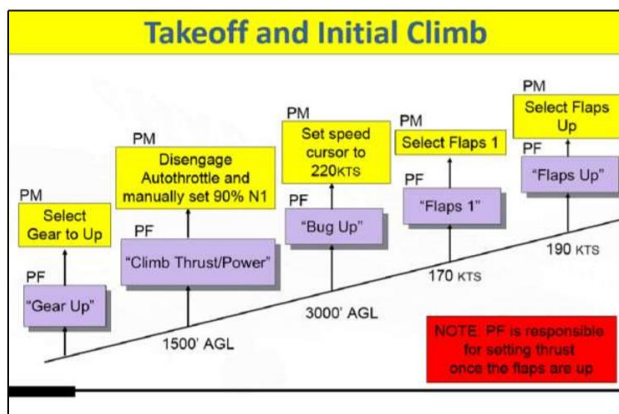
LVVC nevedie štatistiky uplatnenia absolventov študijného programu Profesionálny pilot v leteckých spoločnostiach, dá sa však vychádzať z pozorovaní trendov uplatnenia absolventov z posledných rokov, aktuálnej situácii na trhu a aktuálne otvorených výberových konaniach a takisto z osobných rozhovorov s absolventami. Z uvedených zdrojov informácií vyplýva že väčšina absolventov sa uplatňuje v lokálnych slovenských a českých leteckých spoločnostiach (AirExplore, Go2Sky, Smartwings), alebo u najväčších Európskych leteckých spoločností, ktorí majú nábory otvorené takmer celoročne a prijímajú veľké množstvá pilotov (Ryanair, Wizzair). Okrem týchto spoločností lietajú absolventi po skončení výcviku aj v iných spoločnostiach, prípadne nájdu svoje uplatnenie vo všeobecnom letectve, ale ide skôr o výnimky, preto sa praktická časť bude venovať vyššie spomenutým spoločnostiam.

IV. PRÍPRAVA NA VÝBEROVÉ KONANIE

Po úspešnom dokončení výcviku a získaní Frozen ATPL(A) licencie sa môže kadet začať uchádzať o miesto druhého pilota v leteckej spoločnosti. Súčasťou každého výberového konania je nejaká forma pohovoru a preverenia teoretických znalostí uchádzača a let na simulátore, kde uchádzač predvedie svoje schopnosti v lietadle. Takisto aj materiály na prípravu na výberové konania vypracované v tejto diplomovej práci sú rozdelené na dve časti, teoretická príprava a praktická príprava. V časti teoretická príprava sa nachádza 59 najbežnejších HR otázok pochádzajúcich z pohovorov do rôznych spoločností, ktoré nie sú z pochopiteľných dôvodov vypracované a slúžia len ako prehľad čo možno očakávať na pohovore a umožňujú si čitateľovi pripraviť aspoň približnú odpoveď aby sa vyhol príliš dlhému rozmýšľaniu nad odpoveďou priamo na výberovom konaní, a 79 technicko-teoretických otázok, ktoré sú taktiež zhrnuté z otázok reálne pokladaných na výberových konaniach. Tieto otázky sú v práci aj stručne zodpovedané, čím výrazne uľahčujú čitateľovi prípravu, nakoľko nemusí dané otázky

vyhľadávať jednotlivu z iných zdrojov. Navyše, kvôli lepšej prehľadnosti sú tieto otázky zadelené do 9 kategórií podľa oblasti, ktorej sa týkajú.

Samostatnou časťou je spracovanie osnovy praktickej prípravy, ktorá obsahuje 14 jednotlivých bodov, z ktorých sú mnohé doplnené grafickým vysvetlením pre jednoduchšie pochopenie. Jedná sa hlavne o letové profily pre jednotlivé fázy letu. Ako príklad je uvedený profil na vzlet a počiatočné stúpanie podľa postupu NADP1.



Obrázok 2: Profil stúpania [zdroj: Ryanair]

Analýzou výberových konaní sa zistilo, že vo väčšine analyzovaných spoločností prebieha výberové konanie na simulátore lietadla s turbínovým motorom a samotný letový profil je do veľkej miery podobný. Na základe týchto požiadaviek je vytvorená osnova pomocou ktorej si uchádzač precvičí väčšinu schopností ktoré budú vyžadované a hodnotené na samotnom výberovom konaní v tej – ktorej spoločnosti. Na samotnú prípravu môže uchádzač využiť niektorý z komerčne dostupných simulátorov na osobný počítač, kde sa v spojení s realistickým modelom daného lietadla dokáže pripraviť najmä z hľadiska oboznámenia sa s kokpitom daného lietadla a následne aplikovania postupov, ktoré sú popísané v tejto osnove a precvičenia letov podľa prístrojov, či natrénovania si správnych brífingov. Ďalšou možnosťou praktickej prípravy pred výberovým konaním je využitie možnosti komerčne dostupných necertifikovaných letových simulátorov. Na Slovensku sa takéto simulátory, dostupné komerčne pre verejnosť nachádza iba jeden, a to simulátor Boeingu 737 NG v Simulatorcentre na Gruzínskej ulici v Bratislave. V Českej republike je viacero komerčne využívaných necertifikovaných fixed-base simulátorov, v Prahe sú dokonca štyri, ako Boeingy 737, tak aj Airbusy A320, Okrem nich je ešte v prevádzke simulátor Boeingu 737MAX v Brne. Pri využití takéhoto simulátora jednotlivé firmy ponúkajú často aj inštruktora, ktorý s prípravou pomôže. Príprava na takomto fixed-base simulátore je užitočná najmä pre nacvičenie si manuálneho letu s lietadlom s turbínovými motormi, keďže turbínové lietadlo má svoje špecifické charakteristiky a aj po dokončení výcviku v LVVC nemajú študenti skúsenosti s lietaním na podobnom lietadle, čo môže byť veľkou nevýhodou na výberovom konaní, oproti uchádzačom ktorí robili výcvik MCC na B737 alebo A320. Aj v prípade nemožnosti absolvovať takú praktickú prípravu môže byť užitočné si aspoň prečítať túto osnovu, nakoľko sú v nej zakomponované mnohé odporúčenia a tipy z praxe.

V. ZÁVER

Hlavným cieľom záverečnej práce bolo získať informácie o jednotlivých procesoch výberu druhých pilotov do leteckých spoločností, ktoré pôsobia v našom regióne a po následnej analýze vytvoriť vhodný doplnkový študijný materiál pre pilotov pripravujúcich sa na výberové konanie. Ciele stanovené pre túto prácu boli splnené, avšak z hľadiska konceptu tejto práce a to porovnania viacerých výberových konaní boli študijné materiály spracované viac všeobecne ako špecificky pre konkrétnu spoločnosť, čo otvára možnosti pre námety na ďalšie bakalárske a diplomové práce, ktoré sa môžu venovať jednotlivým výberovým konaniam a príprave na ne podrobnejšie a špecifickejšie.

REFERENCIE

- [1] BRISTOW, G. V. (2002). Ace the technical pilot interview. McGraw-Hill.
- [2] Bugaj, M. (2015). Aeromechanika 1. Bratislava: DOLIS.
- [3] BUGAJ, M., & NOVÁK, A. (2004). Všeobecné znalosti o lietadle – drak a systémy, elektrický systém. Žilina: EDIS.
- [4] Dopravný úrad, D. c. (09 2019). <http://letectvo.nsat.sk/>. Dostupné na Internete: <http://letectvo.nsat.sk/letecky-personal-2/vyvcikove-organizacie/zoznam-vyvcikovych-organizacii/>
- [5] EASA. (2011). NARIADENIE KOMISIE (EÚ) č. 1178/2011. Dostupné na Internete: <https://www.easa.europa.eu/document-library/regulations/commission-regulation-eu-no-11782011>
- [6] EASA. (2012). Nariadenie Komisie (EÚ) č. 965/2012. EASA.
- [7] INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. (2019). Pilot Aptitude Testing Guidance Material and Best Practices, 3rd Edition. IATA.
- [8] JŮN, F., & JIRKŮ, P. (2015). Letecká navigácia. Bratislava: DOLIS.
- [9] KANDERA, B. (2015). Letecké prístroje. Bratislava: DOLIS.
- [10] Kolektív autorov. (2013). Učebnice pilota 2013. Svět křidel.
- [11] NOVÁKOV, M., & NOVÁK, A. (2018). Tvorba študijných materiálov - turbínový motor. Žilina: Žilinská univerzita.
- [12] NOVÁK, A., TOPOLEČÁNY, R., BRACINÍK, T. 2009. Výcvik leteckých posádok s využitím nových technológií. Žilinská univerzita, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, 2009. - 94 s. ISBN 978-80-554-0108-9.
- [13] BUGAJ, M., NOVÁK, A. 2010. Všeobecné znalosti o lietadle : drak a systémy, elektrický systém. - 1. vyd. - Žilina : Žilinská univerzita, 2004. - 247 s. - ISBN 80-8070-210-1.

Bc. Filip Kozáčík – narodený 23.10.1997 v Trenčíne absolvoval v roku 2015 Gymnázium M.R.Štefánika v Novom Meste nad Váhom, následne od roku 2015 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor Profesionálny pilot. Popri inžinierskom štúdiu v odbore Technológia údržby lietadiel pracuje ako prvý dôstojník v spoločnosti Ryanair.

VPLYV NEHOMOGENNOSTI POVRCHU VPD 13/31 NA BRZDNÉ ÚČINKY LIETADLA NA LETISKU V BRATISLAVE

IMPACT OF VPD 13/31 SURFACE INHOMOGENITY ON THE BRAKING EFFECTS OF THE AIRCRAFT AT BRATISLAVA AIRPORT

Dominik Krnáč

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
D.Krnac1@gmail.com

Pavol Pecho

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Abstract – The paper deals with the problem of braking effects. It is essential to thoroughly analyze the current state and cause of the problem. In this case it is a partially reconstructed RWY 13/31, which during the measurement of braking effects shows significantly lower braking coefficients in the reconstructed part and in general part of the new concrete appears to be inhomogeneous. Optical observations also show clear differences, for example during various meteorological phenomena. Currently, the critical part of the track is monitored and published by NOTAM as "slippery when wet". The current situation is not optimal at all, as during the winter period the critical part of the RWY may show significantly lower braking performance and thus be dangerous to flight operations. Furthermore, RWY analysis in terms of structure is included. In the experimental part, there are measured the braking effects on the track and are compared with the effects measured before CB plates replacement. At the end there is proposed a measure to improve the properties and its technical evaluation.

Key words: breaking effects, takeoff, landing, runway, coefficient, concrete, safety

I. ÚVOD

Jedným z faktorov, ktorý má vplyv na bezpečnosť leteckej dopravy sú brzdné účinky vzletových a pristávacích dráh jednotlivých letísk, nakoľko majú významný vplyv na celkovú prevádzkyschopnosť týchto dráh a následne aj na prevádzkyschopnosť samotného letiska. Preto každá prevádzka letiska berie uvedenú problematiku veľmi vážne a meraniu brzdných účinkov nielen na pristávacích a vzletových plochách, ale na všetkých prevádzkových a odbavovacích plochách prikladá primeranú mieru dôležitosti, pričom jeho význam narastá predovšetkým v zimnom období a počas daždivých dní, kedy sa brzdné vlastnosti jednotlivých dráh podstatne zhoršujú.

V súčasnom období neexistuje jednotná metodika meraní brzdných účinkov a z uvedeného dôvodu sa Európska agentúra pre bezpečnosť letectva (EASA) v spolupráci s

Medzinárodnou organizáciou pre civilné letectvo (ICAO) snaží presne zadefinovať požiadavky a podmienky merania brzdných účinkov a zároveň taktiež zadefinovať požiadavky na jednotlivé merače brzdných účinkov tak, aby boli jednotlivé výsledky týchto meraní čo najpresnejšie, a zároveň aby boli vzájomne porovnateľné.

II. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

Jednotlivé vzletové a pristávacie dráhy musia byť v prípade pristávania alebo vzlietnutia lietadla v prevádzkyschopnom stave a musia spĺňať všetky príslušné podmienky a požiadavky hlavne v prípade ak je vzletová dráha pokrytá vodou, prípadne v zime snehom a ľadom. Zároveň na prevádzkyschopnosť vzletových a pristávacích dráh a brzdných účinkov týchto vzletových a pristávacích dráh má významný dopad aj štruktúra použitého materiálu, z ktorého bola postavená príslušná vzletová a pristávací dráha.

Každá prevádzka zabezpečujúca chod letiska musí mať včasne a presne zistené informácie o brzdných účinkoch všetkých vzletových a pristávacích dráhach, ktoré sú súčasťou daného letiska. Aby bolo možné zabezpečiť čo najpresnejšie výsledky týchto brzdných účinkov, vykonávajú sa na týchto vzletových a pristávacích dráhach pravidelné merania, pričom vďaka týmto meraniam je možné presne stanoviť koeficient trenia. Tieto merania sa musia vykonávať vždy, ak sa vzletová a pristávací dráha pokryje vodou, snehom alebo ľadom. Uvedené merania sa musia opakovať pri každej podstatnej zmene podmienok, ktoré by mohli mať vplyv na brzdné účinky danej vzletovej a pristávacej dráhy.

Jednotlivé vzletové a pristávacie dráhy z hľadiska možných stavov, ktoré na danej dráhe nastali je možné rozdeliť na:

- suchú dráhu – ide o dráhu, ktorá nie je mokrá ani nijak znečistená a sú na nej zachované brzdné účinky,
- vlhkú dráhu – jedná sa o dráhu, ktorej povrch nie je suchý, avšak vlhkosť sa na povrchu dráhy neleskne,
- znečistenú, prípadne inak kontaminovanú dráhu – jedná sa o dráhu, ktorej viac než 25 % povrchu je pokrytého

buď povrchovou vodou, kašovitým snehom, sypkým snehom, utlačeným snehom, prípadne ľadom. [11]

Uvádza sa, že RWY by sa mala merať hlavne vtedy, ak je úplne alebo čiastočne pokrytá vodou, snehom, prípadne ľadom. Následne by sa meranie malo zopakovať ak dôjde k zmene podmienok v rámci letiska. Meranie brzdných účinkov na iných plochách ako je RWY by sa malo vykonať vtedy, ak je predpoklad, že brzdné účinky na týchto plochách by mohli byť neuspokojivé.

Na samotné meranie je možné použiť rôzne certifikované zariadenia, avšak na hodnotenie výsledkov merania a vyhlasovanie podmienok trenia by sa mala využívať jednotná metodika v súlade s Airport Services Manual.

Jednotlivé podmienky trenia by mali byť vyjadrené ako informácie o brzdných účinkoch zmeraného koeficientom trenia X alebo by mali byť uvedené ako odhad brzdného účinku. Pri pokrytí RWY ľadom alebo snehom a vyhlásení, že brzdný účinok je dobrý piloti v žiadnom prípade nemôžu očakávať, že brzdné podmienky sú na takej istej úrovni ako pri čistej a suchej RWY. Iba to znamená, že lietadlá nebudú mať ťažkosti pri brzdení alebo smerovom vedení hlavne pri pristávaní. [15]

Stanovené výrazy o predpokladaných brzdných účinkoch sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 1: Stanovené výrazy pre predpokladaný brzdný účinok [15]

Zmeraný koeficient	Predpokladaný brzdný účinok	Kód
0,40 a viac	dobrý	5
0,39 – 0,36	stredný až dobrý	4
0,35 – 0,30	stredný	3
0,29 – 0,26	stredný až zlý	2
0,25 a menej	zlý	1

Medzi najčastejšie používané brzdné merače možno zaradiť nasledujúce brzdné merače, ktoré sú uvedené v rámci tejto kapitoly.

Mu-meter – jedná sa o merač, ktorý je pripojený k inému vozidlu a je usporiadaný na meranie silového trenia (bočného), ktoré bolo vyvolané medzi pneumatikami merača a povrchom VPD, pričom pneumatiky merača sú vyrobené podľa presnej špecifikácie.



Obrázok 1: Mu-meter [2]

Skiddometer – jedná sa o merač, ktorý je pripojený k inému vozidlu a je vybavený pneumatikami podľa vyžadovanej

špecifikácie. Princíp merania je postavený na meraní krútiaceho momentu, ktorý je meraný špeciálnym snímačom, pričom všetky namerané údaje sú zaznamenané v prístroji a obsluha má k dispozícii nepretržité hodnoty trenia pre celý úsek merania. Existuje niekoľko typov skiddometrov.



Obrázok 2: Skiddometer BV11 [2]

Runway Friction Tester – je to v podstate automobil, ktorý má na zadnej náprave pripevnené piate koleso. Pneumatika daného piateho kolesa je presne špecifikovaná, pričom pracuje na princípe snímania sily odporu a zvislého zaťaženia meracieho kolesa.



Obrázok 3: Runway Friction Tester [8]

III. AKTUÁLNE POŽIADAVKY PREVÁDZKYSCHOPNOSTI VPD

Aktuálny stav VPD musí byť sústavne sledovaný a v prípade výskytu akéhokoľvek problému, ktorý by mohol ovplyvniť, prípadne ohroziť jednotlivé lietadlá alebo aj samotnú prevádzku na letisku je potrebné prijať také opatrenia, ktoré danému stavu zabránia. Pri VPD sa jedná zväčša o nasledujúce situácie:

- poruchy povrchu, prípadne nerovnosti VPD,
- kontaminácia VPD vodou, snehom alebo ľadom, snehové záveje v blízkosti VPD,
- realizácia stavebných, prípadne udržiavacích prác na VPD,
- chemické kvapaliny na VPD z odmrazovania lietadiel, prípadne z protinámrazového ošetrovania lietadiel,
- všetky typy dočasného nebezpečia vrátane odstavených alebo zaparkovaných lietadiel,
- porucha osvetlenia VPD,
- porucha hlavného, prípadne sekundárneho zdroja elektrickej energie na letisku.

Povrch VPD musí byť udržiavaný čistý, aby zaručoval dobrý brzdný účinok. Na druhej strane z hľadiska ochrany životného prostredia a z ekonomických dôvodov je potrebné minimalizovať množstvo prostriedkov používaných na odstraňovanie ľadu z povrchu VPD. [22]

IV. PREVÁDZKYSCHOPNOSŤ VPD

Stav prevádzkyschopnosti VPD musí byť presne a jasne popísaný, pričom sa používajú anglické termíny spolu s národným ekvivalentom. Najčastejšie sa využívajú termíny, ktoré sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 2: Termíny poukazujúce na stav povrchu VPD [11]

Medzinárodný termín	Národný ekvivalent
DAMP	Vlhký povrch
WET	Mokrý povrch
STANDING WATER	Stojaca voda
DRY SNOW	Suchý sneh
WET SNOW	Mokrý sneh
COMPACTED SNOW	Ujazdený sneh
WET COMPACTED SNOW	Mokrý ujazdený sneh
SLUSH	Snehová kaša
ICE	Ľad
WET ICE	Mokrý ľad
FROST	Námraza
DRY SNOW ON ICE	Suchý sneh na ľade
WET SNOW ON ICE	Mokrý sneh na ľade
CHEMICALLY TREATED	Chemicky ošetrovaný povrch
SANDED	Povrch pokrytý pieskom

Súčasťou hlásenia by mala byť aj miera znečistenia povrchu VPD (napr. mokrý sneh – vrstva 1 cm a podobne).

V rámci letiskovej prevádzkovej príručky sú zväčša uvedené závady, ktoré nemajú bezprostredný vplyv a neohrozujú bezpečnosť letovej prevádzky. Z hľadiska VPD sa za uvedené závady považujú:

- drobné závady na značení VPD, ak poškodené nátery nepresahujú 25 % plochy,
- drobné výmoli na VPD, ktoré nedokážu spôsobiť akékoľvek obmedzenia alebo poškodenia pristávacieho zariadenia lietadla a zároveň nemôžu ohroziť lietadlo vo fáze vzletu alebo pristátia,
- ak je výška trávnatého porastu vedľa VPD do výšky 30 cm nad okolitým povrchom,
- čiastočná nedokonalosť alebo strata kontrastu ukazovateľov smeru vetra umiestnených v blízkosti VPD.

Ak VPD majú uvedené drobné závady, musia sa prijať opatrenia, ktoré odstránia uvedené závady a zároveň sa musia prijať lehoty do kedy musia byť jednotlivé opatrenia realizované. [17]

V uvedenej letiskovej prevádzkovej príručke sú zároveň uvedené závady, ktoré majú bezprostredný vplyv a ohrozujú bezpečnosť letovej prevádzky. Z hľadiska VPD sa za uvedené závady považujú:

- prekážky na VPD a ponechané predmety na VPD,

- jamy, kopy zeminy, prípadne kopy iného materiálu alebo rozbité sklo na VPD,
- závady na jednotlivých náteroch vodorovného značenia, ktoré by mohli znížiť čitateľnosť alebo funkčnosť uvedeného značenia na VPD,
- vzniknuté prekážky na VPD z dôvodu straty mobility uvedených prekážok,
- násypy snehu na VPD,
- rozmočený povrch na VPD,
- ak sa po VPD pohybuje cudzia osoba,
- ak sa po VPD pohybuje zviera,
- nefunkčné, prípadne inak poškodené ukazovatele smeru vetra v blízkosti VPD,
- ak je výška trávnatého porastu v okolí VPD vyššia ako 30 cm nad okolitým povrchom.

Ak sa vyskytnú takéto závady je nevyhnutné uzavrieť letovú prevádzku na príslušnej VPD, prípadne v niektorých prípadoch aj letovú prevádzku na celom letisku. [17]

V. KONTROLY PREVÁDZKYSCHOPNOSTI VPD

Samotná prevádzkyschopnosť VPD by sa mala kontrolovať pravidelne a tak často ako si to podmienky v danom termíne vyžadujú. Podľa doporučení ICAO v ním vydanom Airport Services Manual by mali byť pri VPD nasledovné minimálne počty kontrol:

- kontrola po svitani – malo by sa jednať o dôkladnú kontrolu povrchov všetkých VPD v celej šírke VPD,
- ranná kontrola – mala by byť vykonaná v čase, keď môže kontrolné vozidlo bezpečne vojsť na VPD a kontrola by sa mala hlavne zamerať na postranné návěstidla,
- poobedňajšia kontrola – mala by mať podobný rozsah a podobný priebeh ako ranná kontrola,
- kontrola počas súmraku – mal by sa kontrolovať opätovne celý povrch VPD a zároveň by sa mali kontrolovať svetlá na VPD. [11]

Ak sa zistia určité nedostatky v rámci kontroly, musia byť prijaté opatrenia, aby boli dané nedostatky odstránené v čo najkratšom čase.

V prípade ak sa kontrolou zistí, že nedostatky na VPD vytvárajú nebezpečenstvo pre leteckú prevádzku, musia byť tieto nedostatky čo najskôr odstránené, pričom ak sa jedná o zásadné nedostatky do doby ich odstránenia musí byť letová prevádzka zastavená a až po odstránení týchto nedostatkov môže byť letová prevádzka znovu povolená. [17]

Ak sa jednotlivé nedostatky odstránia, musí sa po odstránení týchto nedostatkov vykonať mimoriadna kontrola, pričom z tejto mimoriadnej kontroly musí byť taktiež spísaná kontrolná správa, pričom súčasťou tejto kontrolnej správy by mal byť aj kontrolný list.

Až po vykonaní mimoriadnej kontroly, ktorej výsledkom musí byť kontrolný list, v ktorom musí byť uvedené, že VPD je bez závad, môže byť obnovená letová prevádzka na danej dráhe, pričom o takomto uzatvorení letovej dráhy sa musí vyhotoviť záznam, ktorý sa následne zašle na príslušný dopravný úrad. [17]

VI. UDRŽIAVANIE PREVÁDZKYSCHOPNOSTI VPD

Okrem samotných kontrol by sa mali na jednotlivých letiskách vykonávať aj činnosti, ktoré zabezpečia udržanie prevádzkyschopnosti VPD.

Medzi takéto činnosti je možné zaradiť:

- odstraňovanie nečistôt z VPD – jedná sa hlavne o odstraňovanie nánosov gúmy, odstraňovanie palivových a olejových škvŕn a odstraňovanie snehu alebo ľadu v rámci zimnej údržby,
- stavebná údržba VPD – ak sa počas kontrol vyskytnú určité závady na konštrukcii vozovky je potrebné tieto závady dočasne odstrániť ešte predtým ako dôjde ku kompletnej oprave. Jedná sa hlavne o rôzne menšie výtlky,
- oprava a obnova náterov na VPD tak, aby sa zachovala ich čitateľnosť a viditeľnosť,
- oprava a obnova ukazovateľov smeru vetra pri VPD v závislosti od ich aktuálneho stavu,
- udržiavanie čistoty na VPD.

V prípade ak sa na VPD nachádza snehová pokrývka, s ohľadom na výšku tejto snehovej pokrývky a vonkajšiu teplotu sa vykonávajú nasledujúce činnosti:

- ak je snehová pokrývka do výšky 5 mm nie je nutná žiadna činnosť spojená s odpratávaním uvedenej snehovej pokrývky,
- ak je výška snehovej pokrývky nad 5 mm vyžaduje sa buď odstránenie snehovej pokrývky alebo valcovanie VPD, pričom stroj, ktorý vykonáva tieto činnosti by sa mal pohybovať v smere osi VPD a čistenie od snehu jedným z uvedených spôsobov by malo byť vykonávané až dotedy, kým výška snehovej pokrývky na VPD nebude nižšia ako je 5 mm.

Po odstránení snehovej pokrývky sa nevyžaduje meranie brzdných účinkov, avšak vedúci letovej prevádzky môže nariadiť takéto meranie. [17]

Aby bolo možné udržiavať VPD v prevádzkyschopnom stave tak, aby nedošlo k ohrozeniu bezpečnosti, prípadne pravidelnosti leteckej prevádzky, a zároveň aby nedošlo k zhoršeniu hospodárnosti leteckej prevádzky musí byť na každom letisku vypracovaný:

- plán programu údržby VPD,
- plán preventívnej údržby VPD.

Povrch vozoviek musí byť udržiavaný čistý, nesmú na ňom byť uvoľnené kamene alebo iné predmety, ktoré by mohli spôsobiť poškodenie konštrukcií jednotlivých lietadiel, ktoré pristávajú alebo odlietajú a zároveň nesmú poškodiť alebo zhoršiť prevádzku jednotlivých systémov na letisku. Na povrchu VPD sa nesmú vytvárať škodlivé nerovnosti. Meranie jednotlivých charakteristík trenia v rámci povrchov VPD sa musí vykonávať periodicky a na to určenom zariadení. Oprava vozovky VPD musí byť vždy vykonaná ak hodnoty jednotlivých charakteristík trenia povrchu buď celej dráhy alebo niektorej menšej časti dráhy sú nižšie ako minimálne povolené hodnoty, ktoré stanovuje letecký úrad. Ak vozovku VPD využívajú aj lietadlá s prúdovými motormi musia byť povrchy postranných pásov udržiavané bez akýchkoľvek uvoľnených kameňov alebo

iných predmetov, ktoré by mohli byť nasaté do prúdových motorov týchto lietadiel. Povrch VPD musí byť udržiavaný v takom stave, aby boli zabezpečené potrebné charakteristiky trenia a povrch VPD mal malý valivý odpor.

Z vozovky VPD musia byť rýchlo a úplne odstránené nánosy snehu a ľadu as tiež stojaca voda, piesok, blato, olej, otery pneumatík, prípadne iné nečistoty tak, aby nedošlo k ich hromadeniu na vozovke VPD. Sneh, prípadne ľad sa musí odstraňovať z vozoviek VPD ako prvý a až následne môže byť odstraňovaný z ostatných plôch letiska. [15]

Na odstraňovanie snehu a ľadu z pohybových plôch je možné využívať mechanické, chemické alebo termické prostriedky. [22]

VII. ANALÝZA VPD Z HĽADISKA ŠTRUKTÚRY POUŽITÉHO MATERIÁLU

Vozovku VPD možno charakterizovať ako pomerne jednoduchú stavebnú konštrukciu, pričom samotná definícia vozovky je, že „vozovka je viacvrstvová konštrukcia postavená z cestných stavebných materiálov na povrchu cestného telesa alebo inej stavebnej konštrukcie tak, aby jej dimenzie a vlastnosti umožnili rýchlu, bezpečnú, pohodlnú a hospodárnu jazdu lietadiel a obslužných motorových vozidiel.“ [14]

Pri posudzovaní jednotlivých možných variantov sa zvyčajne vychádza z posudzovania základných variantov krytov dráh, pričom najčastejšie sa využívajú nasledujúce kryty dráh:

- bitúmenové vozovky (netuhé),
- cementobetónové vozovky (tuhé),
- kombinované vozovky. [15]

Letisková vozovka, ak ju posudzujeme ako celok, musí spĺňať tri základné požiadavky:

- musí mať únosnosť, ktorá vyhovuje prevádzke lietadiel, ktorým má slúžiť,
- zabezpečiť dobré jazdné vlastnosti lietadla pri pohybe po VPD,
- zabezpečiť dobré brzdné účinky. [22]

Uvedené požiadavky je možné splniť na základe samotnej konštrukcie vozovky, textúry povrchu vozovky a geometrických vlastností samotného povrchu vozovky. [12]

VIII. OBJEKT SKÚMANIA

Diplomová práca je zameraná na výskum čiastočne zrekonštruovanej vzletovej a pristávacej VPD 13/31 na medzinárodnom letisku v Bratislave, ktoré má ICAO kódové označenie letiska – LZIB.

V analytickej časti sa daná diplomová práca zaoberá problematikou brzdných účinkov, aby bolo možné naplniť stanovený cieľ diplomovej práce, ktorým je skúmanie problematiky brzdných účinkov na čiastočne zrekonštruovanej vzletovej a pristávacej dráhe VPD13/31 Letiska Bratislava LZIB a zanalyzovanie jej aktuálneho stavu a zároveň zanalyzovanie príčin problému, prečo daná vzletová a pristávacia dráha pri meraní brzdných účinkov vykazuje v uvedenej zrekonštruovanej časti podstatne nižšie brzdné koeficienty a celkovo sa daná časť zrekonštruovanej vzletovej a pristávacej dráhy javí ako nehomogénna.

Na uvedenej VPD 13/31 je aj optickým pozorovaním medzi zrekonštruovanou a nezrekonštruovanou časťou dráhy možno vidieť jasné rozdiely, pričom dané rozdiely sú výraznejšie počas rôznych meteorologických javov.

Časť zrekonštruovanej dráhy je pravidelne monitorová a správou NOTAM je publikovaná ako „klzká za mokra“. Uvedený stav vôbec nie je optimálny, nakoľko hlavne počas zimného obdobia môže byť kritická časť zrekonštruovanej VPD 13/31 nebezpečná pre letovú prevádzku, nakoľko môže vykazovať podstatne nižšie hodnoty brzdných účinkov.

IX. EXPERIMENTÁLNE MERANIA BRZDNÝCH ÚČINKOV NA DRÁHE 13/31 LETISKA LZIB

Dňa 14. apríla 2018 bolo vykonané meranie brzdných vlastností cementovo-betónového krytu na VPD 13/31, pričom uvedené meranie bolo realizované obojsmerne vpravo od osi dráhy vo vzdialenostiach:

- 3 m od osi dráhy,
- 6 m od osi dráhy,
- 10 m od osi dráhy.

Meranie brzdných vlastností cementovo-betónového krytu na VPD 13/31 bolo vykonané v súlade s leteckým predpisom L14/I - Letiská, I. zväzok – Navrhovanie a prevádzka letísk (Annex 14), doložka A – Informácie dopĺňajúce predpis L14, I. zväzok, článok 7 Určenie charakteristík trenia mokrých spevnených vzletových a pristávacích dráh.

Meranie bolo prevedené českým národným referenčným zariadením TRT v súlade s normou ČSN 73 6177:2015.

Meracie zariadenie je v danom predpise zapísané pod názvom TATRA Friction Tester Vehicle.

Uvedené meranie bolo vykonané za mokra, pričom samotná metodika merania zodpovedala tak predpisom ICAO ako aj FAA.



Obrázok 4: Vozidlo vybavené systémom TRT (TATRA Friction Tester Vehicle) [19]

Pre zariadenie TATRA Friction Tester Vehicle na základe schválených protišmykových vlastností daného zariadenia boli stanovené klasifikačné stupne v súlade s Table 3-1 Runway surface condition levels.

Jednotlivé hodnoty klasifikačných stupňov sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 3: Hodnoty klasifikačných stupňov [zdroj: autor]

Klas. stup.	Rýchlosť 65 km/h		Rýchlosť 95 km/h	
	F _p	požiadavka	F _p	požiadavka
1	0,76	nový povrch	0,67	nový povrch
2	0,75-0,57	plán údržby	0,66-0,52	plán údržby
3	0,56-0,48	realizácia údržby	0,51-0,42	realizácia údržby
4-5	0,48	okamžitá oprava	0,42	okamžitá oprava

Meranie brzdných účinkov na dráhe VPD 13/31 bolo realizované meracím zariadením TATRA Friction Tester Vehicle pri:

- rýchlosti 65 km/h,
- rýchlosti 95 km/h.

VPD 13/31, na ktorej boli realizované merania je aj s dĺžkovými parametrami znázornená na nasledujúcom obrázku.



Obrázok 5: Letisko Bratislava s vyznačenou dráhou VPD 13/31 [zdroj: autor]

Výsledky realizovaných meraní prostredníctvom meracieho zariadenia TATRA Friction Tester Vehicle sú zosumarizované v nasledujúcom texte.

Meranie č. 1 – 3 m od osi vozovky

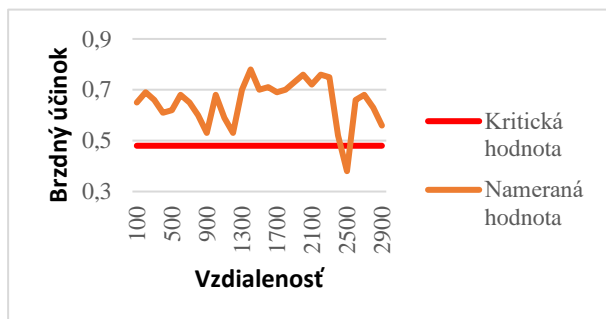
Jednotlivé základe informácie o meraní brzdných účinkov na dráhe VPD 13/31 sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 4: Meranie brzdných účinkov na dráhe VPD 13/31 - meranie č. 1 [6]

Dátum merania	11.04. 2018	Teplota vzduchu	20,0°	Priemerná rýchlosť	65 km/h
Čas merania	Nezn.	Teplota vozovky	25,0°	F _{p, min.}	0,38μ
VPD dráha	13/31	Vodný film	nie	F _{p, max.}	0,84μ
Meracie zariadenie	TRT	ľad na vozovke	nie	F _{p, priem.}	0,66μ

Dosiahnuté výsledky o meraní brzdných účinkov na dráhe VPD 13/31 sú uvedené v nasledujúcom grafe.

Dátum merania	08.01.2019	Teplota vzduchu	nezn.	Priemerná rýchlosť	95 km/h
Čas merania	20:34	Teplota vozovky	nezn.	F_{p, min.}	0,17μ
VPD dráha	13/31	Vodný film	nie	F_{p, max.}	0,57μ
Meracie zariadenie	SFT 0908	Ľad na vozovke	áno	F_{p, priem.}	0,38μ



Graf 1: Výsledky brzdnych účinkov na VPD 13/31 - meranie č.1 [6]

Uvedené meranie brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 pri rýchlosti 65 km/h vo vzdialenosti 3 m od osi vozovky poukázalo na to, že časť dráhy vykazuje kritické hodnoty a podľa klasifikačnej tabuľky brzdnych účinkov je daný úsek dráhy v rozmedzí 2.400 až 2.480 m klasifikovaný na okamžitú opravu.

Meranie č. 8

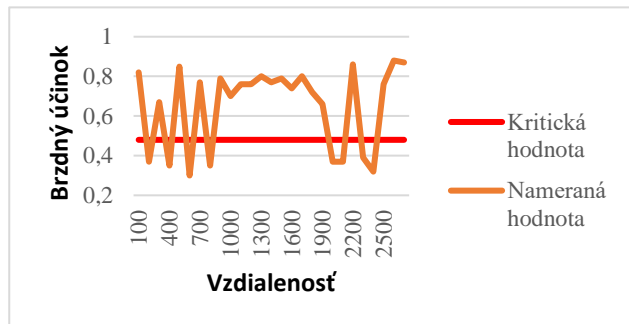
Jednotlivé základné informácie o meraní brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 5: Meranie brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 - meranie č. 8 [6]

Dosiahnuté výsledky o meraní brzdnych účinkov na dráhe VPD

Dátum merania	10.06.2019	Teplota vzduchu	27,1	Priemerná rýchlosť	65 km/h
Čas merania	12:11	Teplota vozovky	40,2	F_{p, min.}	0,17μ
VPD dráha	13/31	Vodný film	Áno	F_{p, max.}	0,95μ
Meracie zariadenie	SFT 0908	Ľad na vozovke	nie	F_{p, priem.}	0,72μ

13/31 sú uvedené v nasledujúcom grafe.



Graf 2: Výsledky brzdnych účinkov na VPD 13/31 - meranie č. 8 [6]

Uvedené meranie brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 poukázalo na to, že časť dráhy vykazuje kritické hodnoty a podľa

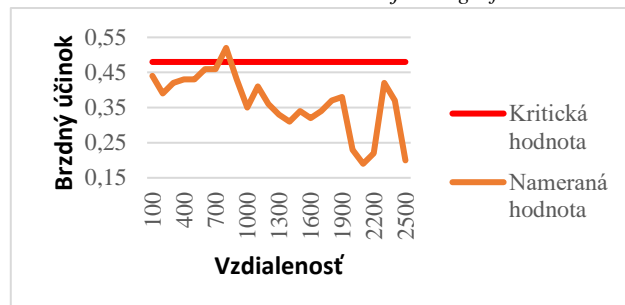
klasifikačnej tabuľky brzdnych účinkov sú dané úseky dráhy klasifikované na okamžitú opravu.

Meranie č. 9

Jednotlivé základné informácie o meraní brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 sú uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tabuľka 6 - Meranie brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 - meranie č. 9 [6]

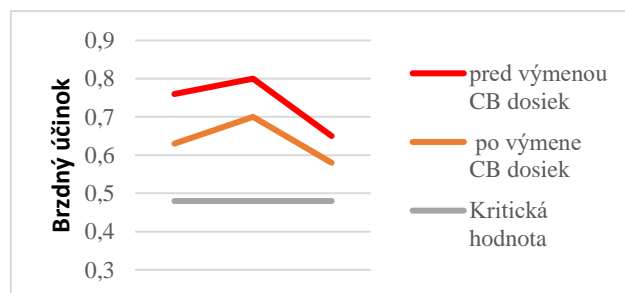
Dosiahnuté výsledky o meraní brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 sú uvedené v nasledujúcom grafe.



Graf 3: Výsledky brzdnych účinkov 13/31 - meranie č. 9 [6]

Uvedené meranie brzdnych účinkov na dráhe VPD 13/31 pri rýchlosti 95 km/h bolo realizované keď 56,8 % VPD 13/31 bolo pokryté ľadom a z uvedených dôvodov boli namerané hodnoty brzdnych účinkov nižšie ako sú kritické hodnoty brzdnych účinkov. Vzhľadom k tomu, že plochu VPD 13/31 pokrýval ľad nemožno na základe uvedených výsledkov stanoviť, ktorá časť dráhy je kvalifikovaná na okamžitú opravu.

Porovnanie brzdnych účinkov dráhy VPD 13/31 bolo realizované na základe porovnania priemerných brzdnych účinkov (F_{p, priem.}) jednotlivých meraní, ktoré boli na letisku Bratislava realizované a výsledky týchto meraní brzdnych účinkov sú uvedené v tejto diplomovej práci.



Graf 4: Porovnanie priemerných brzdnych účinkov pred a po výmene cemento-betónovej dosky VPD 13/31 [zdroj: autor]

Priemerné hodnoty brzdnych účinkov nameraných na VPD 13/31 boli pred výmenou cemento-betónových dosiek vyššie ako je tomu po výmene uvedených cemento-betónových dosiek. Zároveň po výmene povrchu VPD 13/31 sa časť povrchu javí ako kritická, nakoľko má pomerne nízke brzdne účinky, čo je na letisku riešené tak, že je v správe NOTAM publikovaná ako „klzká za mokra“.

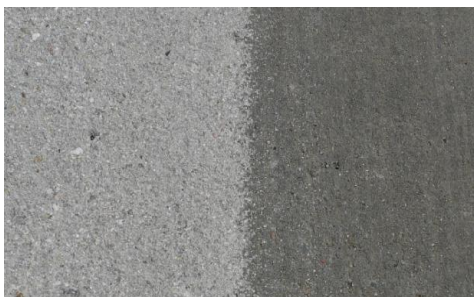
X. ZÁVEREČNÉ VYHODNOTENIE A ODPORÚČANIA PRE PRAX

Ako vyplynulo z výsledkov tejto diplomovej práce, časť zrekonštruovanej dráhy VPD 13/31 nespĺňa optimálne požiadavky týkajúce sa brzdnych účinkov danej dráhy a z uvedeného dôvodu je dráha VPD 13/31 pravidelne monitorovaná a správou NOTAM je publikovaná ako „klzká za mokra“. Uvedený stav dráhy VPD 13/31 vôbec nie je optimálny, nakoľko hlavne počas zimného obdobia môže byť kritická časť zrekonštruovanej VPD 13/31 nebezpečná pre letovú prevádzku a môže vykazovať podstatne nižšie hodnoty brzdnych účinkov.

Aby bolo možné zlepšiť vlastnosti VPD 13/31 letiska LZIB z hľadiska brzdnych účinkov je potrebné, aby správa letiska pristúpila k realizácii niektorého z nasledujúcich opatrení:

a) výmena cemento-betónových dosiek na kritických úsekoch dráhy VPD 13/31. Jedná sa o technicky najnáročnejšie riešenie, ktoré by bolo aj ekonomicky najnákladnejšie riešenie a pristúpiť by sa k nemu malo až v prípade, že sa nedosiahnu požadované výsledky niektorou z ostatných spôsobov riešenia kritической situácie na VPD 13/31 z hľadiska brzdnych účinkov.

b) otryskovanie povrchu cemento-betónových dosiek na kritických úsekoch dráhy VPD 13/31 oceľovými guľôčkami, tzv. brokovanie



Obrázok 6: Otryskovanie povrchu cemento-betónových dosiek [19]

Prostredníctvom uvedenej metódy dôjde k pomerne veľmi dobrej obnove mikrotextúry povrchu vozovky, avšak menej sa obnoví makrotextúra vozovky. Maximálne je možné uvedenou metódou dosiahnuť súčiniteľ trenia na úrovni 0,6 až 0,7 μ . Životnosť takto realizovaného povrchu vozovky je zväčša 3 až 5 rokov.

c) obrúsenie povrchu cemento-betónových dosiek na kritických úsekoch dráhy VPD 13/31 diamantovými kotúčmi, tzv. grinding

Jedná sa o pomerne účinnú technológiu, prostredníctvom ktorej je možné obnoviť tak mikrotextúru ako aj makrotextúru rekonštruovaného povrchu.

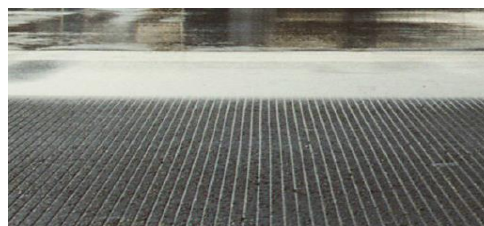
Maximálne je možné uvedenou metódou dosiahnuť súčiniteľ trenia na úrovni 0,65 až 0,80 μ , pričom pri realizácii uvedenej metódy na pražskom letisku dosahoval súčiniteľ trenia hodnotu 0,8 až 0,9 μ .

Životnosť takto realizovaného povrchu vozovky je zväčša 5 až 10 rokov.



Obrázok 7: Obrúsenie povrchu cemento-betónových dosiek diamantovými kotúčmi, tzv. grinding [19]

d) jemné frézovanie – drážkovanie povrchu cemento-betónových dosiek na kritických úsekoch dráhy VPD 13/31 diamantovou pilou, tzv. grooving



Obrázok 8: Jemné frézovanie – drážkovanie povrchu cemento-betónových dosiek diamantovou pilou, tzv. grooving [19]

Pri uvedenej metóde dochádza k vytváraniu drážok na povrchu cemento-betónovej dosky buď v priečnom alebo pozdĺžnom smere, avšak uvedené drážky skôr zlepšujú drenážne vlastnosti povrchu vozovky, pričom protišmykové vlastnosti vozovky sa menia len minimálne.

XI. ZÁVEREČNÉ ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV PRÁCE A ODPORÚČANIA PRE PRAX

Súčasný stav povrchu VPD 13/31 z hľadiska brzdnych účinkov uvedenej dráhy je nevhodný, pričom makrotextúra povrchu dráhy na úsekoch kde boli prevedené opravy a boli vymenené cemento-betónové dosky je veľmi rozdielna a v niektorých miestach je povrch veľmi vyhladený a makrotextúra je v týchto miestach takmer neviditeľná.

Je potrebné, aby na uvedených miestach VPD 13/31 boli realizované opatrenia, ktoré zlepšia brzdne vlastnosti danej dráhy, nakoľko súčasný stav je nevhodný a nespĺňa optimálne požiadavky týkajúce sa brzdnych účinkov danej dráhy. Z uvedeného dôvodu správa letiska dráhu VPD 13/31 pravidelne monitoruje a v správe NOTAM je uvedená ako „klzká za mokra“.

Tento stav dráhy VPD 13/31 vôbec nie je optimálny, nakoľko hlavne počas zimného obdobia môže byť kritická časť zrekonštruovanej VPD 13/31 nebezpečná pre letovú prevádzku a môže vykazovať podstatne nižšie hodnoty brzdnych účinkov.

XII. ZÁVER

Bezpečnosť leteckej dopravy sa v súčasnosti čoraz viac sprísňuje, nakoľko snahou národných, ale aj nadnárodných inštitúcií je, aby bezpečnostné riziká spojené s leteckou dopravou boli čo najnižšie. Jedným z dôležitých faktorov bezpečnosti každého letiska sú brzdne vlastnosti jednotlivých vzletových a pristávacích dráh, ktoré musia byť v stave, aby umožňovali

bezpečný štart a pristávanie jednotlivých lietadiel, ktoré dané letisko využívajú. Dráhy je potrebné pravidelne udržiavať a v prípade potreby rekonštruovať tak, aby za každých meteorologických podmienok spĺňali požadované kritériá.

Letisko v Bratislave patrí z celosvetového hľadiska medzi menšie letiská, pričom dané letisko má dve VPD dráhy, a preto je nevyhnutné, aby obe dráhy boli v čo najlepšom technickom stave a spĺňali čo najvyššie kritériá z hľadiska bezpečnosti, nakoľko iba tak môžu prilákať nové letecké spoločnosti, ktoré budú na danom letisku zriaďovať nové medzinárodné linky, čím dôjde k navýšeniu počtu odbavených pasažierov, a tým pádom sa bude letisko rozvíjať.

Hlavným cieľom tejto diplomovej práce bolo zaoberať sa problematikou brzdných účinkov na čiastočne zrekonštruovanej vzletovej a pristávacej dráhe VPD 13/31 Letiska Bratislava LZIB, analyzoval sa jej aktuálny stav a zároveň sa analyzovali príčiny problému, prečo daná vzletová a pristávacia dráha pri meraní brzdných účinkov vykazuje v uvedenej zrekonštruovanej časti podstatne nižšie brzdné koeficienty a celkovo sa daná časť zrekonštruovanej vzletovej a pristávacej dráhy javí ako nehomogénna.

V prvej, teoretickej časti, ktorá sa skladá z jednej kapitoly bol popísaný súčasný stav riešenej problematiky s dôrazom na technológiu meraní brzdných účinkov, aktuálne požiadavky prevádzkyschopnosti vzletových a pristávacích dráh a analýzy vzletových a pristávacích dráh z hľadiska štruktúry použitého materiálu.

V druhej, praktickej časti, ktorá sa skladá z troch kapitol bol zadaný cieľ a metodika práce a boli uvedené výsledky experimentálnych meraní brzdných účinkov na dráhe VPD 13/31 a porovnanie jednotlivých výsledkov meraní brzdných účinkov pred a po výmene cemento-betónových dosiek na uvedenej dráhe. V závere boli navrhnuté opatrenia na zlepšenie vlastností uvedenej vzletovej a pristávacej dráhy a taktiež zhodnotenie týchto návrhov opatrení.

Uvedený problém na VPD 13/31 je potrebné riešiť, aby v budúcnosti nedošlo k nejakej mimoriadnej udalosti na danom letisku, ktorá by bola zapríčinená nedostatočnými brzdnými vlastnosťami uvedenej vzletovo-pristávacej dráhy. Je potrebné si uvedomiť, že mimoriadna udalosť v leteckej doprave je pomerne často spojená s vysokými materiálovými škodami a taktiež ako následok takejto mimoriadnej udalosti môžu byť straty na ľudských životoch.

POĎAKOVANIE

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

REFERENCIE

- [1] AASHTO, 1993. *Design of Pavement Structure*. [on-line]. [cit. 2019-12-18]. Dostupné na internete: <<https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>>
- [2] AEROEXPO, 2019. *Mu-Meter*. [on-line]. [cit. 2019-12-12]. Dostupné na internete: <<https://trends.aeroexpo.online/project-7212.html>>
- [3] AGRAWAL, S. K. 2014. *Braking performance of aircraft tires*. [on-line]. [cit. 2019-12-15]. Dostupné na internete: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0376042186900023?via%3Dihub>>
- [4] AIRBUS, 2018. *Using Aircraft as a Sensor on Contaminated Runways*. [on-line]. [cit. 2019-12-18]. Dostupné na internete: <https://safetyfirst.airbus.com/app/themes/mh_newsdesk/pdf.php?p=22661>
- [5] BTS.AERO. 2019. *Letisko Bratislava*. [on-line]. [cit. 2020-01-27]. Dostupné na internete: <<https://www.bts.aero/o-letisku/>>
- [6] BTS.AERO. 2020a. *Interné merania brzdných účinkov – neverejný dokument*.
- [7] BTS.AERO. 2020b. *Tlačové správy*. [on-line]. [cit. 2020-01-27]. Dostupné na internete: <<https://www.bts.aero/o-letisku/press/tlacove-spravy/>>
- [8] COPYBOOK, 2017. *GripTester Mk2*. [on-line]. [cit. 2019-12-08]. Dostupné na internete: <<https://www.copybook.com/companies/findlay-irvine/griptester-mk2-the-surface-friction-tester-gallery/griptester-mk2>>
- [9] GRANČIČ, A. 1981. *Navrhovanie a výstavba vozoviek s cementového betónu*. Bratislava: Alfa, 1981. 280 s.
- [10] ICAO. 2002. *Doc.9137-AN/898 Part 7 - Airport Service Manual – Airport Emergency Plan*. [online] [cit. 2020-01-17] Dostupné na internete: <<https://www.slideshare.net/azammalays/62-00-icaodoc9137airportservicesmanualpart7airportemergencyp-lanning-en110228gan>>
- [11] ICAO. 2011. *Safety Management Manual (SMM)*. [online] [cit. 2020-01-27] Dostupné na internete: <https://www.icao.int/safety/fsix/Library/DOC_9859_FULL_EN.pdf>
- [12] KAZDA, A. - CAVES, R.E. 2007. *Airport Design and Operation*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6
- [13] KOLESÁR, J. - KOŠČÁK, P. 2011. *Modern safety technologies in transportation*. [on-line]. [cit. 2019-12-12]. Dostupné na internete: <<https://mosatt.lf.tuke.sk/PDF/2005.pdf>>
- [14] KONFERENCIA, 1988. *Regulovanie a zlepšovanie teplotného režimu vozoviek*. Bratislava: CSVTS, 1981. 57 s.
- [15] MDPT SR, 2006. *L-14. LETISKÁ I. zväzok NAVRHOVANIE A PREVÁDZKA LETÍSK*. Letové prevádzkové služby Slovenskej republiky, štátny podnik
- [16] MDPT SR, 2010. *Technické podmienky, metodika stanovenia finančných kritérií na výber hornej stavby vozoviek v cestnom staviteľstve*
- [17] MDPT SR, 2016. *Letisková príručka-VZOR*. [on-line]. [cit. 2019-12-12]. Dostupné na internete: <http://letectvo.nsat.sk/wp-content/uploads/sites/2/2014/08/Letiskov%C3%A1-pr%C3%ADru%C4%8Dka-VZOR.pdf>

- [18] Moventor, 2017. *Self wetting systems*. [on-line]. [cit. 2019-12-09]. Dostupné na internete: <<http://moventor.com/friction-measurement/self-wetting-systems/>>
- [19] NEKULA, L. 2020. *Měření PVV – Leoš Nekula*. [on-line]. [cit. 2020-01-28]. Dostupné na internete: <<https://www.firmy.cz/detail/12983842-mereni-pvv-leos-nekula-vyskov-predme-sti.html>>
- [20] U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, 1993. *Enginnering and Design – Rigid pavements for roads, streets, walks and open storage areas – mobilization construction*. [on-line]. [cit. 2019-12-15]. Dostupné na internete: <<http://asktop.net/wp/download/26/EM%201110-3-132%20Rigid%20Pavements%20for%20roads%20Streets%20Walks%20and%20Open%20Storage%20Areas%20Mobilization%20Construction.pdf>>
- [21] YODER, E.J. - WITCZAK, M. W. 1975. *Principles of Pavement design*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 1975. 711 s. ISBN 978-1-61344-824-3
- [22] KAZDA, A. 1995. *Letiská design a prevádzka*. Žilina: Edičné stredisko VŠDS 1995. 377 s. ISBN 80-7100-240-2
- [23] KAZDA, A., BADÁNIK, B., TOMOVÁ, A., LAPLACE, I. & LENOIR, N. 2013. Future airports development strategies. *Komunikacie* 5(2), pages 19-24
- [24] LAPLACE, I., KAZDA, A., TOMOVÁ, A., BADÁNIK, B., LENOIR, N., & MALAVOLTI, E. 2009. FAST: Future airport strategies. Paper presented at the 8th Innovative Research Workshop and Exhibition Proceedings, pages 19-28.
- [25] GALIERIKOVÁ, A., MATERNA, M. & SOSEDOVÁ, J. 2018. Analysis of risks in aviation. *Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October*, pages 1427-1431.
- [26] NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A., NOVÁK, A. 2010. Economic regulation of airport charges in Europe after directive 2009/12/EC. *Logistyka : príloha Logistyka - nauka : artykuly recenzowane*. - ISSN 1231-5478. - Nr 4 (2010),

Bc. Dominik Krnáč – narodený v Banskej Bystrici, absolvoval štúdium v roku 2014 na Gymnáziu Andreja Sládkoviča v Banskej Bystrici, následne od roku 2014 začal študovať na Žilinskej univerzite v Žiline odbor Profesionálny pilot. Od 2018 začiatok inžinierskeho štúdia na Žilinskej univerzite v Žiline odbor Technológia údržby lietadiel. Od 15.7.2019 pracuje na pozícii dispečera letiskovej prevádzky na Letisku M. R. Štefánika v Bratislave.

VYHODNOTENIE OPODSTATNENOSTI KÚPY A UVEDENIA LIETADLA DO KOMERČNEJ PREVÁDZKY

ASSESSMENT OF THE AIRCRAFT PURCHASING AND RELEASING INTO THE COMMERCIAL OPERATION

Michal László

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
michallaszlo320@gmail.com

Tomáš Urmiský

AELIS Group a.s., Slovensko
t.urmisky@gmail.com

Abstract – : *The issue of assessing the condition of an aircraft at lease or sale is now becoming a frequented issue by airlines. The priority is to procure the aircraft in an acceptable technical condition and without hidden defects that could have a negative impact on its subsequent operability. Responsibility for this challenging task is taken over by experienced personnel from the continuing airworthiness management environment, with the help of certified maintenance technicians for the aircraft type. The article is focused on the evaluation of the condition of the aircraft of the turboprop aircraft ATR 72-212 for regional air connections. The subject of the analysis were its main components - engines, landing gear, propellers, reducers. These components together form a major part of the value of the aircraft and therefore it is important to focus on them in detail. The requirement was a minimum 2-year maintenance-free condition to ensure the operational needs of the airline. In the model situation, we then consider conversion to the cargo version after 2 years of operation. The conclusion of the article presents the total costs associated with overhauls and replacement of components and management of work associated with the re-commissioning.*

Key words – Condition assessment, ATR 72-212 (500), airworthiness, aircraft components, analysis, re-commissioning.

I. ÚVOD

S nárastom podielu leteckej dopravy na svetovom trhu značne stúpili požiadavky na dostatočný počet lietadiel prevádzkovaných v rámci leteckých spoločností pre zabezpečenie požadovaného dopytu. Postupné transformovanie a komercializácia trhu, ktoré je charakteristické vznikom menších spoločností s nižším rozpočtom ako tomu je u tradičných národných dopravcov, má za následok že spoločnosti nemajú prostriedky na investície do kúpy nových lietadiel ale sú nútené obzrieť sa po iných možnostiach. Riešením je odkúpenie už prevádzkovaného lietadla od inej leteckej alebo leasingovej spoločnosti pre zabezpečenie potrebných prepravných kapacít.

Pri uvažovaní o kúpe nového lietadla nezohráva hlavnú úlohu len vysoký objem finančných nákladov pre jeho

zaoštaranie, no taktiež dodacia lehota ktorá môže presiahnuť aj 2 roky, čo je pre spoločnosť významný faktor ktorý je nutné zohľadniť. Pre spoločnosti to znamená ušlý zisk spôsobený nepokrytím dopytu a posilnenie postavenia konkurencie na jej úkor. Tento jav je často pozorovateľný hlavne v prípade poskytovania charterových letov obzvlášť v období letnej sezóny. Ak letecká spoločnosť nie je schopná poskytnúť cestovnej kancelárii dostatočné prepravné kapacity, je nútená ich hľadať u konkurencie. Toto tvrdenie je aplikovateľné aj v prípade nákladnej leteckej dopravy a pod.

Odkúpením prevádzkovaného lietadla na rozdiel od čakacej lehoty na nové, sa podstatne skráti čas od rozhodnutia o nákupe po jeho úspešné uvedenie do komerčnej prevádzky u nového prevádzkovateľa. Výhodami sú pochopiteľne nižšia kúpna cena a kratšia doba obstarania oproti kúpe nového lietadla, avšak prináša to so sebou množstvo skrytých rizík spojených s neočakávanými nákladmi a investíciami pre zachovanie letovej spôsobilosti. Predmetné lietadlo ktoré má za sebou určitú dobu aktívnej prevádzky môže ukrývať rôzne skryté závady bez možnosti reklamácie alebo komponenty s končiacou dobou životnosti, ktoré významnou mierou ovplyvnia jeho prevádzkyschopnosť a rentabilitu investovaných nákladov. Preto je z vyššie uvedených dôvodov potrebné dbať na správne vyhodnotenie obstarávacích a investičných nákladov pred podpísaním kúpno-predajnej zmluvy. Správne určenie reálnej hodnoty lietadla a jeho komponentov poskytuje výhody pri jednaní o kúpe v prospech kupujúceho, nakoľko umožňuje vyjednanie lepších podmienok a ušetrení finančných nákladov ktoré sa neskôr môžu použiť na implementáciu lietadla do flotily či iných investícií v rámci spoločnosti. Táto práca nadväzuje priamo na moju bakalársku prácu v oblasti posúdenia stavu lietadla pri zmene prevádzkovateľa.

II. PREDPOKLADANÝ KONCEPT PREVÁDZKY

Pred zahájením procesu kúpy je potrebné špecifikovať o aký typ lietadla má spoločnosť záujem. Rozhodnutie prijíma na základe konceptu prevádzky na ktorý je zameraná. Predmetom analýzy bude požiadavka teoreticky vytvorenej leteckej spoločnosti ktorá uvažuje o nákupe lietadla pre rozšírenie svojej flotily čo v najkratšom možnom čase pri maximálnej optimalizácii počiatkových nákladov. Spoločnosť nemá aktuálne dostatočný objem finančných prostriedkov na obstaranie nového

lietadla ale uvažuje o kúpe používaného. Preto budeme uvažovať v analýze o stredne rozvinutej spoločnosti ktorá už má stabilne upevnenú pozíciu na trhu ale neprevádzkuje lukratívne linky s vysokou ziskovosťou, no orientuje sa prevažne krátke a stredné trasy regionálneho charakteru. Zvoleným typom lietadla je ATR 72, ktorý najlepšie charakterizuje daný druh leteckej spoločnosti a je známy pre svoju prevádzkovú spoľahlivosť, ekonomickosť, ekologickosť, dostupnosť a širokú využiteľnosť.

Spoločnosť už má dlhoročné skúsenosti s daným typom lietadla a plánuje v tomto smere aj zotrvať. Pôsobí na európskom trhu regionálnych liniek a plánuje svoju prevádzku rozšíriť na cargo dopravu o 2 roky neskôr, čo zohráva pri výbere lietadla podstatnú úlohu a to z dôvodu, že niektoré momentálne prevádzkované lietadlá budú časom konvertované z pasažierskych na nákladné.

PREDPOKLADANÝ PROFIL LIETADLA V RÁMCI SPOLOČNOSTI

Nami predpokladaná spoločnosť prevádzkuje pravidelné linky v európskom prostredí, so stabilnou sieťou regionálnych liniek operovaných výlučne turbovrtuľovými lietadlami ATR 72. Predpokladaný „load factor“ je 80% kapacity a pomer letových hodín k letovým cyklom vychádza taktiež priaznivo- na mesačný nálet 220 letových hodín (FH) pripadá 200 letových cyklov (FC). Pri nadmernom cyklickom zaťažení dochádza k výraznému opotrebeniu konštrukcie lietadla a jeho komponentov, čo sa negatívne prejaví v nákladoch na údržbu. Samotná primárna konštrukcia je oslabovaná častým pretlakovaním a absorbovaním nárazov pri pristávaní. Cyklicky zaťažujúca prevádzka je najviac rozšírená v oblasti prímorských prostredí, kde je hustá sieť menších ostrovov na ktoré sa vykonávajú lety s krátkou dobou trvania. Obdobným prípadom sú lety v menej osídlených oblastiach Južnej Ameriky a juho-východnej Ázie, kde turbovrtuľové lietadlá predstavujú takmer jedinú možnosť s spojenia so zvyškom civilizácie. Pri prevádzke v takto náročných podmienkach technika vyžaduje zvýšenú starostlivosť, ktorá nemusí byť vždy zodpovedne dodržiavaná mimo krajín spadajúcich do sféry jurisdikcie EASA a FAA. P re účely našej analýzy ako bolo spomenuté, predpokladáme prevádzku v stredo-európskom prostredí ktoré nie je náročné na prevádzkovanie lietadla po technickej stránke. Koncentrácia soli a vlhkosti v ovzduší je v tejto oblasti minimálna, čo vytvára dobré predpoklady pre obstaranie lietadla v dobrej fyzickej kondícii a následné udržanie tohto stavu.

ZVOLENÝ TYP LIETADLA

Z niekoľkých dostupných ponúk sme vybrali stroj ATR 72-212A (verzia 500), ktorý bol prevádzkovaný európskou spoločnosťou v rámci podmienok EU-OPS. Prvým dôležitým aspektom je prevádzka v našom kontinentálnom prostredí - lietadlo spĺňa všetky požadované kritériá z hľadiska potrebnej dokumentácie a vybavenia a nie sú potrebné ďalšie investície pre získanie letovej spôsobilosti. Výnimkou je absencia zariadenia ADS-B Out, ktorého povinnosť zaradenia do výbavy vstupuje do platnosti 7. júna 2020. Vykonanie servisného bulletinu bude vyžadovať vyčlenenie finančných prostriedkov a zároveň dôjde k predĺženiu doby uzemnenia lietadla, čo taktiež znamená zvýšenie nákladov s tým spojených. Druhou výhodou je environmentálne prostredie bez výrazných faktorov vplyvajúcich

na životnosť draku a celkov lietadla oproti tým z prímorských a horských oblastí. U týchto lietadiel je menšia pravdepodobnosť vzniku korózie a štrukturálnych poškodení (ako napr. trhliny, preliačiny) vplyvom náročných podmienok, nie je to však samozrejme zárukou. Výhodou je taktiež optimálny nálet lietadla voči jeho cyklom, čo nebýva pravidlom pri lietadlách s prevádzkou na krátke trate s veľkým vyťažením (lety medzi ostrovmi). Lietadlo bolo vyrobené 1. júla 1999 do súčasnosti stihlo naliať 43 231 letových hodín pri 45 332 cykloch čo pre nás znamená dostatočnú životnosť. Stanovená doba životnosti draku lietadla ATR 72-212A (verzia 500) je 70,000 cyklov.

Tabuľka 3: Tabuľka 1: Základné údaje analyzovaného lietadla [Zdroj: Tomáš Urminský, Úprava: Autor]

Dátum vyhotovenia :	1. Február 2020	Registrácia lietadla :	Podlieha utajeniu
Typ lietadla :	ATR72-212A (500)	Sériové číslo :	Podlieha utajeniu
Konfigurácia:	68 sedadiel	Lokácia lietadla :	Európa
Dátum výroby :	1. Júl 1999	Situácia lietadla:	Dodanie
Počet letových hodín draku lietadla:	43 231	Počet letových cyklov draku lietadla :	45 331

III. ZOZNAM KOMPONENTOV LIETADLA A ÚLOH VYŽADUJÚCICH INVESTÍCIE

Nižšie uvedená tabuľka uvádza prehľad potrebných investícií v rámci opätovného uvedenia lietadla do komerčnej prevádzky. V nákladoch sú zahrnuté aj personálne, logistické a administratívne poplatky.

Tabuľka 4: Prehľad celkových nákladov pre opätovné uvedenie domprevádzky (Zdroj: Autor)

LLP komponenty pravého motora	1 234 100 €
Generálna oprava motora	
Disk vysokotlakovej turbíny	
Obežné koleso- vysokotlakový kopresor	
Lopatky vysokotlakovej turbíny	
Disk nízkotlakovej turbíny	

Obežné koleso- nízkotlakový kompresor		Cena práce (predpokladaných 150 hodín práce x 65 € za 1 hodinu)	
Medzisegmentové tesnenie		Dopravný úrad - administratívne poplatky	
Usmerňovacie lopatky vysokotlakovej turbíny		Vydanie osvedčenia letovej spôsobilosti pre lietadlá s MTOW do 30 000 kg (vrátane)	4 540 €
Logistika		Zápis lietadla do registra lietadiel Slovenskej republiky s maximálnou vzletovou hmotnosťou nad 5 701 kg	
Demontáž/Inštalácia/Testy		Pridelenie poznávacej značky	
Vrtule		Personálne náklady	
Náboj ľavej vrtule		CAMO inžinieri + Certifikovaní technici	20 000 €
Servomechanizmus ľavej vrtule		Cestovné náklady + diéty	
Transferový hriadeľ ľavej vrtule		Ostatné náklady	
Vrtuľový list ľavej vrtule	211 650 €	Zmenová služba manuálov ATR, PWC, Hamilton (na rok)	185 000 €
Vrtuľový list pravej vrtule		Poistenie	
Logistika			
Demontáž/Inštalácia/Testy			
Predný podvozok			
Zostava prednej podvozkovej nohy			
Tlmič			
Zaisťovacia vzpera			
Prenájom atrapy prednej podvozkovej nohy	242 400 €		
Logistika			
Demontáž/Inštalácia/Testy			
Úkony údržby			
1A			
2A			
3A			
4A			
2C			
1YE			
2YE			
Odhadovaná cena komponentov na výmenu a opravu	493 500 €		
Štrukturálne opravy			
Spotrebný materiál mimo súbor prác			
Palivo odčerpanie/plnenie			
Technický let pre kontrolu systémov + prelet na bázu			
Inštalácia ADSB Out			
Servisný bulletin			
Logistika + inžiniering	150 000 €		

POSTUP PRÁČ NA LIETADLE A JEHO KOMPONENTOCH POČAS DOBY UZEMNENIA

Nižšie uvedená tabuľka predstavuje predpokladanú dobu potrebnú pre výkon danej činnosti. Rozsah prác je na základe skúseností z prostredia údržby odhadovaný na 8 týždňov za predpokladu, že nedôjde k objaveniu závažnejších poškodení (napríklad rozsiahla korózia primárnej konštrukcie). Proces údržby začína všeobecnými vstupnými testami pre overenie funkčnosti všetkých systémov a celkov lietadla. Po ich absolvovaní sa postupne začína s demontážou prístupových panelov a vybavenia kabíny. Organizácia prác je zameraná prioritne na včasnú demontáž predného podvozku a pravého motora spolu s komponentmi vrtule. Včasným odoslaním komponentov do schválených údržbových organizácií je možné získať dostatočné časové rezervy pre ich generálne opravy a zvýši sa pravdepodobnosť návratu v stanovenom limite. Súbežne s demontážou prístupových panelov sú zahájené inšpekcie a plánované úkony stanovené v programe údržby. Inšpekcie sú vykonávané vizuálne certifikovanými technikmi, no pre niektoré kritické časti konštrukčných prvkov je potrebná nedeštruktívna technológia kontroly NDT. V siedmom týždni je predpokladané dodanie komponentov po generálnej oprave a ich následná inštalácia. Doba dodania prednej podvozkovej nohy je variabilná, nakoľko je riešená formou výmeny. Termín jej dodania závisí od zmluvného partnera a jeho možnosti expedície, nakoľko daný komponent môže byť ešte inštalovaný na inom lietadle. Inštalácia prednej podvozkovej nohy je pomerne krátky proces a aj pri neskoršom dodaní nevzniknú týmto spôsobom žiadne závažné omeškania. Po ukončení všetkých údržbových prác na začiatku 8. týždňa sú na programe výstupné testy, motorová skúška a zálet lietadla, pre overenie bezpečnosti a spôsobilosti pre komerčnú prevádzku.

Tabuľka 5: Predpokladaná doba prác počas uzemnenia lietadla [Zdroj: Autor]

Úkon	Časový úsek							
	1. týždeň	2. týždeň	3. týždeň	4. týždeň	5. týždeň	6. týždeň	7. týždeň	8. týždeň
Testy systémov a celkov	Vstupné							Výstupné
Demontáž prístupových panelov								
Inštalácia prístupových panelov								
Inšpekcie								
Odstraňovanie nálezov								
Pravý motor		Demontáž	Logistika+ Generálna oprava				Inštalácia	
Predný podvozok	Demontáž	Logistika + Lehota dodania					Inštalácia/ Skúška funkčnosti	
Servisný Bulletin ADS-B Out								
Vrtule		Demontáž	Logistika+Generálna oprava				Inštalácia	
NDT								
Motorová skúška/Zálet								
Registrácia lietadla								

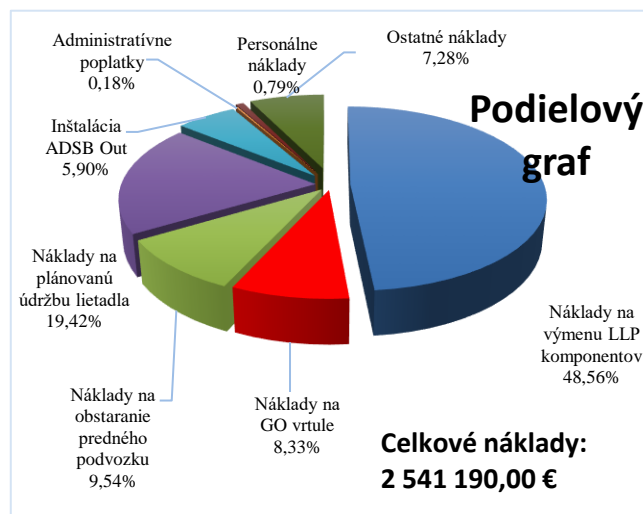
VÝLEDNÉ ZHODNOTENIE CELKOVÝCH NÁKLADOV

Pri súčte všetkých nákladov je výsledná suma stanovená na 2 541 190 €. Toto číslo však nemusí znamenať konečnú sumu ale odvíja sa od mnohých faktorov. Najväčší podiel z celkovej sumy, až 68 %, predstavujú náklady na údržbu spolu s opravou a výmenou komponentov. Vysoká cena komponentov do istej miery súvisí s ich certifikáciou pre použitie v letectve- používaním certifikovaných materiálov na výrobu, cenou práce kvalifikovaných pracovníkov a v neposlednom rade aj počtom vyrobených kusov. Čím je väčšie množstvo vyrobených sériových kusov, tým je nižšia jednotková cena za kus. V letectve však nie produkcia zameraná čisto na kvantitatívny objem a nedosahuje počtom vyrobených kusov na iné odvetvia priemyslu (napríklad automobilový priemysel, elektronika pre osobné použitie). Prioritou je dodržanie potrebnej úrovne kvality a životnosti, čo vyžaduje nemalé dodatočné náklady pri výrobe či generálnej oprave. Vyššími cenami náhradných dielov si však mnohí výrobcovia často kompenzujú nízku predajnú cenu lietadiel, ušlý zisk sa im tak následne vráti v podobe ich prevádzkovej údržby.

Naopak najnižšie náklady spojené s opätovným uvedením lietadla sa týkajú administratívnych poplatkov a nákladov na personál. Spolu netvorí ani 2 % z výslednej sumy no s ich začlenením sa dosiahne presnejší prehľad o súčasnej situácii a celkových nákladoch. Na rozdiel od cien komponentov sa môžu administratívne a personálne náklady líšiť v závislosti od prostredia v ktorom bude lietadlo registrované. Náš výpočet

zohľadňoval prostredie Slovenskej republiky s priemernými mzdovými podmienkami v danom odvetví a poplatkami zverejnenými na stránke Dopravného úradu.

Graf 5: Podielový graf celkových nákladov [Zdroj: Autor]



IV. ZÁVER

Cieľom tejto diplomovej práce bolo vyhodnotiť aktuálny stav predmetného lietadla z hľadiska technických parametrov a vedenej dokumentácie. Pred započatím celého

procesu vyhodnotenia a sumarizácie nákladov je dôležité pre spoločnosť si definovať všetky parametre ktoré by malo ich nové lietadlo spĺňať. Tie vychádzajú z predpokladaného konceptu prevádzky v rámci spoločnosti. Pre náš analyzovaný stroj sme uplatnili požiadavky na dobrý technický stav komponentov a vybavenia kabíny, dostatočnú životnosť draku a súlad s požiadavkami na prevádzku v európskom prostredí. Posledný menovaný faktor je obzvlášť dôležitý, nakoľko požiadavky určitých regiónov sveta na navigačné a komunikačné zariadenia sa môžu líšiť a náklady na prestavbu v súlade s novými požiadavkami sa môžu zbytočne výrazne navýšiť. Nakoľko sme pre potreby spoločnosti uvažovali s následnou prestavbou na cargo verziu po 2 rokoch prevádzky, našim kritériám vyhovovalo aj lietadlo s mierne vyšším počtom letových hodín a cyklov.

Podstatnú hodnotu lietadla tvoria jeho celky – motory, podvozky, vrtule, reduktory a pod. U motorov je to takmer tretina celkovej ceny. Pri analýze je dôležité sa zamerať na ich zostávajúcu životnosť, vedenie dokumentácie a sledovateľnosť histórie. Príkladom bola situácia listu číslo 3 pravej vrtule. Absencia a nesprávnosť dokumentácie mala za následok úplnú stratu jeho hodnoty a musel byť nahradený novým. Poukázané tým bolo na fakt, že aj napriek relatívne dobrému technickému stavu, môžu komponenty pri nesprávnom vedení dokumentácie stratiť svoju hodnotu a ich opätovné uvedenie do prevádzky je možné len pri splnení určitých podmienok. Práca taktiež uvádza rôzne spôsoby výmeny komponentov s dôrazom na najlepšiu efektivitu, vzhľadom na budúcu prevádzku a optimalizáciu nákladov. Nie vždy sa totiž voľba pre najlacnejšie riešenie z dlhodobého hľadiska ukáže ako správna. V leteckom odvetví sa ceny všetkých komponentov pohybujú v omnoho väčších čiastkach a je potrebné v predstihu zvážiť všetky aspekty pred prijatím finálneho rozhodnutia. Základným predpokladom je mať k dispozícii dostatok informácií pre výber vhodného riešenia danej situácie. Dôraz je kladený najmä na personál z prostredia CAMO ako bolo v práci preukázané. Ich úlohou je vyhodnotiť aktuálny stav lietadla a možnosť opätovného uvedenia do prevádzky spolu s vyčíslením predpokladaných nákladov. Samotné rozhodnutie o kúpe lietadla však spočíva na manažmente leteckej spoločnosti. Oddelenie CAMO môže vydať len odporúčanie na základe ktorého je možné prijať rozhodnutie o pokračovaní alebo pozastavení celého procesu kúpy. Len skúsený personál dokáže odhaliť nezrovnalosti a skryté technické závady, avšak skúsenosti je možné nadobudnúť len rokmi praxe v danom odbore. Každý typ lietadla má svoje špecifiká ktorými vznikajú odlišnosti pri jeho prevádzkovaní či údržbe. Ak kupujúca strana má k dispozícii podrobný prehľad o aktuálnom stave lietadla, môže si tým vydoberť lepšiu pozíciu pri vyjednávaní o finálnej predajnej sume. Ušetrený kapitál môže spoločnosť následne investovať do údržbových rezerv alebo iných potrieb pre jej fungovanie.

Dôležitým poznatkom práce je poukázanie na trvanie celého procesu. Ak sa manažment spoločnosti rozhodne pre kúpu lietadla, jej prioritným záujmom je opätovné uvedenie do prevádzky v najkratšom možnom čase. Preto je potrebné v predstihu začať s prípravou úkonov s tým spojených. Zhodnotiť potrebné ľudské zdroje, dodatočné výcviky letového a pozemného personálu, vyčlenenie finančných rezerv, organizácia dodávok potrebného materiálu a pod. Pri odoslaní lietadla do údržbovej organizácie pred uvedením do prevádzky, je dôležité

zачаť rokovat' o termíne jeho prijatia, nakoľko údržbové organizácie pripravujú plány využitia svojich kapacít s minimálne ročným predstihom.

Vzhľadom na súčasné trendy v letectve, je možné očakávať častejší nákup použitých lietadiel oproti novým priamo od výrobcu. Eliminuje sa tým čakacia doba a lietadlo je k dispozícii za krátky čas pre posilnenie flotily. Doba uzemnenia potrebná pre administratívne a technické záležitosti spojené s opätovným uvedením do prevádzky, závisia od jeho stavu a organizačných schopností v rámci spoločnosti. V nami uvedenej modelovej situácii bola predpokladaná doba 2 mesiace, vychádzajúca z rozsahu potrebných prác.

REFERENCIE

- [1] ATR 72 Twin Turboprop Passenger Aircraft, Europe [online]. Dostupné na internete: <https://www.aerospace-technology.com/projects/atr72/>
- [2] ATR 42/72 Complete production list [online]. Dostupné na internete: <https://www.airfleets.net/listing/atr-1.htm>
- [3] Technological innovation to build up competitive position over the years [online]. Dostupné na internete: <http://www.atraircraft.com/about-atr/atr-core-values/innovation.html>
- [4] Organizácie riadiace zachovanie letovej spôsobilosti [online]. Dostupné na internete: <http://letectvo.nsat.sk/letova-sposobilost/organizacie-riadiace-zachovanie-letovej-sposobilosti/>
- [5] M.A.301 Zachovanie letovej spôsobilosti [online]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=CELEX:32014R1321>
- [6] Guidance Material and Best Practices for Aircraft Leases [online]. Dostupné na internete: https://www.iata.org/whatwedo/workgroups/Documents/A_LAG/ac-leases-4th-edition.pdf
- [7] COMMISSION REGULATION (EU) No 965/2012 of 5 October 2012 [online]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1499960916767&uri=CELEX:02012R0965-20170322>
- [8] Avionics Requirements Civil Aircraft - September 2017 [online]. Dostupné na internete: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/articledocuments/avionics-requirements-civil-aircraft-september-2017.pdf>
- [9] Frequency modulation immunity support [online]. Dostupné na internete: <https://www.eurocontrol.int/service/frequency-modulation-immunity-support>
- [10] Area navigation [online]. Dostupné na internete: https://ext.eurocontrol.int/lexicon/index.php/Area_navigation
- [11] Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) [online]. Dostupné na internete: [https://www.skybrary.aero/index.php/Automatic_Dependent_Surveillance_Broadcast_\(ADS-B\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Automatic_Dependent_Surveillance_Broadcast_(ADS-B))
- [12] TCAS II version 7.1 [online]. Dostupné na internete: https://www.skybrary.aero/index.php/TCAS_II_version_7.1

- [13] MODE S ENHANCED SURVEILLANCE: Air Traffic Control the Netherlands Aeronautical Information Service, 05/08 27 MAR 08
- [14] PW100/PW150- The Power Behind Regional Airline Turboprops [online]. Dostupné na internete: <https://www.pwc.ca/en/products-and-services/products/regional-aviation-engines/pw100-150>
- [15] Avionics Requirements Civil Aircraft - September 2017/Civil aircraft – Surveillance requirements [online]. Dostupné na internete: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/article/files/avionics-requirements-civil-aircraft-september-2017.pdf>
- [16] Service Bulletin No. ATR72-34-1162
- [17] AIC C 8/16 – Postup na schválenie programu údržby Dopravným úradom [online]. Dostupné na internete: <http://letectvo.nsat.sk/letova-sposobilost/letova-sposobilost-lietadiel/program-udrzby/>
- [18] TOMOVÁ, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A., ČERVINKA M., HAVEL K. 2017, *Ekonomika leteckých spoločností*, 1. vyd. Žilina: EDIS, 2017. 274 s. ISBN 978-80-554-1359-4.
- [19] BUGAJ, M. 2011. *Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.*
- [20] BUGAJ, M., URMINSKY, T., JURÁK, P. & PECHO, P. 2018. Analysis and implementation of airworthiness directives. *Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October*, pages 1174-1178.
- [21] BUGAJ, M. 2005. Aircraft maintenance - new trends in general aviation. *Promet - Traffic - Traffico*, 17(4), pages 231-234.

Bc. Michal László – narodený dňa 06.02.1996 v Bratislave. V roku 2015 absolvoval Strednú odbornú školu letecko-technickú v Trenčíne, odbor mechanik lietadiel. Následne od roku 2015 študoval na Žilinskej univerzite odbor letecká doprava a v inžinierskom štúdiu pokračoval v študijnom programe technológia údržby lietadiel. Od roku 2017 pracuje ako pseudopilot pre Letové prevádzkové služby Slovenskej republiky a od roku 2019 taktiež pre Austrian Airlines Technik Bratislava na pozícii technik údržby lietadiel. Kontakt: michallaszlo320@gmail.com

VYUŽITIE AUTONÓMNÝCH SYSTÉMOV UAV PRE PODMIENKY ZÁCHRANNÝCH ZLOŽIEK

USE OF AUTONOMOUS UAV SYSTEMS FOR RESCUE SERVICES

Martin Leitner

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
mleitnerm@gmail.com

Pavol Pecho

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Abstract – *The use of drones is slowly becoming an integral part of our lives. They are used every day and new ways of use are constantly emerging in various areas. One of the easiest way is to use them for entertainment, but there are also a large number of professional users. Their largest users include the military, but they are also used for aerial monitoring, mapping and various other services. As in civil aviation, as well as for UAV users, it is necessary to correct the current legislation, which is also included in the work. In the paper we will investigate the use of UAVs by armed force and rescue units. In this area, they have the opportunity to make full use of their main advantage, and that is how to get to places where access is difficult. In addition, their use does not require a pilot on board and does not endanger his life, as is the case with helicopters. In this work, we will design a flight path for a drone to cover the area as effectively as possible and thus help the rescue services to be more efficient in the search for missing persons. The flight path design will be created in the Dronedeploy program and will be planned for three types of terrain at different initial settings to allow comparison of these flights. Tables and figures are added to each flight to help the reader better understand the flight suggestions.*

Key words – Autonomous flight, Autonomous aircraft, Drone, UAV, Legislation, Polygon, Algorithm, Flight altitude, Flight direction

I. SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA PROBLEMATIKY

Stále väčšie množstvo užívateľov používa drony a tie si každý deň získavajú pozornosť širokej verejnosti. Ich samotné komerčné využívanie sa v plnom rozsahu rozbehlo až v minulom storočí, ale ich cesta sa začala už v 19. storočí. Je verejne známe, že svoje využitie si našli predovšetkým vo vojenskom sektore, ale čoraz častejšie sú využívané aj v iných rôznych druhoch umení, kde si drony prilákali množstvo fanúšikov svojím širokým spektrom využití a vlastností. Vo vedeckom odvetví poznáme drony, na ktoré sa bežne pripievňujú rôzne nástroje, ako napríklad

kamery, radary a skenery. Tieto nástroje často nájdu svoje využitie v kartografii, ekológii, lesníctve, stavebníctve a pod. Na zostrojenie zložitého mechanizmu, akým dron je, je potrebné mať znalosti z rôznych vedných odborov, najmä fyziky, elektroniky, informatiky, mechaniky a matematiky. [1]

HISTÓRIA A VÝVOJ

V súčasnosti sú UAV brané ako ekonomicky a technicky významná technológia, ktorá sa veľmi rýchlo šíri do všetkých odvetví. V skutočnosti sú tu s nami už vyše storočie a už vo svojich začiatkoch používali gyroskopy, motory či rotačné prepínače a ich história sa začala písať nie až tak ďaleko od slovenských hraníc. Keď sa pozrieme do minulosti, tak sa využívali predovšetkým v armádnom sektore, no dnes ich môžeme čoraz častejšie nájsť v civilnom sektore, dôkazom čoho je aj ich využívanie medzi vedeckými organizáciami a taktiež využitie vo veľkých organizáciách, kde nachádzajú čoraz väčšie uplatnenie. V 21. storočí sa technológia dostala do štádia sofistikovanosti, kde UAV má teraz v mnohých oblastiach letectva značne rozšírenú úlohu. [2]

BEZPILOTNÉ VZDUŠNÉ PROSTRIEDKY A ICH ROZDELENIE

Pojem bezpilotný vzdušný prostriedok, alebo jednoducho aj dron, je lietadlo riadené diaľkovo alebo autonómne, prípadne model lietadla. Dron môže mať rôzne druhy pohonu a taktiež jeho telo môže nadobudnúť rôzny tvar.

Existuje veľa možností ako drony klasifikovať, v prvom rade je ale pri komerčných dronoch potreba rozlišovať, či sa jedná iba o drony pre zábavu, ktoré sú primárne určené pre bežných užívateľov a nedajú sa od nich očakávať pokročilé funkcie, alebo naopak majú drony určené pro profesionálov.

Drony určené pre bežných užívateľov a pre zábavu sa líšia veľkosťou, hmotnosťou, materiálom nastavením a hlavne cenou od drona pre profesionálov. Navyiac koľkokrát sa zavádzajúcim spôsobom označujúci ako drony aj úplne hračky, ktoré sa predávali už skôr, len teraz majú mikro kamery s nízkym rozlíšením obrazu. Súčasne sa výrobcovia snažia zmenšiť hranicu medzi dronmi pre amatérov a pre profesionálov, a teda vznikajú aj série dronov, ktoré sa dajú nazvať pokročilé. Takéto drony sú väčšie, umožňujú ovládanie dvoma osobami (pilot a operátor) a

ich výstupy sa veľmi približujú výstupom z profesionálnych dronov a sú aj často profesionálmi využívané. Ich prednosťou je menšia veľkosť oproti veľkým systémom, letové parametre a kvalitné výstupy a samozrejme stále nižšia cena ako u veľkých systémov pre profesionálov.

Pri dronoch s určením pre profesionálov sa predpokladá, že budú v prevádzke omnoho častejšie, musia byť viac multifunkčné a budú využívané hlavne v náročných podmienkach, a taktiež je potreba, aby boli čo najspolahlivejšie, čo najviac nastaviteľné, a prípadne umožňovali aj ďalšie rozšírenie samotným užívateľom. Navyiac ovládanie dronu je vo väčšine prípadov pre dvoch. Pilot ovláda pohyb dronu a operátor ovláda pohyb kamerového závesu nezávisle na pilotovi. Z toho plynie taktiež ich väčšia veľkosť, váha, kvalitnejší materiál, multifunkčnosť a taktiež vyššia cena. [3]

MULTIKOPTÉRY

Multikoptéra, ako už sám názov napovedá, značí koptéru alebo vrtuľník s kolmým vzletom, k čomu mu slúži určitý počet vrtúľ a motorov. Pre jednoduchšie označovanie multikoptér platí, že sa označujú podľa počtu motorov a vrtúľ.

Najčastejšie multikoptéry sú tie, ktoré majú nasledujúci počet vrtúľ:

- 4 = kvadroptéra
- 6 = hexakoptéra
- 8 = oktokoptéra

Pri bežnom uložení vrtúľ na ramenách vedľa seba platí, že susedné vrtule sa vždy točia opačným smerom. Vrtule s motorom môžu byť uložené proti sebe (protibežne), teda na štyroch ramenách môže byť celkom osem vrtúľ/ motorov.

Obecne platí, že čím viac vrtúľ, tým väčšia bezpečnosť pristátia pri náhodnom poškodení jedného motoru/ vrtule. Tak isto platí, že s väčším počtom vrtúľ stúpa výkon dronu a zväčšuje sa stabilita jeho pohybu vo vzduchu.

Výhodou multikoptér je, že sa dajú využiť k manuálnemu lietaniu, ale aj k automatickému lietaniu podľa letových plánov, alebo k ich kombinácii. Samotný vzlet aj pristátie sú kolmé nahor alebo dole, teda priestor potrebný k vzletu a pristátiu je minimálny a možný takmer kdekoľvek, dokonca vrátane interiéru.

Nevýhodou multikoptér je, že vydržia oproti letúnom omnoho kratšiu dobu vo vzduchu, čo spôsobuje hlavne ich väčšia hmotnosť a náročnejší pohyb vo vzduchu.

BEZPILOTNÉ LIETADLÁ S PEVNÝM KRÍDLOM

Špecifickým druhom komerčných dronov sú bezpilotné lietadlá, tiež niekedy nazývané aj pevné krídla. Samotný názov drony omnoho viac zodpovedá týmto lietadlovým typom, ktoré vychádzajú ako účelom, tak aj tvarom z vojenských dronov.

Tvar a štruktúra krídel sa môžu líšiť v závislosti od použitia. Lietadlá, ktoré sú zamerané na dosah na veľké vzdialenosti, majú odlišné vnútorné štruktúry ako napríklad lietadlá určené na pátracie a záchranné misie. Priority počas procesu navrhovania sa môžu líšiť. „Pri využívaní letúna pre lety na veľké vzdialenosti je dôležitá váha. Pri navrhovaní letúna pre

pátracie a záchranné misie je dôležitá stabilita a rýchlosť.“ [6] Každá konštrukcia krídla má svoje klady a zápory a ich použitie závisí od účelu.

Tieto typy sú oproti multikoptéram určené iba k účelom mapovania a monitorovania. V ich tele je fixne umiestnený fotoaparát alebo iný senzor, ktorý väčšinou nejde ani vymeniť, čo znižuje možnosti iného využitia.

Aj pri týchto špecifických dronov sa postupne pomaly rozvíja multifunkčnosť, kde sa začínajú adaptovať do tela dronov aj iné senzory s možnosťou ich výmeny, ktorá je ale oveľa náročnejšia ako u multikoptér. Vzlet týchto lietadlových dronov prebieha dvomi spôsobmi:

- Z odpaľovacej rampy
- Hodom z ruky

Vzlet z odpaľovacej rampy prebieha tak, že po natiahnutí lana s uložením na lietadlo sa cez diaľkovú spúšť ručne odpáli a vymrští z rampy letún a ihneď po opustení rampy sa zapne motor a letún naberie ihneď požadovanú rýchlosť a tým pádom aj rýchlejšie výšku.

Oproti tomu omnoho jednoduchšie sú letúny s možnosťou vzletu z ruky operátora alebo pilota, ktorý zapne motor a mrštením letúna z ruky naberie prostriedok požadovanú výšku a rýchlosť, avšak pomalšie ako pri odpálení z rampy.

Skupina pedagógov zo Žilinskej univerzity riešila bezpečnosť z hľadiska, čo sa stane s UAV, keď sa s ním stane niečo vážne vo vzduchu. Otázkou bolo riešenie bezpečnostného prvku, ktorý by priviedol UAV späť na Zem a nespôsobil zranenia osôb alebo škody na majetku, čo umožní zvýšenie bezpečnosti prevádzky UAV.

„Záchranné padáky by mali byť vo všeobecnosti súčasťou UAV, ktoré sa používajú na lety nad mestskými oblasťami, ľuďmi, líniovými štruktúrami atď.“ [5] Navrhovaný systém by však mohol byť užitočný počas samostatných letov alebo letov na veľké vzdialenosti, keď sa prevádzkovateľ nedokáže vyhnúť potenciálne nebezpečným zónam núdzového pristátia.

Väčšina dronov lieta automaticky podľa letových plánov, ktoré sa dopredu naplánujú a pošlú bezdrôtovo do letúnov. Ten potom na základe GPS a naplánovaných parametrov prevedie požadovaný let úplne automaticky, s možnosťou let prerušiť alebo ukončiť.

Vzhľadom k letu v jednej letovej hladine sú tieto systémy schopné letu vo väčšine prípadov až 1 hodinu na jednu batériu. [3]

VYUŽITIE

Spôsobov a možností ako využívať drony sú desiatky až stovky a každým dňom po celom svete dochádza k nejakému unikátnemu využitiu, v rôznych prírodných podmienkach pre najrôznejšie druhy leteckého monitoringu, mapovania a ďalších využití dronov.

Najjednoduchšie využitie dronov je samozrejme pre zábavu, ale potenciál využitia je vysoký a môžeme si ho predstaviť takmer všade okolo nás.

Ich hlavnou výhodou je, že sa môžu využívať na miestach, ktoré boli ťažko dostupné alebo bol pri nich ohrozený život. V tomto prípade majú UAV obrovskú výhodu v tom, že pri nich nie je potrebný pilot na palube. Veľkou výhodou je zjednodušenie práce a väčšia efektívnosť ich nasadenia. Ďalej sú to kvalitnejšie a detailnejšie výstupy ako z klasických pilotovaných leteckých prostriedkov alebo družíc, rýchlosť a flexibilita ich nasadenia a veľa ďalších účelov.

Ďalšie možné využitia dronov plynú z variability využitia rôznych špeciálnych senzorov umiestnených pod dronom alebo na ňom, ktoré umožňujú najrôznejšie spôsoby a výstupy leteckého monitoringu. V súčasnom svete vývoja bezpilotných prostriedkov bez posádky je čoraz dôležitejšia otázka ich nasadenia v rôznych aplikáciách. Prevádzka dronov nie je nijako náročná. „Iba také možnosti UAV, ako je rýchle nasadenie kdekoľvek, ľahké a nízke náklady, priamo konkurujú tradičným metódam monitorovania, ako sú napríklad lidarové skenovanie alebo letecká termografia a letecké snímky.“ [7]

Samozrejmosťou je, že pre všetky drony, ktoré sú určené pre komerčné účely, a teda využívané za účelom zisku, ale aj výskumu, platí vo väčšine štátoch samostatná legislatíva, ktorú je nutné dodržiavať. Okrem toho platia pravidlá lietania a miest, kde sa môže lietať týmito prostriedkami. [3]

V civilnej sfére sa UAV využívajú najčastejšie pre topografické mapovanie. Výsledkom mapovania sú ortofotomapy alebo digitálne modely terénu, ktoré využívajú hlavne ťažobné spoločnosti v povrchovom a podzemnom baníctve (pokles pôdy vplyvom vyťaženej horniny, určenie objemu vyťaženej horniny).

Rovnako efektívne sú UAV využiteľné pri mapovaní objektov kritickej infraštruktúry ako aj pri mapovaní prírodných hrozieb. Údaje získané pomocou UAV technológie majú uplatnenie hlavne v týchto odvetviach:

- Armáda – zber informácií, prieskumné lety, strelecké terče.
- Poľnohospodárstvo - práškovanie a hnojenie polí, monitorovanie zberu úrody, určenie rozsahu škôd, identifikácia potenciálnych ohrození, plánovanie zberu plodín na základe snímkovania.
- Lesníctvo – zisťovanie rozsahu škôd pri prírodných katastrofách (víchrica, požiar, napadnutie lesov škodcami...), monitorovanie nelegálnej ťažby dreva, monitorovanie lesnej zvery pomocou termokamery.
- Archeológia – mapovanie miest a vytváranie 3D dokumentácie archeologických oblastí.
- Energetika – zistenie úniku alebo strát pri poškodených elektrických vedeniach.
- Stavebníctvo – priebežná kontrola výstavby, posúdenie aktuálneho stavu stavby, sledovanie líniových alebo rozmerovo väčších stavebných objektov.
- Dokumentácia majetku a zelene – stav mestskej zelene, počet dopravných značiek, tvorba plánov na základe snímkovania.
- Geomorfológia – identifikácia a mapovanie geomorfologických foriem reliéfu.
- Životné prostredie – sledovanie priebehu korýt riek a výšky vodnej hladiny, určenie stavu a druhového zloženia vegetácie.

- Veda a výskum – schopnosť lietať aj na ťažko dostupné miesta.
- Termovízne snímkovanie.
- 3D modelovanie.
- Film a reklama.

II. ANALÝZA AKTUÁLNYCH POŽIADAVIEK NA PREVÁDZKU UAV PODĽA PLATNEJ LEGISLATÍVY

Je známe, že v Slovenskej republike máme reguláciu na jazdu autom a bicyklom a taktiež aj pilotovanie lietadla. Rovnako existuje aj regulácia, ktorá sa zaoberá obsluhou a lietaním s bezpilotnými lietadlami, čiže dronmi. Preto by mal každý majiteľ drona dobre poznať aspoň základné povinnosti a práva ohľadom ich výkonných možností.

Svetový trend rozlišuje pravidlá lietania s dronom podľa jeho využitia, čiže iné pravidlá platia pre komerčné využitie a iné pravidlá sú pri športovom a rekreačnom lietaní. Najprv si treba zadať akési všeobecné pravidlá platné pre všetky drony, bez rozdielu využitia a potom prejdeme na aktuálnu a platnú legislatívu Slovenskej republiky.

PLATNÁ LEGISLATÍVA PRE UAV NA SLOVENSKU

Čo sa týka prevádzky bezpilotných vzdušných prostriedkov, tak na Slovensku ju upravuje Dopravný úrad. V súčasnosti sa tieto podmienky určujú podľa č. 2/2019, ktorý je platný od 15. novembra 2019. V tejto vyhláške sú zadefinované ustanovenia ohľadom bezpilotných vzdušných prostriedkov, ďalej sú v nej zadefinované osoby, ktoré môžu byť držiteľmi povolení na lety s UAV a definovaná je aj zodpovednosť za letovú spôsobilosť tohto zariadenia. V tejto vyhláške nájdeme upravené podmienky vykonania letu diaľkovo riadeným alebo autonómym lietadlom, ale taktiež technické parametre pre tieto prostriedky a podmienky, ktoré musia spĺňať pri letoch v riadenom vzdušnom priestore. Zakázané zostáva v celom vzdušnom priestore vykonávať autonómny let lietadlom. Podľa vyhlášky je rozhodujúcim faktorom vykonania letu maximálna vzletová hmotnosť UAV. Evidencia bezpilotného vzdušného prostriedku na Dopravnom úrade je povinná pre lietadlá s maximálnou vzletovou hmotnosťou 25 kg a viac. Pre osoby ovládajúce bezpilotné vzdušné prostriedky sú vo vyhláške zavádzané aj ďalšie povinnosti a jednou z nich je aj povinné vedenie záznamov a palubného denníka o vykonávaných letoch. Okrem iných sú tam aj obmedzenia pri leteckom snímkaní. [4] [8]

III. ANALÝZA AUTONÓMNYCH LETOV UAV V PODMIENKACH ZÁCHRANNÝCH A SILOVÝCH ZLOŽIEK

Bezpilotné letové prostriedky sa v posledných rokoch môžu tešiť čoraz väčšej obľube. Sú stále viac využívané a dostupnejšie pre amatérskych nadšencov lietania a filmárov, ale taktiež ich vo veľkej miere využívajú profesionáli a konkrétne aj štátne zložky.

Ako sme hovorili v druhej kapitole, tak podľa slovenskej legislatívy delíme drony hlavne podľa hmotnosti. Kedysi sa hovorilo, že čím väčší a ťažší je dron, tým je

profesionálnejší. Dnes už parametre ako veľkosť a hmotnosť nie sú úplne relevantné charakteristiky. Dnešným profi dronom sa uberá na hmotnosti, čo sa dnes často využíva pri vojenských dronoch, ktoré nemusia byť veľké ako reálne lietadlá, ale stačia mikrorozmery, ktoré pripomínajú hmyz.

Bežné modely dronov, ktoré využívajú profesionáli sa pohybujú vo váhovej kategórii okolo jedného kilogramu. V rade profesionálnych dronov sa nájdu aj drony s hmotnosťou 40 kg a viac, ktorých proporcie vyzerajú celkom inak a majú aj špeciálne kamery. Pri kamerách je tu na výber nespočetné množstvo – od lacných so základným rozlíšením až po naozaj profesionálne. Podľa hmotnosti, veľkosti a vybavenosti sa potom drony líšia aj svojou operatívnosťou. Azda najväčšou výhodou dronov je, že sa vedia dostať do miest a priestorov, v ktorých by sa inak nedali snímať a natáčať objekty v takej dobre kvalite. [9]

Využívanie dronov pri pátraní po nezvestných osobách alebo zločincoch je teraz oveľa jednoduchšie, kratšie a veľmi nápomocné. Navyše je celá záchranná akcia aj menej náročná na finančnú stránku, ako to bolo pri doterajšej využívanej pátracej a záchrannej technike. Pri záchranných misiách SAR sa často využívajú teplotné senzory alebo kamera s termovíziou a hľadané osoby je vtedy možné nájsť už po krátkom hľadaní. Súčasné využitie UAV v záchranných zariadeniach sa vo veľkej miere zameriava na lokalizáciu hľadaných objektov alebo osôb. „Ideálna je technológia infračervenej kamery v kombinácii s UAV pre skenovanie zo vzduchu.“ [12] Drony pomáhajú zachraňovať ľudí aj v krízových situáciách, keď slúžia ako prepravný prostriedok zdravotníckeho materiálu. [10]

Typické prípady takejto pomoci vznikajú pri zaplavených oblastiach, kde dron dodáva zachraňovaným osobám vodu, jedlo a ďalšie zásoby. Existujú prípady, kde bolo pomocou dronu dodané aj záchranné lano alebo vesta.

Spoločnosť DJI, ktorá patrí medzi popredných výrobcov bezpilotných lietadiel, robila prieskum, na základe ktorého zistili, že drony už dokázali zachrániť najmenej 59 ľudí, ktorí boli v ohrození života v 18 rôznych udalostiach po celom svete. Zaujímavé na tomto prieskume je fakt, že pri viac ako tretine týchto prípadoch bol zachránený život civilným užívateľom, čo nasvedčuje tomu, že drony sú prospešné aj pre verejnú bezpečnosť. [11]

Každý štát ma vlastnú legislatívu a rôzne zákazy lietania s dronmi, kde väčšinou ide o bezpečnostné dôvody. Vo Venezuele bol dokonca prípad, kde sa počas verejného príhovoru za pomoci bežne dostupného drona naloženého plastickou výbušninou odohral atentát na prezidenta krajiny.

PRAKTICKÉ VYUŽITIE DRONA PRI PÁTRANÍ V ŠŤTOVE

Záchranným zložkám bola nahlásená nezvestná osoba a tak bol 24. novembra 2019 do pátracej akcie povolaný aj pilot npor.Bc. Martin Kravec s hasičským dronom, aby záchrannému tímu pomohol v hľadaní.

Pri požiadavke pátrania dronom po nezvestnej osobe mal pilot k dispozícii len údaj, že by sa malo jednáť o dospelého mladšieho muža, ktorý mal naposledy na sebe oblečené modré rifle a šedú bundu. V lokalite pri Šútovských jazerách sa našlo

jeho zamknuté osobné motorové vozidlo a jeho mobilný telefón bol nedostupný.

Konkrétna požiadavka bola prepátrať zo vzduchu najskôr brehy jazera aj s vodnou hladinou, nakoľko kolmý pohľad z kamery dronu do vody je lepší ako pohľad z brehu kvôli lomu svetla. Po neúspešnom pátraní sa pokračovalo vo zväčšovaní prehľadávaného územia v okolí jazera, najmä v oblastiach krovinatého porastu a ťažko prístupných miest pre pozemných – peších pátrajúcich osôb.



Obrázok 28: Pohľad na prvé dve letové cesty pri prehľadávaní brehu jazera, rieky a okolia.

Nezvestná osoba bola nakoniec nájdená niekoľko stoviek metrov od samotného jazera v krovinatom šikmom teréne, ale nie len pomocou dronu. Prvotná informácia prišla od osoby s ďalekohľadom, keď videla v diaľke niečo modré, no nevedela to z tej vzdialenosti identifikovať. Na uvedené miesto sa vydali pátrajúci a osoba bola nájdená súčasne s dronom. Uvedené miesto bolo v pláne pátrania dronom až v ďalšom slede, pri použití tretej až štvrtej letovej batérie (jedna batéria približne 20-25 minút letu).



Obrázok 2: Tretia letová cesta, pri ktorej sa našla nezvestná osoba.

Oblasť bola dronom prehľadávaná systematicky, ale stále len vizuálne pilotom dronu. Pilot ovládal dron „z ruky“, takže aj keď poznal približnú polohu nezvestnej osoby, tak sa neuskutočnil autonómny let, ale stále plne ovládaný pilotom. Krovinatý šikmý terén sťažoval podmienky pri hľadaní nezvestnej osoby. Najviac nápomocný bol farebný odev hľadanej osoby, vďaka čomu sa ju nakoniec podarilo nájsť. V uvedenom

případe by sa určite osvedčil lepšie dron s termokamerou. Termokamera by urýchlila takéto hľadanie a problém by v tomto prípade nebol ani krovinatý terén.

IV. NÁVRH SYSTÉMU LETOVEJ CESTY A POLYGÓNU AUTONÓMNYCH LETOV VZHEADOM NA OPTIMÁLNE SPLNENIE AKTUÁLNYCH POŽIADAVIEK

Pátracie a záchranné operácie môžu mať veľký prospech z použitia autonómnych UAV na prieskum životného prostredia a zhromažďovania dôkazov o postavení nezvestnej osoby. Aby sa minimalizoval čas na nájdenie obete, pri navrhovaní algoritmov vyhľadávania sa musia zohľadniť niektoré základné parametre: 1) kvalita senzorických údajov zhromaždených UAV; 2) energetické obmedzenia UAV; 3) environmentálne riziká (napr. vietor, stromy); 4) úroveň výmeny informácií / koordinácie medzi UAV.

ALGORITMY VYHĽADÁVANIA

V tejto práci sa domnievame, že UAV sú vybavené kamerami smerujúcimi nadol na detekciu obetí na zemi. Zmenou nadmorských výšok môžu UAV zmeniť veľkosť svojich pozorovacích plôch. Čím vyššie lietajú, tým väčšia je ich pozorovacia plocha. Keď však UAV letí vyššie, úroveň detailov klesá. Použitím týchto pozorovaní ukážeme, že s jediným UAV je zmena nadmorskej výšky platnou stratégiou kontroly, ktorá môže urýchliť proces vyhľadávania. Jednou z otázok, ktorú skúmame, je vplyv nadmorskej výšky na stratégiu vyhľadávania.

Zohľadňujeme tiež rozdiely v kvalite senzorických údajov a tiež zohľadňujeme prítomnosť prekážok počas operácií vyhľadávania. Implicitne berieme do úvahy energetické obmedzenia tým, že sa pozrieme na stratégie vyhľadávania, ktoré minimalizujú čas na nájdenie obete.

Algoritmy vyhľadávania pre pátracie a záchranné operácie by mali byť schopné zvládnuť neistoty nasadenia v reálnom svete. Prístupy v reálnom čase sú preto vhodnejšie a možno ich rozdeliť do troch hlavných kategórií:

- 1) Chtivá heuristika
- 2) Heuristika založená na potenciáli
- 3) Heuristika založená na čiastočne pozorovateľnom

Markovom rozhodovacom procese (POMDP) [13]

V. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE KONŠTRUKCIE

Naše lety sa uskutočnili za pomoci jedného dronu značky DJI Mavic Pro. Lety sme si navrhli v programe DroneDeploy, kde je možné nastavovať letové údaje podľa potreby a aktuálnej situácie. Pre podmienky záchranných zložiek sme zvolili tri druhy povrchu hľadanej oblasti so stúpajúcou náročnosťou terénu. Prvé lety sa začali nad rovinou, ďalej sa prešlo k stúpajúcemu a zarastenému terénu a skončili sme v horskom teréne. Pri každom povrchu sme zvolili päť letových ciest s rôznymi východiskovými nastaveniami letu.

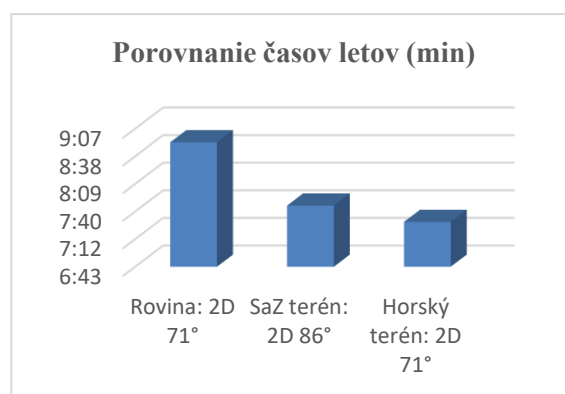
ZHODNOTENIE LETOV S NAJKRATŠÍM ČASOM ZA JEDNOTLIVÉ TERÉNY

Pri zhodnotení letov s najkratším časom za jednotlivé terény sme vybrali z každého terénu jeden let, ktorý mal najkratší čas. Pri rovine to bol smer letu 71°, pri stúpajúcom a zarastenom teréne 86° a pri horskom teréne to bolo 71°. Najkratší čas letu a najmenej fotiek sa podarilo pri lete nad horským terénom v smere 71°.

Ako sme už skôr zaznamenali, tak čím väčšia letová výška, tým môžeme letieť rýchlejšie a z toho nám automaticky vychádza aj kratší čas strávený vo vzduchu. Nastavenie letovej výšky je ľubovoľné, ale treba pri tom brať ohľad na legislatívu a daný terén, v ktorom ideme lietať. Pri letoch nad rovinou nie je potrebné letieť vo veľkej výške nad terénom a dbať ohľad na rôzne prekážky. Na rozdiel od letov v horskom teréne, kde sa často mení výška letu, keďže dron kopíruje terén a drží si danú počiatočnú letovú výšku nad prekážkou. Čas letu pri horskom teréne nám síce vyšiel najkratší, ale nemusí to znamenať, že sa nám v danom teréne podarí aj nájsť nezvestnú osobu najrýchlejšie.

Tabuľka 1: Zhodnotenie letov s najkratším časom za jednotlivé terény.

Typ terénu	Rovina	Stúpajúci a zarastený terén	Horský terén
Čas letu (min)	8:53	7:47	7:30
Letová výška (ft)	340	390	400
Rýchlosť pri mapovaní (mph)	27	31	31
Pokryté územie (akre)	55	55	55
Počet fotiek	120	90	86
Predné prekryvanie (%)	70	70	70
Bočné prekryvanie (%)	60	60	60
Smer letu (°)	71	86	71



Graf 1: Grafické porovnanie časov letov s najkratším časom.

Na rovine a navyše bez porastu by sme určite ľahšie a rýchlejšie našli nezvestnú osobu ako v horskom a zarastenom teréne. Dá sa teda povedať, že jeden z najdôležitejších parametrov pri mapovaní terénu a hľadaní nezvestnej osoby je práve nastavenie vhodnej letovej výšky. Ostatné už v podstate závisí od

pozorovacích vlastností pilota dronu a samozrejme dostupnej techniky, či sa už jedná o dron samotný a jeho vybavenie alebo o rýchlosť prenosu dát cez internet z drona k príslušným záchranným stanovištam.

VI. ZÁVER

Drony sa posledné roky tešia čoraz väčšej sláve a ich využitie by sme našli už skoro v každej sfére života počnúc od stavebníctva, poľnohospodárstva až po silové a záchranné zložky. Práve silové a záchranné zložky sú časť, ktorej sme sa venovali v rámci diplomovej práce. Prvé bezpilotné vzdušné prostriedky sa využívali už od polovice 19. storočia a boli späté s vojnovým konfliktom, čiže už od svojho počiatku ich využívala armáda. Záchranné zložky sa k nim dostali až o mnoho rokov neskôr a viac ich začali využívať až v 21. storočí. Dá sa teda povedať, že záchranné drony sú pomerne mladý pojem a ich využitie je možné posunúť na vyšší level. Cieľom tejto práce je ich využitie vrámcí vopred naplánovanej letovej cesty za účelom čo najrýchlejšieho nájdenia nezvestnej osoby.

V teoretickej časti sme najprv analyzovali aktuálny stav problematiky dronov od ich histórie, rozdelenia až po využitie, kde sme podrobnejšie opísali mapovanie povrchových objektov a letecký monitoring. Ďalšou kapitolou bola platná legislatíva pre UAV. Význam legislatívy sme opísali hneď na začiatku kapitoly a pokračovali vývojom legislatívy, kde sme opisovali legislatívu, ktorá by mala celoeurópsku platnosť. Zistili sme, že takéto spoločné pravidlá ešte nie sú, takže pravidlá, ktoré platia v jednom štáte nebudú platiť v druhom. Dobrá správa je, že sa pracuje na spoločnej legislatíve, ktorá by zjednocovala štáty Európskej únie a mala by byť platná už čoskoro. Hlbšie sme sa ale venovali platnej legislatíve pre Slovenskú republiku, ktorá má nové pravidlá platné od novembra 2019.

V ďalšej kapitole rozoberáme využívanie UAV v podmienkach záchranných a silových zložiek. Najväčšiu časť tu tvoria konkrétne prípady zo zásahov zatiaľ jediného drona v službách HaZZ. Na základe osobného stretnutia s Npor.Bc. Martinom Kravcom, ktorý bol donedávna aj jediným držiteľom osvedčenia pre pilotovanie bezpilotných prostriedkov z HaZZ, sme získali cenné informácie ohľadom dronu a zásahov, kde bol privolaný na pomoc. Vďaka tomuto stretnutiu sa nám podarilo lepšie pochopiť ako a akým spôsobom sa využíva dron pri rôznych zásahoch, či už je to v boji proti ohňu alebo pri pátraní po nezvestných osobách.

Po tejto časti sa dostávame ku kapitole o návrhu letovej cesty a polygónu letov vzhľadom na optimálne splnenie daných požiadaviek. Bližšie tu rozoberáme rozklad polygónovej oblasti a efektívnych algoritmov pokrytia. Kapitolu končíme možnosťou využitia do budúcnosti, ktorou je simulácia a implementácia pre 3 UAV. Keďže sú naše možnosti s dronmi obmedzené, tak to zostalo len pri simulácii a odporúčame reálne využitie do budúcnosti pre ešte efektívnejšie pokrytie územia.

Vzhľadom na spomenuté okolnosti a dosiahnuté poznatky sme navrhli riešenie pri využití UAV pre podmienky záchranných zložiek, ktoré smerujú k efektívnemu pokrytiu územia a vyhľadávaniu nezvestných osôb. Konkrétne sa jedná o navrhnutie letovej cesty, ktorú by dron zaletel v čo najkratšom čase. Navrhli sme riešenie pre tri druhy najbežnejšieho terénu a

pre každý spravili päť letov, kde sme menili niektoré východiskové nastavenia, aby sme mohli jednotlivé lety a terény porovnať. Navrhnuté riešenia nám nebolo umožnené odlietať kvôli koronavírusu COVID -19 a tak zostali len v teoretickej hladine. Pre každý let sme mali naplánované ešte doplnenie údajov o čase, ktorý by sme potrebovali na nájdenie nezvestnej osoby. Jasne by sme tu preukázali rozdiel pri hľadaní nezvestnej osoby v rovinnom teréne, v stúpajúcom a zarastenom teréne a v horskom teréne. Z výsledných údajov vieme dané terény porovnať z časového hľadiska len v teoretickej rovine. Z časového hľadiska nám vychádzali najlepšie podmienky pri horskom teréne, čo bolo zapríčinené najväčšou letovou výškou a väčšou rýchlosťou mapovania.

Počas tvorby tejto diplomovej práce sme usporiadávali a zhromažďovali údaje a literatúru, ktorá môže byť nápomocná pri ďalších výskumoch a využití do budúcnosti. Berúc do úvahy uvedené fakty môžeme konštatovať, že bez overenia letových ciest v praxi nemôžeme s určitosťou povedať, že ktoré zo zvolených nastavení je najefektívnejšie pre naše využitie UAV. Odporúčame dokončiť výskum navrhnutých letov v praxi a nadviazať na to implementáciou viacnásobným kooperatívnym vyhľadávaním s viacerými UAV, ako to bolo spomenuté v jednej z kapitol.

POĎAKOVANIE

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

REFERENCIE

- [1] Súčasný stav riešenia problematiky [online]. Dostupné na internete: <https://vedanadosah.cvtsr.sk/navrh-a-konstrukcia-bezpilotneho-lietajuceho-zariadenia>
- [2] A historical perspective [online]. Dostupné na internete: <https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/combatsudies-institute/csi-books/OP37.pdf>
- [3] KARAS, J. – TICHÝ, T. 2016. DRONY. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2016. 264 s. ISBN 978-80-251-4680-4.
- [4] Etické a legislatívne problémy využívania dronov [online]. Dostupné na internete: http://cogsci.fmph.uniba.sk/kuz2017/files/zbornik/Budinsk_a.pdf
- [5] ŠKULTÉTY, F., BADÁNIK, B., BARTOŠ, M., KANDERA, B. 2018 Design of Controllable Unmanned Rescue Parachute Wing. [online]. Elsevier B.V., 2018. [cit. 2020-5-26] Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518303661>
- [6] PECHO, P., AŽALTOVIČ, V., KANDERA, B., BUGAJ, M. 2019 Introduction study of design and layout of UAVs 3D printed wings in relation to optimal lightweight and load distribution [online]. Elsevier B.V., 2019. [cit. 2020-5-27] Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519302881>
- [7] PECHO, P., ŠKVAREKOVÁ, I., AŽALTOVIČ, V., BUGAJ, M. 2019 UAV usage in the process of creating 3D maps by RGB spectrum [online]. Elsevier B.V., 2019. [cit.

2020-5-27] Dostupné na internete:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519306155>

- [8] ŠKULTÉTY, F., KANDERA, B. 2019 Zmena legislatívnych požiadaviek prevádzky bezpilotných lietajúcich prostriedkov v Slovenskej republike [online]. Dostupné na internete: <http://82.119.102.197:8080/webisnt/fulltext/clanky/PTaP2019-3/C5%A0KULT%C3%89TY,%20KANDERA%20%20Zmena%20legislat%C3%ADvnych%20po%C5%BEiadaviek%20prev%C3%A1dzky%20bezpilotn%C3%BDch.pdf>
- [9] Drony v službách štátu [online]. Dostupné na internete: <https://zive.aktuality.sk/clanok/144697/drony-v-sluzbach-statu-ako-su-na-tom-slovenski-hasici-a-policia/>
- [10] 9 spôsobov ako drony pomáhajú ľuďom po celom svete [online]. Dostupné na internete: <https://soda.o2.sk/lifetech/technologie/9-sposobov-ako-drony-pomahaju-ludom-po-celom-svete/>
- [11] Drony zachraňujú ľudské životy [online]. Dostupné na internete: <https://www.rcprofi.sk/poradna/drony-zachranuju-ludske-zivoty>
- [12] PECHO, P., MAGDOLENOVÁ, P., BUGAJ, M. 2019 Unmanned aerial vehicle technology in the process of early fire localization of buildings [online]. Elsevier B.V., 2019. [cit. 2020-5-27] Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519302303>
- [13] Supporting Search and Rescue Operations with UAVs [online]. Dostupné na internete: https://www.researchgate.net/publication/228954615_Supporting_Search_and_Rescue_Operations_with_UAVs
- [14] BUGAJ, M. 2015. Aeromechanika 1: základy aerodynamiky. Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.
- [15] KOVÁČIK, L., NOVÁK, A., KAZDA, A. & LUSIAK, T. 2019. Automatic commercial aircraft formation flight. NTinAD 2019 - New Trends in Aviation Development 2019 - 14th International Scientific Conference, Proceedings 8875618, pp. 106-109
- [16] HAVEL, K., BALINT, V. & NOVÁK, A. 2017. A number of conflicts at route intersections - Rectangular model. Communications - Scientific Letters of the University of Žilina 19(2), pages 145-147
- [17] KURDEL, P., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A., LUBUN, J. 2019. UAV flight safety close to the mountain massif. Transportation Research Procedia, Volume 43, 2019, Pages 319-327, ISSN 2352-1465.

Martin Leitner – narodený 10.6.1992 v Banskej Bystrici, od roku 2007 do roku 2011 študoval na Gymnázium Andreja Sládkoviča v Banskej Bystrici, odbor Informatika. Následne v roku 2011 začal navštevovať Univerzitu Mateja Bela v Banskej Bystrici, kde v odbore Prekladateľstvo a tlmočníctvo (AJ – NJ) zdokonalil svoje jazykové schopnosti. Po krátkej pauze konečne našiel správnu cestu a v roku 2015 nastúpil na Žilinskú univerzitu v Žiline, v odbore 5.2.59 doprava, pričom sa zamerával na št. program letecká doprava. V súčasnosti pracuje pre Austrian Technik ako Plánovač údržby.

OBCHODNÉ A PERSONÁLNE VZŤAHY V LETECTVE**BUSINESS AND PERSONAL RELATIONS IN AVIATION****Mária Lešková**Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
marialesko96@gmail.com**Alena Novák Sedláčková**Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
alena.sedlackova@fpedas.uniza.sk

Abstract – *The paper is focused on business and personal relations in the air transport. The aim was to define the basic legal framework of aviation business. The most important was to identify the condition and regulations for airlines and air school licencing, operation permission for non- commercial aviation- special aerial works and operation permission for airports. The paper deals with contractual relations that have an impact on the business of airlines and are necessary for the proper functioning of air transport. The work points out the most important statutes of international, European or national legal rules which regulate relations in civil aviation, whether commercial or personnel. According to business obligations which are related to trade and business of commercial companies- airlines or airports, or in terms of personnel relations between employee and employer, which are mostly regulated by the Labor Code in the Slovak Republic.*

Key words – Agreements, Contract, Legal actions, Business relations, Commercial Code, Personnel relations, Labour Code, Airlines, Airports, Aviation Business

1. ÚVOD

Medzinárodná letecká doprava má zásadný vplyv na rozvoj medzinárodných vzťahov. Vzhľadom na svoju multidisciplinárnosť, globálnosť a nevyhnutnosť profesionálneho vzdelávania pracovníkov patrí k jedným z najkomplexnejších odvetí. Dôležitá je regulácia, liberalizácia, medzinárodná koordinácia a miestna pôsobnosť právnych noriem, na základe ktorých sa stali aj obchodné a personálne vzťahy neodmysliteľnou súčasťou civilného letectva a prispeli k jej rozvoju.

V civilnom letectve sa riadi každý letecký podnik, svojím predmetom podnikania, ktorý je upravený medzinárodnou a európskou legislatívou. Riadi sa aj predpismi a pravidlami na základe, ktorých bol založený respektíve vznikol, a riadi sa právnymi normami štátu, podľa toho kde sa nachádza ich sídlo, respektíve, kde sú registrované. Letecká doprava spolupracuje pri svojej činnosti aj s mnohými medzinárodnými vládnymi aj nevládnymi organizáciami.

V práci sa zameriavame na letecké spoločnosti a letiská, ktoré spolu s prevádzkovateľmi leteckých navigačných služieb tvoria základ civilného letectva a poukazujeme aj na súbežné súperenie subjektov na trhu, ktoré tvorí základ pre slobodné rozvíjanie podnikateľskej činnosti v záujmu dosiahnutia hospodárskej súťaže.

Na Slovensku sa riadime hlavne zákonom č. 513/ 1991 Zb. Obchodným zákonníkom (ďalej len “Obchodný zákonník”), ako aj zákonom č. 311/ 2001 Z.z. Zákonníkom práce (ďalej len “Zákonník práce”) a hlavne zákonom č. 143/ 1998 Z.z. o civilnom letectve v znení neskorších predpisov (ďalej len “letecký zákon”) a nariadeniami Európskej Únie ako sú napr. nariadenie (ES) č. 965/ 2012 (ďalej len “nariadenie č. 965/ 1996”), ktorým sa ustanovujú technické požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa leteckej prevádzky podľa nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 216/ 2008 o spoločných pravidlách v oblasti civilného letectva a o zriadení Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva. V rámci licencovania leteckého prevádzkovateľa AOC, nariadenie Európskeho parlamentu (ES) č. 1008/ 2008 z 24. septembra 2008 o spoločných pravidlách prevádzky leteckých dopravných služieb v Spoločenstve (ďalej len “nariadenie č. 1008/ 2008”).

2. OBCHODNÉ VZŤAHY V MEDZINÁRODNEJ LETECKEJ DOPRAVE A ICH CHARAKTER

Dôležité obchodné vzťahy, upravované na medzinárodnej aj národnej úrovni boli základom a výsledkom rokovaní na konferencii v Chicagu v roku 1944. Chicagská konferencia docielila vypracovanie viacerých dôležitých medzinárodných dohovorov, ale navrhla aj štandard medzinárodnej leteckej dohody. Medzi dôležité dohody patria: Dohoda o tranzite medzinárodných leteckých dopravných služieb, Dohovor o medzinárodnom civilnom letectve, Dohoda o medzinárodnej leteckej doprave a zaviedli sa základné ustanovenia pre takzvané slobody vzduchu.

Letecká doprava bola na začiatku svojho vývoja charakterizovaná hlavne svojou uzavretosťou a striktnou reguláciou a rozvíjala sa pod ochranou a kontrolou štátnych orgánov, kedy letiská patrili štátu a letecké spoločnosti patrili prevažne monopolným štátnym dopravcom.

Vlády jednotlivých štátov neboli ochotné vzdať sa kontroly nad svojimi vnútroštátnymi cestami, sprísňovala sa

kontrola a letecká doprava prestávala byť v súlade s rastúcou životnou úrovňou a dopytom. Postupne sa začali vytvárať nové typy spoločností, začali sa navrhovať nové liberalizačné opatrenia, ktoré sa stali súčasťou pravidiel a noriem EÚ na základe, ktorých sa prispelo k docieleniu rovnováhami medzi spotrebiteľmi a odvetím. Leteckí dopravcovia tak často nemali priamy manuál ako majú uzatvárať jednotlivé zmluvy. Išlo tak o nepriame vytváranie pomocou kombinácie niektorých právnych predpisov a zmlúv do jedného celku [1].

BILATERÁLNE MEDZINÁRODNÉ DOHODY

V nadväznosti na výsledky Chicagskej konferencie, sa ustanovili základné piliere pre medzinárodné civilné letectvo v bilaterálnych medzinárodných dohodách medzi dvoma štátmi. Pomocou nich sa zvýšila efektívnosť fungovania leteckých dopravných služieb a stanovili sa jednotné podmienky prístupu na trh leteckých dopravcov členských štátov. Vytvorili sa rovnaké príležitosti pri poskytovaní služieb leteckým dopravcom, ktorí boli vybraný a stanovený počtom z každej strany štátu na stanovených tratiach [2].

Štandard bilaterálnych dohôd obsahoval aj vymedzenie bodov, ktoré sa vymedzili pre využitie leteckých služieb medzi dvoma krajinami, respektíve medzi vybranými letiskami. Na základe reciprocit mohla mať zmluvná strana vlastné zastúpenie technicko- obchodného personálu alebo iného personálu, ktorého potrebujú na svoju leteckú prevádzku na mieste, kde prevádzkuje druhá zmluvná strana [3].

DOHODY O OTVORENOM TRHU A OTVORENOM NEBI

Hlavným cieľom spoločnej politiky medzi EÚ a USA boli zrušenie všetkých existujúcich obmedzení a vytvorenie neobmedzeného toku príležitostí leteckých služieb pre obidva trhy, aby sa zvýšil trhový podiel leteckých dopravcov. Dohoda o otvorenom nebi "Open sky" sa stala po sérii rokovanií jednou z najdôležitejších dohôd z hľadiska uzatvárania medzinárodných zmlúv Európskeho Spoločenstva s tretími štátmi na vykonávanie leteckej obchodnej dopravy z akéhokoľvek letiska na akéhokoľvek druhé letisko a naopak (USA – EÚ). V tabuľke č.1 môžeme vidieť hlavné charakteristiky dohôd otvorený trh a otvorené nebo.

Tabuľka 1: Porovnanie dohôd "otvorený trh" a dohôd "otvorené nebo". Zdroj: [4]

	Otvorený trh (1978 – 1991)	Otvorené nebo (1992 – súčasnosť)
Prístup k trhu	Neobmedzený počet aerolínií Aerolínie USA: možnosť lietieť z ľubovoľného letiska v USA na vymedzené letiská v druhej krajine Aerolínie EÚ: prístup iba na limitovaný počet letísk v USA	Neobmedzený počet aerolínií Neobmedzený počet vstupných letísk

Letecké slobody	Rozsiahle udelenie 5. leteckej dohody	Plné udelenie 5. leteckej slobody
Kapacita	Bez obmedzenia Zmena lietadla v zahraničí povolená v niektorých dohodách	Bez obmedzenia Zmena lietadla v zahraničí povolená
Cenotvorba	Dvojitý nesúhlas, resp. pravidlo krajiny pôvodu	Voľná cenotvorba
Code-sharing	Nezahrnutý v dohodách	Povolený

SPOLOČNÁ DOPRAVNÁ POLITIKA

Cieľom spoločnej dopravnej politiky je postupné vytváranie spoločného dopravného trhu umožňujúceho jeho otvorenie a slobodu za účelom ochrany vnútorného trhu a hospodárskej súťaže. Z právneho hľadiska ide o postupnú koordináciu, harmonizáciu a unifikáciu právnych predpisov na základe nariadení Rady (EHS) č. 2407/ 1992 o vydaní licencií leteckým dopravcom, nariadení č. 2408/ 1992 o prístupe dopravcov Spoločenstva k letovým trasám v rámci spoločenstva a nariadení č. 2409/ 1992 o cestovnom a sadzbách za letecké služby, ktoré sa v súčasnosti nahradili nariadením Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1008/ 2008 o spoločných pravidlách prevádzky leteckých dopravných služieb v Spoločenstve. Pojem leteckí dopravcovia boli nahradení pojmom leteckí dopravcovia Spoločenstva a stanovilo sa voľné cestovné pre cestujúcich, tovar a poštu [5].

Stanovili sa tiež požiadavky, ktoré musia spĺňať leteckí dopravcovia na základe nariadenia č. 1008/ 2008 o licencovaní, získal sa voľný prístup k prepravným trhom a neobmedzená sloboda výberu liniek.

3. NÁRODNÝ RÁMEC PRE PODNIKANIE V LETECTVE V SR

Vlastníctvo obchodnej spoločnosti alebo vlastníctvo podniku ako aj jeho forma do značnej miery ovplyvňuje výkonnosť obchodnej spoločnosti, pretože rôzni vlastníci, respektíve spoločníci sledujú rôzne ciele a nakladajú s rôznymi podnetmi. Slovenská republika v rámci civilného letectva využíva dve najčastejšie formy obchodných spoločností ako je spoločnosť s ručeným obmedzeným s.r.o. a akciová spoločnosť a.s.. Samotnou kapitolou sú v tomto prípade letiskové spoločnosti, ktoré majú charakter a.s. v súlade s Obchodným zákonníkom, ale upravuje ich aj zákon č. 136/ 2004 Z.z o letiskových spoločnostiach.

Základným predpokladom pre vznik obchodnej spoločnosti je zápis do Obchodného registra, ktorý zaznamenáva právnu formu podniku, IČO, sídlo spoločnosti, predmet podnikania, mená štatutárnych zástupcov, ich trvalé bydliská, výšky vkladov, rozsah splatenia vkladov a všetky dátumy, ktoré poukazujú na zmeny v spoločnostiach [6]. Pre prvotný vznik, ešte pred zápisom do OR, sú dôležité ustanovenia a dohody medzi spoločníkmi, ktoré sú v práci rozobraté podrobnejšie.

Tabuľka 6: Základné porovnanie výhod a nevýhod pri založení spoločnosti s.r.o. a a.s. Zdroj: [6].

	A.S.	S.R.O.
Výhody	<ul style="list-style-type: none"> -Relatívna anonymita akcionárov -Neobmedzený počet akcionárov -Jednoduchšie získanie kapitálu -Akciónár neručí za záväzky -Súd neskúma daňových dlžníkov ani dlžníkov sociálnej poisťovne -„Image“ spolaheľného partnera 	<ul style="list-style-type: none"> Zákaz konkurencie Spoločník ručí za záväzky spoločnosti do výšky nesplateného vkladu Základné imanie 5 000 eur (750 eur na osobu) 1-50 spoločníkov Spoločnosť nezaniká smrťou spoločníka Väčší počet zamestnancov, obratu, pohľadávok a záväzkov Nemusi vytvárať rezervný fond 1 osoba = zakladateľ/ spoločník/ konateľ Úradne osvedčenie podpisov (v niektorých prípadoch sa nevyžaduje)
Nevýhody	<ul style="list-style-type: none"> Vysoké investície finančného aj administratívneho charakteru Vyššia kapitálová náročnosť (až 5x viac ako pri s.r.o.) Vysoký súdny poplatok pri založení Rezervný fond vo výške 10% zo základného imania Minimálne 4 osoby (3x dozorná rada, 1 x člen predstavenstva) Notárska zápisnica Vysoké vlastné imanie 25 000 eur 	<ul style="list-style-type: none"> Súd skúma povest' v zozname daňových dlžníkov, u sociálnej poisťovne a clo (nesmie mať dlh viac ako 170 eur) 1 osoba iba 3 s.r.o.

LETISKOVÉ SPOLOČNOSTI A LETISKÁ

Založenie, vznik, postavenie a právne pomery letiskovej spoločnosti a.s. upravuje Obchodný zákonník a zákon

o letiskových spoločnostiach. Zákon poukazuje na to, že akcie znejú na meno a nie sú verejne obchodovateľné (sú vedené ako zaknihované papiere). Okrem toho môže letisková spoločnosť vykonávať aj inú činnosť podľa zákona č. 455/ 1991 Zb. o živnostenskom podnikaní, podľa jeho predmetu podnikania.

Dôležitým faktorom je, že letiskovú infraštruktúru môže mať vo vlastníctve iba štát alebo letisková spoločnosť, ktorá spadá pod ministerstvo, v prípade SR ide o Ministerstvo dopravy a výstavby SR. Infraštruktúra za vzťahuje na pozemky a všetky vybudované pohybové plochy s príslušenstvom (navigačné svetlá, navigačné prostriedky), v niektorých prípadoch aj terminály.

Na letiskovú infraštruktúru neexistuje záložné právo, čo znamená, že nepodlieha výkonom ako je exekúcia alebo konkurz na jej majetok [7].

Regulačný, ale aj právny rámec v EÚ sa podstate líši, záleží od jednotlivých letísk. Rozdiely sú hlavne v otázke vlastníctva a financovania. V úzkej spolupráci s orgánmi verejnej moci sú často prevádzkované regionálne letiská. V prípade verejných medzinárodných letísk, môže ísť o vlastníctvo štátu, samosprávneho kraja alebo mesta. Letiská spravujú letiskové spoločnosti alebo iné obchodné spoločnosti zo súkromného sektora. Na základe Obchodného zákonníka, ako aj zákona o letiskových spoločnostiach vznikli akciové spoločnosti, ktoré sa považujú za prevádzkovateľov letiska, ktorí musia splniť určité podmienky, aby dostali licenciu na prevádzkovanie a mohli poskytovať aj iné služby ako sú letiskové služby. Ide o služby, ktoré sa považujú z právneho hľadiska za leteckú činnosť, služby komerčného charakteru, pomocné služby, služby cestujúcim alebo prenájom priestorov. Môžeme podotknúť, že v prípade založenia letiska ako a.s. prostredníctvom zákona o letiskových spoločnostiach ide o prechod z príspevkovej organizácie na akciovú spoločnosť. V tabuľke 3. môžeme vidieť jednotlivé medzinárodné Slovenské letiská a ich prevádzkovateľov.

Tabuľka 7: Slovenské medzinárodné letiská a ich prevádzkovatelia. Zdroj: [Autor]

Letisko	Prevádzkovateľ
Letisko Bratislava	Letisko M.R Štefánika – Airport Bratislava, a.s. (BTS)
Letisko Košice	Letisko Košice – Airport Košice, a.s. (66% KSC Holding, a.s. a 34% SR)
Letisko Poprad	Letisko Poprad- Tatry, a.s.
Letisko Sliač	Letisko Sliač, a.s. Vlastníkom je štát ale o odbavenie cestujúcich, plnenie leteckých pohonných hmôt a obchodný handling má na starosti a.s.
Letisko Žilina	Letisková spoločnosť Žilina, a.s.

Letisko Piešťany	Trnavský samosprávny kraj 59,31 %
	Slovenská republika 20,65 %
	Mesto Piešťany 20,04 %

Prevádzkovanie letiska je možné len na základe povolenia na prevádzku, ktoré vydáva Dopravný úrad. Žiadosť o vydanie povolenia na prevádzkovanie letiska musí obsahovať tieto informácie:

- návrh Letiskovej prevádzkovej príručky,
- bezpečnostný program letiska
- vyjadrenia všetkých dotknutých osôb
- orgánov štátnej správy (súhlasy obcí, Okresného úradu- odboru životného prostredia, hygienika),
- doklad o odbornej spôsobilosti, o bezúhonnosti a majetkovo- právnom vzťahu k ploche letiska,
- hluková štúdia spracovaná oprávnenou osobou,
- ochranné pásma (v prípade verejného letiska),
- kolok za schválenie letiskovej prevádzkovej príručky vnútroštátneho letiska pre všeobecné letectvo, kolok za schválenie bezpečnostného programu verejného letiska, na ochranu civilného letectva a kolok za vydanie rozhodnutia o povolení na prevádzkovanie verejného alebo neverejného letiska so vzletovou a s pristávaciu dráhou bez svetelného zariadenia [8].

LETOVÉ PREVÁDZKOVÉ SLUŽBY

Letové prevádzkové služby SR, štátny podnik, sú definované prostredníctvom leteckého zákona, ktorý sa odvoláva na záväzný predpis Annex 11, respektíve L 11 o Letových prevádzkových službách, ktorý vydáva Ministerstvo dopravy a výstavby SR. LPS ako štátny podnik je definovaný zákonom č. 111/ 1990 Zb. o štátnom podniku v platnom znení. Jeho majetkové práva patria štátu. Štátny podnik spravuje veci, stará sa o nich, udržiava ich a nakladá v súlade s právnymi predpismi.

LPS ako štátny podnik vstupuje do právnych vzťahov vo vlastnom mene a na vlastnú zodpovednosť a je napojený na štátny rozpočet, štátny fond alebo na rozpočet miestneho orgánu štátnej správy.

Zákon o štátnom podniku nám poukazuje na uhradenie potrieb a nákladov spojených s podnikateľskou činnosťou, ale poukazuje aj na príjmy, ktoré podnik získava zo svojej podnikateľskej činnosti, ktoré ho nezbavujú daňových povinností voči štátnemu rozpočtu. V praxi to znamená, že je štátny podnik povinný vykonávať osobitný odvod do štátneho rozpočtu zo zisku po zdanení a musí vytvárať povinne rezervný fond, ktorý je určený ako opatrenie pred nepriaznivým priebehom hospodárenia alebo na krytie strát, vyplývajúce z neho. Podnik musí viesť účtovníctvo, zostaviť každý rok ročnú a mimoriadnu účtovnú závierku ako výročnú správu a tiež musí informovať o výškach

ročných odmien riaditeľa podniku, o výškach podielu na zisku podniku, o výškach ročnej odmeny členov dozornej rady a o výškach podielov na zisku samostatného podniku a o zmluvách schvaľovaných dozornou radou podniku [9].

LICENCOVANIE LETECKÝCH SPOLOČNOSTÍ

Leteckú dopravu za odplatu môže prevádzkovateľ vykonávať len na základe prevádzkovej licencie, ktorá je vydaná podľa § 37 Leteckého zákona v súlade s nariadením č. 1008/ 2008 a na základe nariadenia č. 965/ 2012. Tento zákon a nariadenia poukazujú na to, že prevádzkovú licenciu je možné získať iba na ich právnom základe. Na tomto základe je možné získať prevádzkovú licenciu len pre dve kategórie lietadiel:

- prvá kategória sú lietadlá s maximálnou vzletovou hmotnosťou menšou ako je 10 ton, s kapacitou najviac 20 cestujúcich,
- druhá kategória sú lietadlá s maximálnou vzletovou hmotnosťou väčšou ako je 10 ton, s kapacitou pre 21 a viac cestujúcich.

Letecký zákon uvádza, že leteckým prevádzkovateľom je:

- podľa § 2 písm. e) „prevádzkovateľom lietadla je právnická osoba alebo fyzická osoba, ktorá používa lietadlo ako vlastník alebo na inom právnom základe a ktorá zodpovedá za zaistenie bezpečnosti jeho prevádzky“,
- podľa § 12 písm. l) „právnická osoba alebo fyzická osoba môže prevádzkovať lietadlo ako letecký dopravca len na základe osvedčenia leteckého prevádzkovateľa vydaného Dopravným úradom; v osvedčení určí typ lietadla, rozsah povolenej činnosti a podmienky na jej vykonávanie“,
- podľa § 2 písm. f) „prevádzkovateľ lietadla, ktorý je držiteľom osvedčenia leteckého prevádzkovateľa alebo povolenia na vykonávanie leteckej činnosti za odplatu“ [10].

Osvedčenie leteckého prevádzkovateľa AOC je vydané leteckej spoločnosti podľa príslušných ustanovení právnych predpisov Spoločenstva podľa nariadenia 965/ 2012. Celý postup vydania AOC sa člení na 4 etapy.

Bez tohto oprávnenia a licencie nesmie žiadny podnik prepravovať cestujúcich tovar a poštu za odplatu s výnimkou miestnych letov a leteckých dopravných služieb vykonávaných bezmotorovými alebo ultraľahkými motorovými lietadlami.

ZÁKLADNÉ ZMLUVY, KTORÉ VZNIKAJÚ V SÚVISLOSTI S PODNIKANÍM V LETECTVE

Medzi obchodné vzťahy patria aj vzťahy pri prevádzkovaní letiska, letiskových spoločností ako podnikov, ale dôležité sú aj vzťahy a služby s nimi spojené, ktorých podstatou je uzatvorenie rôznych typov zmlúv. V práci rozoberáme obsah týchto typov zmlúv:

- zmluva na kúpu lietadla
- handlingová zmluva
- cateringová zmluva
- zmluva o poskytovaní služieb.

4. PERSONÁLNE VZŤAHY V LETECTVE

Medzi dôležité personálne vzťahy v leteckej doprave, ktoré patria do súkromnej sféry, zaraďujeme pracovnoprávne vzťahy medzi zamestnávateľom a zamestnancom, ktorí musia dodržiavať určité pravidlá. Tieto vzťahy sú štandardne upravené v SR Zákonníkom práce. Medzi základné zásady tohto predpisu patrí právo na prácu, právo na slobodnú voľbu zamestnania, právo na spravodlivé a uspokojivé pracovné podmienky, právo na ochranu proti nezamestnanosti, a právo na ochranu proti akejkoľvek forme diskriminácie (či už na základe veku, pohlavia, náboženstva, viery, sociálneho postavenia, vzhľadu alebo rasy). Zamestnanci vykonávajú prácu a povinnosti s prácou spojené v súlade s dobrými mravmi [11].

V práci do značnej miery opisujeme podľa tohto zákona celý vývoj pracovnoprávných vzťahov, pracovných zmlúv, dohôd, podmienok pri výkone práce, ale aj podmienok ukončenia pracovného pomeru medzi zamestnávateľom a zamestnancom. Zameriavame sa aj na práva a povinnosti zamestnávateľa a zamestnanca, a jeho pracovný čas a prestávky, dovolenky a voľné dni, a základné práva na odstupné, a tiež popisujeme kolektívnu zmluvu.

Pri pracovnoprávných vzťahov, ktoré vznikajú na základe špecifických zákonov, podľa sídla spoločnosti a upravujú sa jednotlivito, je dôležité spomenúť, že letectvo špecifikuje v rámci zamestnania, ale aj iné formy. Mnohé európske krajiny v posledných rokoch zaznamenávajú výrazne zmeny v oblasti foriem zamestnania a organizácie pracovnej doby. Hlavným príkladom je výkon povolania pilota, ktoré nie vždy je vykonávané ako pracovnoprávny vzťah, ale môže sa vykonávať aj na základe obchodného vzťahu, kedy pre leteckú spoločnosť sa stalo jednoduchšie uzavrieť zmluvu o poskytnutí služieb „pilota“ ako „outsourcing“ než riešiť pracovnú zmluvu, kedy samozrejme na pracovný pomer sú naviazané aj ďalšie predpisy, ktoré sa týkajú zdravotného poistenia, sociálneho poistenia a pod.

V prípade pilotov ide o poskytovanie služieb obchodného a dopravného pilota. Kedy každé poskytovanie služby sa musí vykonávať riadne, poctivo a odborne. Pilot tak ponúka leteckým spoločnostiam svoju prácu, svoje vedomosti a svoje schopnosti, prípadne využitie svojho materiálneho substrátu. Túto formu využívajú najčastejšie zahraničné letecké spoločnosti. Druhá forma vykonávania práce pilota je založená na základe štandardnej pracovnej zmluvy, ktorá je v súlade so Zákonníkom práce, a síce sa ani v tomto prípade nepovažuje za čistý štandard. Takúto formu využívajú napríklad AirExplore a Go2Sky, čiže slovenské letecké spoločnosti v súlade s doplnčujúcim zákonom o organizácii pracovného času v doprave. Základom na vytvorenie pracovnoprávných vzťahov je vytvorenie najjednoduchšej a najprehľadnejšej formy, aby sa predišlo prípadným nedorozumeniam.

VÝKON PRÁCE VO VEREJNOM ZÁUJME

Pri výkone práce vo verejnom záujme sa vzťahuje Zákonník práce, ak zákon č. 552/2003 Z.z. o výkone práce vo verejnom záujme alebo iný právny predpis neustanovuje inak. Vzťahuje sa na zamestnancov štatutárneho orgánu, právnické osoby zriadené zákonom, štátnym orgánom, obcou alebo vyšší územným celkom, právnické osoby ktorým bola, podľa zákona zverená právomoc rozhodovať o právach a povinnostiach fyzických alebo právnických osôb vo verejnej správe.

V praxi to znamená, že zamestnanci vo verejnom záujme okrem povinnosti, ktoré musia dodržiavať na základe Zákonníka práce, musia dodržiavať aj špecifikácie, odchýlky a povinnosti na základe zákona č. 552/ 2003 Z.z., ktorého hlavným cieľom je zabezpečenie ochrany verejného záujmu, majetkový prospech alebo iný prospech pre všetkých občanov alebo väčšinu z nich. Nadväzujúci zákon o odmeňovaní zamestnancov vo verejnom záujme je zákon č. 553/ 2003 Z.z. o odmeňovaní niektorých zamestnancov pri výkone práce vo verejnom záujme, ktorý vymedzuje kvalifikačné predpoklady, platy zamestnancov, príplatky a rozdeľuje ich do platových tried. Pracovnoprávne vzťahy pri výkone práce vo verejnom záujme sa do značnej miery líšia od súkromnou právnych vzťahov, čo naznačuje aj fakt, že priamo podriadenými alebo nadriadenými nesmú byť blízke osoby.

5. ZÁVER

V prvej a druhej časti práce analyzujeme obchodné vzťahy v medzinárodnej leteckej doprave a ich charakter, kde ide skôr o vymedzenie a stručnú charakteristiku kľúčových dohôd a noriem v civilnom letectve, ktoré sa postupne rozvíjali. Rozoberáme dohody a otvorenom trhu a otvorenom nebi medzi členskými štátmi a tretími štátmi, ktoré poukazujú na to, že v niektorých prípadoch ide o stret rôznych záujmov, a že niektoré zmluvy sa vytvárajú na základe kompromisov. Napríklad pri uspokojivom dosiahnutí jednotného uplatnenia právnych predpisov na úrovni jednotlivých štátov, a pri uplatnení v Spoločenstve na základe spoločnej dopravnej politiky.

V tretej časti práce rozoberáme národný rámec pre podnikanie v letectve v SR. Uvádžame podmienky vzniku a zániku jednotlivých obchodných spoločností v našom prípade leteckých spoločností, letiskových spoločností (letísk) a služieb poskytujúcich letecké prevádzkové služby podľa Obchodného zákonníka, ktorý upravuje špecifikované majetkové a osobnomajetkové vzťahy. Analyzujeme ich povinnosti, výhody, nevýhody a práva voči štátu. Tretia kapitola sa zameriava na právne podmienky, ktoré je potrebné splniť, aby jednotlivé spoločnosti podnikajúce v letectve získali osvedčovanie (licenciu) na vykonávanie leteckej dopravy, leteckých škôl, prevádzkové povolenie alebo rozhodnutie o vykonávaní leteckých prác v súlade s európskymi ako aj národnými právnymi predpismi ako napr. v prípade licencovania leteckých prevádzkovateľov. Venujeme sa aj právnej genéze a hierarchii jednotlivých obchodno- záväzkových vzťahov medzi leteckou spoločnosťou a spoločnosťami poskytujúcimi napr.

handlingové a cateringové služby so zameraním na právnu formu zmlúv.

Štvrtá kapitola je zameraná na charakteristiku personálnych vzťahov medzi leteckou spoločnosťou a pilotom, respektíve zamestnávateľom a zamestnancom ako aj inými zamestnancami v letectve. Poukazujeme na jednotlivé formy „zamestnania“, ktoré sa využívajú v zahraničí pre pozíciu pilota ako je napr. uzatvorenie zmluvy o poskytnutí služieb (obchodného a dopravného pilota) s obchodnou spoločnosťou formy s.r.o alebo živnostníkom. Poukazujeme tiež na vzájomný vzťah nadriadenosti a podriadenosti zamestnávateľa a zamestnanca, ktorý je kompenzovaný zvýšenou mierou ochrany predovšetkým zamestnancov v súlade so Zákonníkom práce. Odvolávame sa aj na iné doplnujúce zákony, napríklad zákon o organizácii času v doprave a zákon o civilnom letectve, ktoré upravujú práve špecifiká povolani v letectve. Štvrtá kapitola slúži najmä na poukázanie základných rozdielov a špecifik pracovnoprávných, ale aj iných vzťahoch v letectve, ktoré sú spojené s výkonom práce, resp. služby v letectve.

Základným a najdôležitejším prínosom tejto práce je komplexné zhrnutie tejto špecifickej problematiky formou, ktorá umožňuje rýchlu orientáciu v danej problematike a množstve právnych predpisov, ktoré sú vzájomne previazané a prepojené, a ktorých štúdium je veľmi časovo náročné. Táto práca slúži nie len pre študentov leteckých študijných programov, ale hlavne osobám, ktoré sa začnú venovať civilnému letectvu napr. v ňom pracovať alebo podnikat', a pritom sa v minulosti leteckému právu nevenovali a ani ho neštudovali.

POĎAKOVANIE

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **VEGA 1/0624/18** s názvom *"Modely podnikania regionálnych letísk v kontexte dopravnej politiky štátu a Európskej únie"*.

REFERENCIE

- [1] HUDAČOVA, M. 2009. Aktuálne otázky regulácie medzinárodnej leteckej dopravy. Diplomová práca. Praha : PraF UK, 2009 . 78. strán
- [2] Európsky parlament. 2020. Letecká doprava: bezpečnostná ochrana civilného letectva. [online]. 2020. [cit. 2020-03-10]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/HTML/?uri=CELEX:52011PC0253&from=HU>
- [3] Vzorová zmluva. Dohoda o letecké doprave. vzorový text Česká republika
- [4] Martin Grančay. 2020. Analýza trhu civilnej osobnej leteckej dopravy medzi Slovenskou republikou a USA v podmienkach liberalizácie leteckej dopravy a globálnej krízy. [online]. 2010. [cit. 2020-03-11]. Dostupné na internete: https://www.euba.sk/www_write/files/SK/ekonomicke-rozhlady/er4_2010_Grancay-9832.pdf
- [5] EUR- lex. Úradný vestník Európskej Únie. Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1008/ 2008 z 24. septembra 2008 o spoločných pravidlách a prevádzky

leteckých dopravných služieb v Spoločenstve (prepracované znenie). [online]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/ALL/?uri=CELEX%3A32008R1008>

- [6] Ministerstvo spravodlivosti Slovenskej Republiky. Obchodný register. Výpis z obchodného registra. [online]. 2020. [cit. 2020-03-20]. Dostupné na internete: <http://www.orrsr.sk/>
- [7] Zákon č. 136/ 2004 Z.z zo 4. februára o letiskových spoločnostiach a o zmene a doplnení zákona č. 143/ 1998 Z.z. a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení zákona č. 37/ 2002 Z.z. [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné na internete: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/2004-136>
- [8] Zákon č. 143/ 1998 Z.z. z 2.apríla 1998 o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov. [online]. [cit. 2020-04-01] . Dostupné na internete: <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/1998/143/1998070.1.html>
- [9] Zákon č. 111/ 1990 Zb. z 19. apríla 1990 o štátnom podniku v znení neskorších predpisov. [online]. 2020. [cit. 2020-04-01]. Dostupné na internete: <https://www.zakonypreludi.sk/zz/1990-111>
- [10] Zákon č. 143/ 1998 Z.z. z 2.apríla 1998 o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov. [online]. [cit. 2020-04-01] . Dostupné na internete: <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/1998/143/1998070.1.html>
- [11] Zákon č. 311/ 2001 Z.z. z 2. júla 2001 Zákonník práce v znení neskorších predpisov. [online]. 2020. [cit. 2020-05-02]. Dostupné na internete: <https://www.epi.sk/zz/2001-311>
- [12] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A .2010. Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS- vydavateľstvo Žilinskej univerzity v Žiline.2010. 129 strán. ISBN 978-80-554-0300-7.
- [13] NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, Alena: Svetové letecké aliancie a code-share spolupráca leteckých spoločností. Habilitačná práca. Žilina : FPEDAS, ŽU, 2014. 120 strán.
- [14] [14] TOMOVÁ, A., 2011. Privatising Bratislava: Small Airport – Big problem. [online]. 2011. [cit. 2020-04-02]. Dostupné na internete: https://mpr.aub.uni-muenchen.de/34618/1/MPRA_paper_34618.pdf
- [15] TOMOVÁ, A. a kol. 2016. Ekonomika letísk. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline EDIS-vydavateľské centrum ŽU. 2016. 219 strán. ISBN 978-80-554-1257-3.
- [16] BADÁNIK, B. et al., 2010. Future strategies for airports. [online]. 2010. [cit. 2020-03-10]. Dostupné na internete: <https://hal-enac.archives-ouvertes.fr/hal-01022230/file/214.pdf>

Bc. Mária Lešková – narodená dňa 08.02.1996 v Kežmarku absolvovala v roku 2015 Strednú odbornú školu strojnícku v Košiciach, následne študovala od roku 2015 Žilinskú univerzitu v Žiline v odbore doprava, pričom sa zamerala na št. program profesionálny pilot, ktorý úspešne ukončila. V roku 2018 pokračovala na Žilinskej univerzite v Žiline v odbore doprava, pričom sa zamerala na št. program technológia údržby lietadiel.

NÁVRH A VYUŽITIE DIDAKTICKÝCH MATERIÁLNYCH PROSTRIEDKOV V RÁMCI ŠTUDIJNÉHO PROGRAMU TECHNOLOGIA ÚDRŽBY LIETADIEL

DESIGN AND USE OF DIDACTIC MATERIALS IN THE FRAMEWORK OF THE AIRCRAFT MAINTENANCE TECHNOLOGY STUDY PROGRAM

Pavol Martonka

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
martonka.pavol@gmail.sk

Filip Škultéty

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
skultety@fpedas.uniza.sk

Abstract – *The need for continuously increasing the quality of practical training and study process for students of the aircraft maintenance technology study program is necessary given the high standard of aviation safety. As part of the tendency to meet this need, the aim of this paper is to design and create a teaching aid. This would not be possible without enough literature and materials to work with, materials from field of maintenance training legislation, variety of teaching materials covering the subject matter of this paper and many others. The main purpose of the paper was to create a didactic material means, which in fact is a modified wing of the Zlín Z-142 airplane. Modification of the wing consists in removal of certain parts of the skin, which ended up in revealing critical and important parts of the wing construction and its systems. All this resulted in creation of proper teaching aid to satisfy the needs of teaching and practical training of specific maintenance procedures. By placing the modified wing and the theory which comes with it into the curriculums of maintenance training it is possible to use these means actively in the education and training processes.*

Key words – Didactics, means of study, teaching aids, wing, procedures, maintenance training, technology, legislation, requirements, curricula, Zlín Z-142.

I. ÚVOD

Vznik leteckej dopravy znamenal pre spoločnosť a celkovo pre rozvoj techniky ohromný posun vpred. V súčasnosti je to najrýchlejšie sa rozvíjajúci spôsob dopravy a vďaka rýchlemu technologickému progresu sa stáva dostupnejšou pre stále väčší počet jednotlivcov z rôznych vrstiev spoločnosti. Je však potrebné si uvedomiť, že za dynamickým tempom vývoja a súčasným vysokým stupňom bezpečnosti je nespočítateľné množstvo drobných či väčších nedopatrení, ktoré častokrát viedli ku vzniku udalostí v civilnom letectve.

V mnohých prípadoch leteckých nehôd a incidentov nebola príčina na strane samotnej technológie, ale práve na strane údržby, ktorá bola nesprávna, alebo nedostatočná. Ako vhodný príklad je možné uviesť nehodu letu British Airways BA5390 z 10. júna 1990, pri ktorej bol kapitán letu čiastočne vytiahnutý z pilotnej kabíny cez otvor predného okna. Príčinou bolo zlyhanie ľudského faktora na strane personálu údržby. Dotyčný technik údržby pri práci nevyužil tzv. IPC (Ilustrovaný katalóg náhradných dielov) ani TIME (Správa inventáru pre technikov), čo následne viedlo k výberu nesprávnych skrutiek potrebných na tento úkon. Personál údržby lietadiel si nesmie dovoliť neprofesionalitu, nehovoriac o porušovaní štandardných postupov a pravidiel, ktoré by mohli viesť k leteckej nehode.

Udalosti ako let BA5390 zdôrazňujú dôležitosť kvality výcviku personálu. Takýto výcvik poskytujú schválené organizácie spĺňajúce požiadavky v súlade s EASA Časťou 66 a Časťou 147 uvedených v Nariadení EK (ES) č. 2042/2003 z 20. novembra 2003 o zachovaní letovej spôsobilosti lietadiel a leteckých výrobkov, častí a zariadení a o schvaľovaní organizácií a personálu zapojených do týchto činností. Časť 147 predstavuje súbor požiadaviek, ktoré musia výcvikové organizácie spĺňať, aby mohli poskytovať teoretické vzdelávanie a prax. Takisto zastrešuje všetky aspekty a nariadenia pokrývajúce základný a tak isto aj typový výcvik. Výcvikové organizácie musia zabezpečiť požadované podmienky pre výcvik personálu údržby lietadiel, čo znamená, že by mali zamestnávať dostatočný počet profesionálov a odborníkov z praxe, ktorí sú schopní viesť teoretický výcvik a zároveň skúšať a vyhodnocovať získané vedomosti a zručnosti študentov. Teória má veľký význam, no ten sa z časti stráca pokiaľ študenti a budúci technici nemajú kde svoje novonadobudnuté vedomosti prakticky overiť a zdokonaľovať. Základom kvalitných výcvikových organizácií, ako aj vysokých a stredných škôl pripravujúcich budúcich technikov údržby lietadiel, by mali byť špecializované laboratóriá. Vybavenie laboratórií vo forme didaktických materiálnych prostriedkov je taktiež veľmi dôležitou súčasťou praktického výcviku. Možnosť názornej ukážky danej problematiky prostredníctvom takéhoto

prostriedku, doplnenej možnosťou vlastnej osobnej skúsenosti zo strany študenta, či už ide len o bližší pohľad, alebo fyzické zmeranie konkrétnych veličín je nenahraditeľná.

Náplňou tejto práce bude práve riešenie problematiky didaktických materiálnych prostriedkov a ich následného využitia v procese vzdelávania študentov vysokých škôl zaradených do študijného programu Technológia údržby lietadiel. Práca sa bude čiastočne opierať o samotnú Časť 147 z teoretického hľadiska a požiadaviek na výcvikové organizácie.

Cieľom práce je navrhnúť didaktický materiálny prostriedok, ktorý by bol súčasťou reálnej výuky a bude k dispozícii pre študentov a pedagógov k názornej ukážke, čoho výsledkom by malo byť jednoduchšie objasňovanie prednášaných problematik pre pedagógov, nakoľko sa počas výkladu budú môcť oň oprieť, a súčasne jednoduchšie a rýchlejšie pochopenie danej problematiky študentami.

II. RIEŠENIE PROBLEMATIKY

Didaktika

Didaktika je poznanie o tom ako vyučovať a ako sprostredkovať vedomosti študentom. Odkazuje na schopnosť správne sa rozhodnúť pre vhodnú metódu vyučovania na dosiahnutie konkrétneho pedagogického cieľa. Všeobecné chápanie vzdelávania hovorí, že existujú tri rozmery vzdelávania, a to zlepšenie kognitívnych schopností, schopnosti konať a schopnosti napodobňovať.

PREDPISOVÁ ZÁKLADŇA

Výcvikové organizácie technikov údržby lietadiel musia spĺňať určité predpoklady v súlade so súborom a požiadaviek Časti 147, aby mohli uskutočňovať svoju činnosť. Tieto požiadavky vychádzajú nielen z predpisov, ktoré boli počas rokov menené a dopĺňané do jednotlivých zbierok, ale v neposlednom rade práve zo základných princípov a metód didaktiky, nakoľko primárnou funkciou týchto výcvikových organizácií je poskytovať a prehľbovať teoretické znalosti, rovnako ako aj praktické zručnosti, v odbore technológie údržby lietadiel.

Výcvik údržby nepredstavuje jednu konkrétnu formu, ale naopak zastrešuje rôzne varianty. Napríklad typový lietadlový výcvik je možné ďalej rozdeliť na samostatnú časť drakov lietadiel, pohonné jednotky, alebo avioniku, prípadne časť elektrických systémov v lietadle. Schválené organizácie výcviku údržby podľa Časti 147 majú možnosť poskytovať výcvikové kurzy na jednotlivé časti typového výcviku samostatne, no existuje aj možnosť poskytovania kurzov, pri ktorých sú niektoré, alebo všetky časti kombinované.

Aby bola zabezpečená adekvátna funkcia výcvikových organizácií, musí byť zabezpečená pravidelná kontrola výučbových, skúšobných a ďalších postupov. Proces kontroly v tejto forme je úlohou kvalitatívneho systému organizácie, ktorého primárnou funkciou je umožňovať výcvikovej organizácii potvrdiť si skutočnosť, že ňou praktizované výučbové postupy sú v súlade s požiadavkami vyplývajúcimi z predpisov a nariadení a zároveň sú funkčné, čo pre organizáciu znamená, že dokáže produkovať kvalifikovaných odborníkov pre prax.

Najnovšie doplnenie predpisovej časti 147 dáva do popredia praktiky moderného vzdelávania. Zaužívané metódy obsahujúce triedu s vyučujúcim a študentami sediacimi pred tabuľou je potrebné doplniť s použitím nových technológií umožňujúcich spestrenie a vyvinutie nových metód výcviku a k tomu patria aj nové nástroje vyučovania a výcviku. Takýmito nástrojmi, alebo prostriedkami môže byť multimediálna forma výcviku, prípadne využitie virtuálnej reality v jeho procese. Implementáciou a kombináciou niekoľkých nástrojov a výcvikových metód sa zvýši celková efektívnosť výučbového procesu.

Pre potreby výcvikových organizácií boli vytvorené tri tabuľkové zoznamy obsahujúce nástroje a metódy spoločne s ich vzájomnými kombináciami a možnosťami použitia.

Tabuľka 8: Výcvikové nástroje (Amendment 2 to AMC and GM to Regulation 1321/2014)

Výcvikové nástroje	Popis
Prezentácie	Štruktúrované prezentácie vo forme Powerpoint.
Manuály	Komplexné publikácie zaoberajúce sa konkrétnymi celkami.
Počítače (laptopy, stolné,...)	Užitočné pre uloženie a zobrazovanie potrebných informácií.
Mobilné zariadenia (tablety,...)	Prenosné prostriedky pre uloženie a zobrazovanie informácií.
Video nahrávky	Elektronické médium premietajúce pohyblivé animácie.
MSTD – výcvikový simulátor údržby	Výcvikové zariadenie určené na použitie v procese výcviku, preskúšavani a/alebo posudzovaní komponentu, systému, alebo celého lietadla. MSTD môže pozostávať z hardvérových a softvérových prvkov.
Mock-up	Replika komponentu, systému, alebo celého lietadla zostavená v mierke, alebo životnej veľkosti zachováajúca (dôkladná replika) geometrické, prevádzkové a funkčné charakteristiky skutočných komponentov, systémov, alebo lietadiel pre potreby ktorých sa výcvik údržby vykonáva.
Virtuálna realita	Počítačom generované trojrozmerné prostredie (3D), ktoré môže byť preskúmané, alebo aj poskytovať možnosť interakcie.
MTD – nástroj výcviku údržby	Nástrojom výcviku údržby je akékoľvek výcvikové zariadenie okrem MSTD určené na výcvik, alebo preskúšanie. Môže taktiež obsahovať mock-up.
Skutočné lietadlá	Vhodné lietadlo, ktorého stav umožňuje výučbu niektorých úkonov údržby, ktoré sú charakteristické pre dané lietadlo, alebo kategóriu lietadiel. „Vhodné“ znamená lietadlo typu, alebo licenčnej kategórie pre typový výcvik,

	alebo lietadlo licenčnej kategórie charakteristickej pre základný výcvik a neobsahuje „virtuálne lietadlo“. „Stav“ znamená, že sa jedná o lietadlo, ktoré je vybavené základnými prvkami a jeho systémy je možné aktivovať/používať, keď sa to v rámci výučby vyžaduje.
Lietadlové komponenty	Vhodný lietadlový komponent na výučbu špecifických postupov údržby. Tieto môžu obsahovať, ale nie sú obmedzené iba na úkony ako inšpekcie vnútorných priestorov konštrukcií s použitím boroskopu, menšie opravy, testovanie, zostavovanie, alebo rozoberanie menších častí komponentu. „Vhodný“ znamená, že stav komponentu by mal spĺňať požiadavky na výuku daného postupu a ak je to žiaduce môže mať poškodenie, alebo vadu.
Rozšírená realita	Zvýšenie (modifikácia, obohatenie, zmena, alebo manipulácia) schopnosti jednotlivca vnímať fyzického, reálneho prostredia. Naopak virtuálna realita nahrádza skutočný svet simuláciou.
Centralizovaný výcvik	Funkcia výcviku údržby pôvodne integrovaná v dizajne lietadlového komponentu (napr. centralizovaný systém zobrazovania chyby)
Učebné priestory	Príslušné priestory v ktorých prebieha výučba.
Virtuálne učebne	Simulované nefyzické miestnosti, v ktorých prebieha synchronna výučba.
Virtuálne lietadlá	Simulované nefyzické lietadlo, ktoré možno použiť pre teoretický výcvik, praktický výcvik alebo preskúšavanie.

KRÍDLO ZLÍN Z-142

Technológia údržby lietadiel ako univerzitný študijný odbor vyžaduje, aby mali študenti možnosť reálne pracovať so skutočnými učebnými pomôckami, pričom by tieto pomôcky mali reprezentovať prostriedky na výuku jednotlivých tématických celkov, akými sú pohonné jednotky, nosné plochy, pristávacie zariadenia a ďalšie celky obsiahnuté v predpisoch EASA v častiach 147 a 66.

Letún Zlín Z-142 reprezentuje typ malého športového letúna, ktorý sa mnohým leteckým výcvikovým organizáciám osvedčil ako vhodný prostriedok na výcvik základov pilotáže a iných častí leteckého výcviku. Katedra leteckej dopravy Žilinskej univerzity v spolupráci s leteckým výcvikovým a vzdelávacím centrom poskytujú základný pilotný výcvik práve na týchto letúnoch.

Pre potreby odboru technológie údržby bol využitý z prevádzky vyradený letún Z-142, na ktorom je možné vykonávať výcvik rôznych postupov údržby od postupov týkajúcich sa draku a konštrukcie letúna až po vnútorné systémy (napr. elektrický alebo pneumatický systém). Študenti môžu s letúnom pracovať v novovybudovaných laboratóriách, ktoré sú súčasťou existujúcich priestorov Žilinskej univerzity na letisku

Žilina. Vhodnosť letúna Zlín Z-142 ako didaktického prostriedku pre výcvik budúcich technikov údržby lietadiel umocňuje aj jeho relatívna konštrukčná jednoduchosť, ktorá zabezpečí, že študenti jednoduchšie pochopia problematiku jednotlivých konštrukčných celkov, ako draku tak aj systémov nachádzajúcich sa v ňom, rovnako si aj jednoduchšie vybudujú základné zručnosti tvoriace súčasť základného výcviku technikov údržby.

Nácviku postupov údržby v praxi predchádza dôkladná teoretická príprava pre daný tématický celok, v tomto prípade ide o nosné plochy letúna. Vychádzajúc z informácií o konštrukcii a systémoch nachádzajúcich sa v krídle pochádzajúcich z technických a prevádzkových príručiek letúna Z-142 bola zostavená podrobná, no ľahko pochopiteľná teoretická základňa popisujúca každý aspekt súvisiaci s problematikou konštrukcie nosných plôch, ako aj aspekty nie priamo späté s konštrukciou, ale stále tvoriace neoddeliteľnú súčasť tohto tématického celku výuky.

TVORBA ŠTUDIJNEJ POMÔCKY

Samotný proces tvorenia študijnej pomôcky spočíval v odmontovaní krídla od konštrukcie draku letúna a jeho následnej úprave do podoby didaktického materiálneho prostriedku, ktorý vyhovuje požiadavkám vyučovacieho procesu. Úpravy krídla boli vykonané v laboratóriách za pomoci dostupných prostriedkov, náradia a nástrojov, ktoré boli pre uskutočnenie projektu nevyhnutné.

III. ZÁVER

Systém vyučovania študentov odboru technológia údržby lietadiel, ktorý je zastrešovaný katedrou leteckej dopravy Žilinskej univerzity, predstavuje kvalitný, stále sa vyvíjajúci a zlepšujúci proces sprostredkovávania hodnotného vzdelania kľúčového pre ďalší rozvoj a prehĺbovanie vedomostí a zručností jednotlivcov daného odboru, teda technikov údržby. Počas svojej pomerne krátkej doby existencie prešiel študijný odbor mnohými zmenami, ktorých príčinou došlo k významnému zlepšeniu a obohateniu vyučovacieho procesu vo všetkých jeho aspektoch.

Cieľom tejto práce bolo prispieť potrebnou teoretickou základňou informácií, no predovšetkým vytvorením vhodného didaktického materiálneho prostriedku, pre potreby výučby a výcviku študentov ako aj pomoci vyučujúcim v procese prednášania jednotlivých častí tématických celkov odboru technológia údržby lietadiel, do vybavenia laboratória určeného na výuku a výcvik v oblasti problematiky drakov a lietadlových systémov.

Prínosom tejto práce z teoretického hľadiska je súbor informácií skladajúci sa z množstva materiálov týkajúcich sa legislatívy a právnych predpisov a nariadení z oblasti podmienok na výcvik technológie údržby a požiadaviek na výcvikové organizácie, spoločne s informáciami týkajúcimi sa samotnej problematiky konštrukcií a stavby letúnov, ktoré predstavujú základný všeobecný prehľad potrebný pre správne pochopenie a zvládnutie výcvikového kurzu. Súčasť teoretického prínosu práce predstavuje aj podrobne spracovaná teoretická časť vzťahujúca sa na samotný letún Z-142, konkrétne popisujúca a zaoberajúca sa konštrukciou jeho krídla a systémami, ktoré sú jeho nedeliteľnou súčasťou. V práci obsiahnutá teoretická

základňa reprezentuje nevyhnutný podklad pre správnu prípravu na praktickú činnosť vykonávanú na študijnej pomôcke v rámci základného výcviku praktických zručností budúcich technikov údržby.

Fyzický výsledok práce, ktorým je krídlo letúna Zlín Z-142 upravené do podoby študijnej pomôcky, má predstavovať prostriedok, s ktorého pomocou budú študenti efektívnejšie prijímať informácie a vedomosti týkajúce sa problematiky konštrukcie nosných plôch. Bude neustále k dispozícii v laboratóriu drakov lietadiel a lietadlových systémov pre potreby vyučujúcich, ako pomôcka pre názorné ukážky počas prednášok, alebo potreby študentov pre overenie si alebo pochopenie prednášaných skutočností, alebo zdokonaľovanie praktických zručností.

S ohľadom na budúcnosť odboru technológia údržby lietadiel na Žilinskej univerzite a jeho potenciál ďalšieho rozvoja v súvislosti s kvalitou procesu výuky možno len v závere konštatovať, že jeho vývoj bude naďalej napredovať a projekty podobné projektu, ktorý predstavuje táto práca budú len pribúdať a úroveň spolu s možnosťami vzdelávania budú dosahovať stále vyššej úrovne. Možnosti rozvoja sú v súčasnom stave prakticky neobmedzené pričom najdôležitejší faktor v udržaní doterajšieho tempa napredovania a inovácií budú tvoriť najmä financie.

POĎAKOVANIE

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

REFERENCIE

- [1] EASA AMC and GM to Annex IV (Part 147) to Regulation (EU) No 1321/2014 Amendment 2; druhé vydanie - marec 2020
- [2] Nariadenie komisie (EÚ) 2018/1142 - august 2018
- [3] BRACINÍK, T., SCHWARZMANN, V. (2012). Materiálna časť Zlín Z-43, 42, 142. Žilina: Žilinská univerzita, 2012. 86 s., ilustr. ISBN 978-80-554-0597-1
- [4] NEDELKA, M., kolektív. (1998). Slovenský letecký slovník. Česká republika : Magnet Press, 1998. 494 s. ISBN 978-80-96807-30-7
- [5] KANDERA, B. (2015). Letecké prístroje. Bratislava: DOLIS, 2015. 204 s., ilustr. ISBN 978-80-8181-017-6.
- [6] BUGAJ, M., NOVÁK, A. (2004). Všeobecné znalosti o lietadle: Drak a systémy, elektrický systém. Žilina: Žilinská univerzita, 2004. 247 s. ISBN 80-8070-210-1.
- [7] BUGAJ, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [8] BUGAJ, M., URMINSKY, T., JURÁK, P. & PECHO, P. 2018. Analysis and implementation of airworthiness directives. Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October, pages 1174-1178.
- [9] BUGAJ, M. 2005. Aircraft maintenance - new trends in general aviation. Promet - Traffic - Traffico, 17(4), pages 231-234.

Bc. Pavol Martonka – narodený dňa 13.09.1996 v Ilave absolvoval v roku 2015 Osemročné gymnázium sv. Jána Bosca v Novej Dubnici, následne v roku 2015 nastúpil na Žilinskú univerzitu v Žiline na Katedru leteckej dopravy kde do roku 2018 študoval študijný program profesionálny pilot. Od roku 2018 nastúpil na inžinierske štúdium kde študoval študijný program technológia údržby lietadiel.

Email: martonka.pavol@gmail.com

SPACE TRAFFIC MANAGEMENT AKO NOVÁ VÝZVA KOMERČNÉHO LETECTVA

SPACE TRAFFIC MANAGEMENT AS A NEW CHALLENGE FOR COMMERCIAL AVIATION

Dominik Mrňa

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
dominik.mrna@gmail.com

Matúš Materna

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
matus.materna@fpedas.uniza.sk

Abstract – This paper deals with the issue of space traffic management. Today, this system is fully applied only to the monitoring, coordination and regulation of satellites in Earth's orbits. The discussion on the future possibilities of passenger transport using suborbital flights is currently coming to the foreground, today. The space traffic management system will be of great commercial importance in the future. In its introduction, the work deals with the possibilities of using space from the point of view of valid international legislation. A new summary definition of the term space traffic management is created using the method of linguistic analysis. The work is further analyzed and summarized the current initiatives of individual organizations and states. Finally, the work focuses on the European concept of application of space traffic management to support suborbital travel.

Key words – Space traffic management, tracking, suborbital flight, space, European Union

I. ÚVOD

V minulosti slúžil vesmír predovšetkým na vedecké, armádne a prieskumné účely. S pokrokom technológie sa stal prístup do vesmíru omnoho ľahší aj pre súkromný sektor, ktorý teraz tento priestor využíva za účelom hospodárskeho rastu. Viaceré spoločnosti majú návrhy na vypustenie malých satelitov v takzvaných *megakonšteláciach*. Títo noví prevádzkovatelia avšak nemajú dostatočné skúsenosti s operáciami vo vesmíre. Používajú nové postupy pri tvorbe satelitov, ktoré by mohli znížiť spoľahlivosť satelitov a zvýšiť riziko pre ostatné zariadenia. Keďže v minulosti bola prevádzka na orbite menšia, pracovalo sa s jednoduchšími systémami *Space Traffic Managementu* (STM). Dnes sú na operácie vo vesmíre potrebné komplexné systémy. Preto bolo nevyhnutné, aby sa navrhol systém, ktorý bude varovať používateľov vesmírneho priestoru okolo Zeme pred možnými zrážkami satelitov. Aj keď tento systém existuje už dlhšiu dobu, stále nie je dokonalý a so zvyšujúcim sa počtom objektov (satelitov a trosiek) sa, žiaľ, zvyšuje aj jeho nepresnosť a výskyt falošných poplachov. V súčasnosti odborníci vyvíjajú

mnoho iniciatívy na zlepšenie tohto systému, hlavne čo sa týka presnosti pri sledovaní satelitov. Treba však spomenúť, že STM nie je len o sledovaní, ale aj o regulácii a pravidlách.

Druhá možnosť, kde by sa dal takýto systém využiť, sú suborbitálne lety. S rozvojom leteckej dopravy rastie aj záujem o cestovanie medzi kontinentmi špeciálnymi lietadlami pre cestujúcich alebo náklad po suborbitálnych dráhach, aby sa dala dosiahnuť čo najväčšia rýchlosť. Takéto lety by dramaticky znížili cestovný čas. Na základe takéhoto typu cestovania by sa dala jedna z najprestížnejších leteckých liniek na svete medzi Londýnom a New Yorkom zariadená namiesto dnešných zhruba 7 hodín za približne 30 minút. S vývojom potrebnej infraštruktúry a zariadení sa musí vytvoriť aj funkčný systém, ktorý by sa staral o efektívne a bezpečné využívanie vzdušného a vesmírneho priestoru pre takéto lety. Keďže už existuje systém STM pre družice, je potrebné vytvoriť obdobný systém pre komerčné lety. V USA sa tejto otázke už nejaký čas venujú a niektoré firmy sú už vo fáze testovania. Ak chce Európa zohrávať kľúčovú úlohu v tomto biznise, je potrebné, aby zahájila vývoj vlastného systému STM a v úzkej spolupráci s medzinárodnými partnermi a v súlade s globálnymi potrebami ho implementovala do segmentu leteckej a vesmírnej dopravy.

Hlavným cieľom tejto práce je zhodnotenie aktuálneho stavu STM v oblasti satelitnej prevádzky a budúcich suborbitálnych letov, ktorými si Európa zaoberá. Keďže nie je v našom prostredí pojem STM zaužívaný, časť tejto práce sa venuje vytvoreniu vlastnej definície pojmu STM pre potreby slovenských spoločností, ktoré by v budúcnosti mali záujem o výskum vesmíru.

II. MEDZINÁRODNO-PRÁVNA ÚPRAVA KOZMICKÉHO PRIESTORU A JEHO VYUŽÍVANIA

Využívanie vesmírneho priestoru ako aj telies, ktoré sa v ňom nachádzajú upravuje 5 základných medzinárodných zmlúv. Na dodržiavanie tohto práva dohliada Výbor OSN pre mierové využívanie vesmíru (UNCOPUOS).

Medzi týchto 5 základných zmlúv zaraďujeme:

- 1) Zmluva o zásadách činnosti štátov pri výskume a využívaní kozmického priestoru vrátane Mesiaca a iných telies;
- 2) Zmluva (dohoda) o záchrane astronautov, o návrate astronautov a návrate objektov vypustených do vesmíru;
- 3) Zmluva (dohoda) o činnosti štátov na Mesiaci a iných nebeských telesách;
- 4) Dohovor o medzinárodnej zodpovednosti za škody spôsobené vesmírnymi objektami;
- 5) Dohovor o registrácii objektov vypustených do vesmíru.

Odborná verejnosť považuje za hlavnú zmluvu *Zmluvu o zásadách činnosti štátov pri výskume a využívaní kozmického priestoru vrátane Mesiaca a iných telies*. Ostatné zmluvy sú už len akýmsi dodatkom ku tejto zmluve.

KÁRMÁNOVA HRANICA

Pri dobývaní vesmíru sa veľmi častou používa práve táto hranica. Nachádza sa vo výške 100 kilometrov na povrchu Zeme a ak ju človek prekoná, stáva sa z neho astronaut.

Theodore von Kármán navrhoval aby hranica bola vytvorená tam, kde sily spôsobené orbitálnou dynamikou prevyšujú aerodynamické sily. V podstate to znamená, že hranica je tam, kde už vzhľadom na fyzikálne vlastnosti okolia nie je krídlo lietadla dostatočne účinné na produkovanie vztlaku a ak by takéto lietadlo chcelo vyprodukovať dostatok vztlaku musí sa zvýšiť jeho rýchlosť, ktorá presahuje schopnosti bežných prúdových motorov.

III. SPACE TRAFFIC MANAGEMENT AKO POJEM

Aj keď STM nie je nový pojem, ešte stále neexistuje preň presná a uznaná definícia, keďže každá zúčastnená strana má vlastnú definíciu na tento problém. Definícia: „*Space Traffic Management means the set of technical and regulatory provisions for promoting safe access into outer space, operations in outer space and return from outer space to Earth free from physical or radio – frequency interference,*” v preklade: „*Space traffic management znamená súbor technických a regulačných opatrení na podporu bezpečného prístupu do vesmíru, operácií vo vesmíre a návratu z vesmíru na Zem bez fyzického alebo rádiového rušenia,*“ je len jednou s mnohých.

Pretože na Slovensku neprevážuje žiadna používaná definícia, táto práca zahŕňa vytvorenie vlastnej definície pomocou metódy lingvistickej analýzy. Tá pracovala s 10 publikovanými definíciami a na základe najčastejšie vyskytovaných sa slov prišlo ku vytvoreniu novej definície. Tá znie: „*Space Traffic Management is a process of control, monitoring and coordination to achieve a safe environment for operations without collisions and interference, with reliable avoidance notification in case to access to orbit, operations on orbit or return back to atmosphere,*” v preklade: „*STM je proces kontroly, monitorovania a koordinácie za účelom dosiahnutia bezpečného prostredia pre operácie bez kolízií a rušenia, so spoľahlivými upozorneniami pred zrážkami a to v prípade vstupu*

na orbitu, prevádzky na orbite alebo počas návratu do atmosféry.“

PRINCÍP ČINNOSTI

Za hlavné myšlienky pri činnosti STM možno považovať:

- 1) Sledovanie satelitov a vyhodnotenie rizika zrážky;
- 2) udržateľnosť vesmírnych činností.

V súčasnej dobe existujú na svete 3 hlavné systémy na monitorovanie situácie vo vesmíre (SSA – Space Situation Awareness). Sú to:

- 1) Space Surveillance Network – SSN – americký systém;
- 2) Space Surveillance and Tracking – SST – európsky systém;
- 3) International Scientific Optical Network – ISON – medzinárodný systém.

Za najmodernejší a najvyspelejší sa považuje systém, ktorý prevádzkuje Ministerstvo obrany USA, teda SSN. Táto sledovacia sieť pozostáva z pozemných a vesmírnych radarov a teleskopov. Systém používa tri typy snímačov na monitorovanie objektov. Sú to: konvenčné radary, radary s fázovým usporiadaním a optický systém GEODSS (Ground-Based



Obrázok 29: Space Surveillance Network pod správou USA.
Zdroj:

<https://www.economist.com/briefing/2019/07/18/attacking-satellites-is-increasingly-attractive-and-dangerous>, upravené autorom

Electro-Optical Deep Space Surveillance).

Táto sieť radarov a teleskopov generuje približne 80000 pozorovaní za deň. Vzhľadom na geografické obmedzenia, hlavne čo sa týka rozmiestnenia jednotlivých snímačov, systém nie je schopný nepretržitej kontroly všetkých objektov okolo Zeme. Tento systém preto používa aj prediktívnu techniku – pravidelne sa kontroluje, že každý objekt je tam, kde by mal byť a ak nie je, generuje nové množiny polôh. Sledovací systém avšak nie je dokonalý a z tohto dôvodu vzniká *bublina neistoty*, teda bublina možných pozícií, kde sa sledovaný objekt môže nachádzať. Všeobecne platí, že čím väčšia je bublina neistoty, tým väčší je počet falošných poplachov konjunkcií, ktoré bude systém STM vytvárať. [1]

Udržateľnosť vesmírnych operácií je program, ktorý má zabezpečiť, aby celé ľudstvo mohlo naďalej a dlhodobo využívať vesmír na mierové a sociálne – ekonomické účely.

Tento program ďalej slúži na to, aby nikomu nemohlo byť odopreté mierové využívanie vesmíru. Slúži to hlavne preto, aby sa aj malé krajiny s rozvíjajúcim vesmírnym programom mohli zúčastniť na výskume vesmíru a aby neboli obmedzované krajinami s vysokým stupňom využívania vesmíru. Pri tomto programe sa berie hlavný zreteľ na:

- 1) Rádiové rušenie;
- 2) vesmírny odpad;
- 3) vesmírne počasie.

Rušenie môže byť prirodzené a umelé. Prirodzené rušenie je rušenie, ktoré nebolo vyvolané ľudskou činnosťou. Ide teda hlavne o slnečné búrky, stav vesmírneho počasia, mohutné oblaky a dážď. Umelé rušenie je spôsobené inými zariadeniami alebo ľudskou činnosťou. Umelé rušenie je teda výsledkom satelitu vysielajúceho sa príliš blízko k inému satelitu na rovnakej frekvencii alebo z pozemných komunikačných systémov pracujúcich na rovnakej alebo podobnej frekvencii ako vesmírne systémy. Prípadne môže ísť o úmyselné rušenie spôsobené rušičkami signálu. Takéto rušenie potom môže dočasne alebo úplne narušiť fungovanie satelitu bez toho, aby prišlo ku fyzickému zničeniu. Preto tento program apeluje na to, aby sa čo najviac zabránilo rádiovému rušeniu medzi satelitmi navzájom. Na základe toho je potrebné, aby rádiové zariadenia objektov na orbite spĺňali medzinárodné normy pre filtrovanie rušivých vplyvov. V súčasnej dobe existujú medzinárodné a vnútroštátne programy a smernice na reguláciu rádiovkej komunikácie. Avšak tieto programy a smernice sa viacej sústreďujú na pridelovanie frekvencií ako na to, ako predísť rušeniu. Preto je potrebné, aby štáty vykonávajúce činnosť vo vesmíre s cieľom udržateľnosti prijali opatrenia, ktoré minimalizujú škodlivé rušenie ich činnosťou a aby koordinačný orgán prideloval rádiové frekvencie s cieľom zamedziť rušeniu.

Tento program sa týka problému s kozmickým odpadom. Podľa NASA sa kozmickým odpadom na orbite rozumie ľudsky vytvorený objekt, ktorý už ďalej neslúži svojej užitočnej funkcii. Môže ísť o nefunkčnú kozmickú loď (satelit), opustené raketové stupne, trosky súvisiace s misiou vo vesmíre a iné fragmenty. Program pracuje s aktívnym a pasívnym odstraňovaním trosiek. Aktívnemu odstraňovaniu sa venujeme v kapitole číslo 3, a preto si bližšie špecifikujeme pasívne odstraňovanie. Pasívne odstraňovanie odpadu je regulačný súbor, ktorý sa týka fázy plánovania, navrhovania, výroby a prevádzky vesmírneho zariadenia. Apeluje na to, aby štáty používali technológie, ktoré neuvolňujú zo satelitov a iných zariadení žiaden odpad. Ak takúto technológiu nevedia vytvoriť, mali by čo najviac zmierniť nepriaznivému vplyvu odpadu na ostatné satelity. Ďalej by mali operátori obmedziť pravdepodobnosť náhodnej zrážky, vyhnúť sa úmyselnému zničeniu, minimalizovať potenciál náhodného výpadku zariadenia a znížiť riziko rozpadu zariadenia po skončení misie vo vesmíre. Aktívny mechanizmus na odstraňovanie zvyškov bol navrhnutý pre čistenie priestoru na obežných dráhach Zeme. Jedná sa o priame odstraňovanie týchto zvyškov. Avšak tento mechanizmus má obmedzený rozsah účinnosti, keďže trosky sa po prípadnej nehode šíria veľmi rýchlo a do všetkých smerov a preto je nemožné, aby sa mechanizmy na odstraňovanie úlomkov krížili s dráhami, kde operujú ďalšie satelity. Ďalším problémom je aj to, že aktívne odstraňovanie odpadu vo vesmíre si vyžaduje vysokú úroveň technickej kapacity spolu so značným rozpočtom.

Pre potreby STM a sledovania vesmírneho počasia je potrebné, aby bolo zabezpečené nepretržité sledovanie stavu tohto počasia a na základe nameraných údajov si vymieňať znalosti a informácie medzi jednotlivými štátmi. V prípade zistenia nepriaznivého stavu vesmírneho počasia by sa takáto informácia mala rozšíriť všetkým používateľom vesmíru v záujme zachovania bezpečnosti. Pri návrhu zariadení, ktoré majú plniť misiu vo vesmíre je potrebné, aby sa poznali jednotlivé účinky vesmírneho počasia na jednotlivé zariadenia, a tým sa čo najviac minimalizovalo ohrozenie misie a iných zariadení na orbitách Zeme.

IV. AKTUÁLNE INICIATÍVY V OBLASTI STM

Aktuálne iniciatívy možno rozdeliť na dva hlavné body:

- 1) Minimalizovanie počtu objektov;
- 2) vylepšené/dodatočné dáta a spracovanie. [1]

MINIMALIZOVANIE POČTU OBJEKTOV

Tento program sa zaoberá tým, že by sa výrazne skrátil čas, ktorý sa vymedzuje na odstránenie satelitu z obežnej dráhy na inú obežnú dráhu, na ktorej už nefunkčné satelity nebudú robiť prekážku pre tie funkčné. Takýto manéver môže trvať aj 25 rokov a preto sa apeluje na to, aby sa dosiahlo skrátenie na niekoľko mesiacov, maximálne pár rokov. Druhá možnosť je navrhnuť efektívne aktívne odstraňovanie zvyškov, avšak tento koncept si vyžaduje vysokú technologickú úroveň a obrovský rozpočet. [1]

VYLEPŠENÉ/DODATOČNÉ DÁTA A SPRACOVANIE

Tento program má za účel zredukovať spomínanú bublinu neistoty, teda možnú oblasť, kde sa satelit môže nachádzať. Tým by sa znížil aj počet falošných poplachov.

Táto možnosť zahŕňa presunutie zodpovednosti za sledovanie z vojenského sektoru na civilný, kde by boli vybrané firmy, ktoré by zodpovedali za sledovanie a vydávanie upozornení. Ďalej by sa mohlo do sledovania zapojiť viacej subjektov, ktoré disponujú sledovacími zariadeniami, aby sa viacej zvýšila schopnosť presnej predpovede možného rizika. Hlavné sledovacie systémy by ďalej mohli využívať dáta o polohe od samotných operátorov, pretože tí disponujú dostatočne kvalitnými údajmi spolu s možnosťami prípadných manévrovacích schopností daného satelitu. Na presnejšie určenie polohy by sa mohli taktiež využívať pasívny a aktívny sledovací systém, ktorý by bol umiestnený na objektoch vo vesmíre. Pasívny spočíva v umiestnení retroreflektora na zariadenie, ktoré by potom bolo schopné odrážať vysielaný signál. Aktívny systém spočíva v umiestnení transpondéru na zariadenie, ktorý permanentne vysielá alebo môže byť požiadaný o vyslanie aktuálnej polohy. Tieto systémy sa však dajú aplikovať len na zariadenia, ktoré sa do vesmíru budú vysielat'. Na satelity v prevádzke sa toto uplatniť nedá.

Americká armáda momentálne disponuje úplne novým zariadením nazývaným *Space Fence radar*, ktorý sa nachádza na Marshallových ostrovoch. Tento radar monitoruje určitú časť oblohy a čaká na objekty, ktoré prechádzajú monitorovanou časťou. Tento radar je schopný detegovať objekty na nízkej, strednej a geostacionárnej obežnej dráhe a celkovom počte až 20000 objektov s najmenšou veľkosťou približne 10 centimetrov.

V prípade, že by chcel vstúpiť na trh nový poskytovateľ sledovacích údajov bude potrebné overiť, či sú jeho údaje dostatočne kvalitné a presné a potom sa budú môcť použiť na sledovanie. To platí aj pre systém distribúcie, ktorý bude rozposielať údaje jednotlivým prevádzkovateľom. V prípade možného rizika kolízie je potrebné, aby sa poznal operátor každého satelitu a či je daný satelit aktívny. Preto sa musí udržiavať aktuálna globálna databáza prevádzkovateľov, informácií o obežných dráhach a fyzických údajoch o kozmických zariadeniach. [1]

V. MOŽNOSTI A PERSPEKTÍVY EÚ V OBLASTI STM

Za hlavný problém Európy na poli STM sa považuje závislosť na údajoch od tretích strán, hlavne od USA. Preto sa rozhodlo, že sa vybuduje vlastný program, ktorý bude poskytovať údaje a bude konkurovať iným sieťam. Preto bol v roku 2009 zahájený program SSA – Space Situation Awareness, ktorý umožní Európe byť plne sebestačnou na poli STM. Obsahuje tri základné prvky, a to:

- 1) Vesmírne počasie (SWE) - slúži na monitorovanie a predpovedanie stavu Slnka a medziplanetárneho a planetárneho prostredia, vrátane magnetosféry Zeme, ionosféry a termosféry, ktoré môžu ovplyvniť vesmírnu a pozemnú infraštruktúru, čím ohrozujú ľudské zdravie a bezpečnosť;
- 2) objekty v blízkosti Zeme (NEO) – slúži na detekciu prírodných objektov ako sú asteroid, ktoré môžu potencionálne ovplyvniť Zem a spôsobiť škodu
- 3) Space surveillance and tracking (SST) [2]

SST

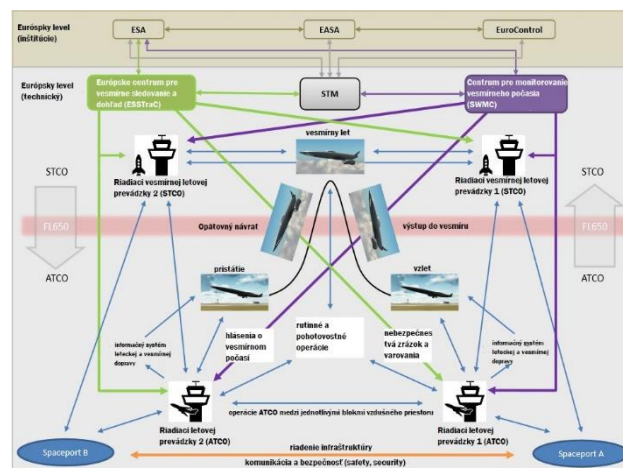
Hlavnou činnosťou segmentu SST je adresár údajov, ktorý obsahuje informácie o všetkých objektoch, ktoré boli zistené na obežnej dráhe. Takýto katalóg objektov je pravidelne aktualizovaný o nové spracované údaje. Aplikácie využívajúce tieto údaje z katalógu potom automaticky vyhodnotia možnosť kolízií medzi tisíckami sledovaných objektov a satelitov v prevádzke a potom v prípade potreby vydávajú varovania satelitným operátorom. Ďalšia aplikácia SST sa zameriava na zisťovanie a predpovedanie rozpadu veľkých kúskov vesmírneho odpadu - zvyčajne nefunkčných satelitov alebo vyšších stupňov nosných rakiet - ktoré môžu znovu vstúpiť do atmosféry a prípadne ohroziť ľudí alebo infraštruktúru na Zemi. Katalógy SST tiež pomáhajú malým prevádzkovateľom satelitov určiť svoju orbitálnu polohu, a tak pomáhajú vedcom využívať lacnejšie satelity – kocky (príklad skCube) na vykonanie hodnotného výskumu. [3]

VI. EURÓPSKY KONCEPT VESMÍRNEHO CESTOVANIA A JEHO REFERENČNÝ OPERAČNÝ SCENÁR

Nemecká DLR sa zaoberala problematikou vesmírneho cestovania point – to – point a dospela ku záveru, že takéto cestovanie sa v rámci Európy nikdy nestane skutočným, pretože čas letu sa rovná času letu konvenčnými lietadlami. Preto vidí

najväčšiu možnosť pre spustenie letov medzi Európou a Amerikou, prípadne Áziou.

Diagram znázorňuje referenčný scenár suborbitálneho letu. Pre tento scenár, let zo Spaceportu A do Spaceportu B (alebo spať na Spaceport A), bolo zvolené lietadlo schopné cestovať po balistickej trajektórii s kapacitou najmenej 6 cestujúcich a s nákladom nad 800 kilogramov. Predpokladá sa, že balistická dráha sa bude mať maximálnu výšku niekde medzi 100 – 500



Obrazok 30: Schéma možného suborbitálneho letu. Zdroj: [4], upravené autorom

kilometrov nad povrchom Zeme a v jej maximálnej výške sa takéto lietadlo zdrží maximálne 1 hodinu.

Celkový postup pri tomto scenári je nasledovný:

- 1) lietadlo bude čakať na odlet po suborbitálnej trajektórii na letisko B z letiska A. Bude pod dozorom riadiaceho letovej prevádzky (ATCO), ktorý je zodpovedný za vzdušný priestor v oblasti letiska A;
- 2) pred odletom musí posádka lietadla dostať všetky potrebné informácie pre let. Tieto informácie zahŕňajú stav *vesmírneho počasia* – napríklad varovanie pred nebezpečným žiarením alebo ionosférické korekcie relevantné pre určenie polohy. Ďalej sú to informácie o *letovom pláne a trajektórii*, ktoré obsahujú aktuálny čas odletu a záložné a pohotovostné trajektórie letu, nakoniec *letový koridor*, ktorý taktiež obsahuje aj záložné a núdzové koridory;
- 3) po obdržaní všetkých potrebných informácií by ich mala posádka lietadla potvrdiť. Tým pádom je pripravená na vzlet. Let je vedený ATCO až po hranicu, kedy je už za priestor zodpovedný STCO. V tomto prípade je zvolená letová hladina 650, teda výška zhruba 22 kilometrov;
- 4) po prevzatí lietadla by bol STCO zodpovedný za vedenie vesmírneho lietadla, kontrolu jeho trajektórie a navrhovanie korekčných manévrov pre zachovanie správnej letovej trasy. Správne zachovanie balistickej letovej trasy je dôležité pre zachovanie bezpečnosti konvenčných a vesmírnych lietadiel pri opätovnom vstupe do vzdušného priestoru, za ktorý je zodpovedný ATCO. Počíta sa aj s tým, že STCO bude

- poskytovať informácie v prípade nepredvídateľnej udalosti – málo paliva, diverzia na iné letisko;
- 5) po odovzdaní lietadla spať do oblasti pod správou ATCO je riadiaci povinný si skontrolovať, či pozícia lietadla súhlasí s plánom a v prípade chyby musí vydať korekčné príkazy pre opätovný návrat na správnu trať;
 - 6) na záver by sa let odriadil ako štandardné lietadlo, teda riadiaci by pilotov naviedol na pristátie na letisko aj s príslušnými manévrami po infraštruktúre letiska.

Na to, aby sa takéto cestovanie mohlo stať skutočným bude potrebný rozsiahly vývoj infraštruktúry – lietadiel a letísk, monitorovacích centier a zariadení a postupov pre komunikáciu, navigáciu a dohľad. Ďalej bude potrebné implementovať prvky STM do existujúceho ATM, aby lety medzi vzdušným a vesmírnym priestorom nespôsobili problémy pre leteckú dopravu. Vo všeobecnosti sa dá povedať, že spolupráca a nájdenie čo najväčšieho konsenzu medzi systémami ATM a STM bude jedna z hlavných priorit. [4]

VII. ZÁVER

Pojem Space Traffic Management už nejakú dobu existuje a využíva sa hlavne pre potreby satelitných operácií. Keďže sa prístup do vesmíru stal omnoho jednoduchším a mnoho spoločností či už zo súkromného, alebo verejného sektora má úmysel umiestniť svoje zariadenia na orbitu Zeme, bolo potrebné, aby sa tento, na počiatku jednoduchý systém, ešte viacej zdokonalil. Najkomplexnejším a najrozvinutejším systémom momentálne disponuje Amerika. Ak to porovnáme s Európou, vyjde nám, že Amerika má voči Európe obrovský náskok v problematike STM a satelitných operácií. Kým si USA neustále zlepšuje svoju sieť, sledovacie možnosti, právne a regulačné záležitosti a niektoré z produktov je aj schopná poskytovať pre iné subjekty, Európa je na oblasti STM pomerne malým hráčom, ktorý sa momentálne snaží získať väčší podiel na trhu s týmito službami. Preto pristúpila k vybudovaniu vlastných kapacít, ktoré by zabezpečili, že Európa by už naďalej nebola závislá na pozorovacích údajoch od tretích strán, ale taktiež by bola schopná konkurovať ostatným systémom, hlavne tomu americkému. Prvé kroky začali v roku 2009, kedy vznikol program SSA. Ako sa bude európsky STM ďalej vyvíjať, ukáže nový pracovný program, ktorý vstúpi do platnosti v roku 2021.

Náskok medzi USA a Európou je na poli komerčného cestovania po suborbitálnych dráhach tiež dosť výrazný. Z dostupných zdrojov vieme, že v USA sú už firmy, ktoré ponúkajú možnosť vesmírneho cestovania. Takýto let síce nevedie z jedného bodu do druhého, ale mohli by sme to pokladať za míľnik, ktorý jedného dňa naberie celosvetový charakter. Európa, žiaľ, ničím takýmto nedisponuje a všetky návrhy sú zatiaľ len na papieri. Európsky referenčný scenár nám ukázal, ako by takéto cestovanie vyzeralo, či by vedelo fungovať a aké systémy sú na to potrebné. Preto bude nevyhnutné, aby sa v Európe dosiahol posun v technológiách, ktoré takéto lety umožňujú. Európa si teda bude musieť vybudovať novú infraštruktúru, monitorovacie siete, plánovacie zariadenia, odborné produkty a služby, ale hlavne pozemné a letecké vybavenie. Vybudovanie niektorých monitorovacích sietí už momentálne prebieha a sú zahrnuté v programe SSA. Tie sa síce

týkajú satelitných operácií, ale ich know-how by sa dalo aplikovať aj do tohto segmentu, prípadne by sa tento program mohol využívať aj pre potreby suborbitálnych letov. V prevádzkovej príručke konceptu Skylon môžeme nájsť návrh letiska, ktoré by bolo schopné vykonávať a obsluhovať takéto lety. Pri niektorých riešeniach, žiaľ, prichádza ku konfrontácii so systémami a postupmi zavádzanými na zefektívnenie leteckej dopravy. Týka sa to hlavne pružného využívania vzdušného priestoru. Preto bude potrebné nájsť pre tento problém, ale aj pre všetky ostatné, ktoré sa môžu naskytnúť, potrebný konsenzus, aby mohli systémy STM a ATM spolupracovať.

Celkovo sa príbuznosť systémov ATM a STM sa v tomto momente môže zdať ako veľká výhoda, keďže si tento novovznikajúci systém môže brať príklad z osvedčených postupov z ATM a implementovať a aktualizovať ich ho do svojho prostredia. Príklad by si taktiež mohol brať aj z navigačných, komunikačných a sledovacích zariadení, ktoré by však bolo potrebné aktualizovať pre potreby vesmírnych letov. Tým by sa mohla znížiť prípadná finančná náročnosť celého projektu. Celkovú finančnú náročnosť možností vesmírneho cestovania nepoznáme, keďže tento scenár sa venoval technickej stránke a stránke uskutočniteľnosti takéhoto projektu. K dispozícii sú zatiaľ len odhady a pri niektorých spoločnostiach aj reálne ceny za let. DLR odhaduje, že v roku 2030 by sa preprava pasažierov a nákladu po suborbitálnych dráhach mohla v Európe stať skutočnosťou. V prvom rade bude teda nutné otestovať a certifikovať potrebné monitorovacie siete, ktoré by mohli vychádzať z monitorovacích sietí pre satelitné operácie. Potom príde na rad pozemná infraštruktúra a na záver plnohodnotný model vesmírneho lietadla. Ten by mal byť v tom čase už plne certifikovaný, takže s jeho testovaním by sa malo začať v dostatočnom predstihu, aby sa mohla hypoteticky v roku 2030 začať prvá prevádzka. Ak zoberieme do úvahy, že dnes certifikácia pre lietadlá trvá približne 5 rokov (podľa EASA), pri aplikovaní na model vesmírneho lietadla nám by sa malo začať s prvými testami okolo roku 2025. Vzhľadom na súčasnú krízu, ktorá zasiahla svet, sa dá predpokladať, že tento časový rámec nebude dodržaný a značne sa omešká.

REFERENCIE

- [1] PETERSON, G., SORGE, M., AILOR, W.: Space traffic management in the age of new space. The Aerospace Corporation [online]. 2018. dostupné na: https://aerospace.org/sites/default/files/2018-05/SpaceTrafficMgmt_0.pdf
- [2] SSA Programme overview. In ESA [online]. Dostupné na: https://www.esa.int/Safety_Security/SSA_Programme_overview
- [3] Space Surveillance and Tracking – SST Segment. In ESA [online]. Dostupné na: https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Surveillance_and_Tracking_-_SST_Segment
- [4] TULLMANN, R. et al.: On the Implementation of a European Space Traffic Management System. DLR GfR [online]. 2017. Dostupné na: https://www.dlr.de/gfr/Portaldata/59/Resources/intern/galileo/air_meets_space_solutions/STM_tuellmann_etal_2017_1_WhitePaper.pdf

- [5] TOMOVÁ, A. 2015. The need for new directions in airspace economics: seventy years after Chicago. *Journal of air transport management*. - ISSN 0969-6997. - Vol. 44-45 (2015), s. 1-7.
- [6] TOMOVÁ, A. 2016. Are commercial revenues important to today's European air navigation service providers? *Journal of air transport management*. - ISSN 0969-6997. - Vol. 54 (2016), s. 80-87.
- [7] MATERNA, M. 2019. Variants of air navigation service providers' business models. *TRANSCOM 2019 [electronic] : conference proceedings*. - ISSN 2352-1465. - 1. vyd. - Amsterdam: Elsevier Science, 2019. - s. 1127-1133 [online].
- [8] GALIERIKOVÁ, A., MATERNA, M., SOSEDOVÁ, J. 2018. Analysis of risks in aviation. *Transport Means 2018 [print, electronic] : proceedings of 22nd International Scientific Conference*. - ISSN 1822-296X. - 1. vyd. - Kaunas: Kaunas University of technology, 2018. - s. 1427-1431 [print, online].
- [9] NOVÁK, A., HAVEL, K., ADAMKO, P. 2019. Number of conflicts at the route intersection – minimum distance model. In *Aviation*. ISSN 1648-7788, roč. 23, č. 1, s. 1-6.
- [10] HAVEL, K., BALINT, V. & NOVÁK, A. 2017. A number of conflicts at route intersections - Rectangular model. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina* 19(2), pages 145-147
- [11] NOVÁK, A. 2011. *Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve*. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [12] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. *Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva*. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.

Bc. Dominik Mrňa – narodený v roku 1996 v Malackách. V roku 2015 absolvoval Gymnázium sv. Františka Assiského v Malackách a následne nastúpil na Katedru leteckej dopravy Žilinskej univerzity v Žiline. Počas štúdia pracoval na letisku M.R. Štefánika v Bratislave na pozíciách pozemnej obsluhy lietadiel, bezpečnostnej kontroly cestujúcich a prevádzkového dispečingu.

OPTIMALIZÁCIA VYHLADÁVANIA OSÔB ZA POMOCI TERMOVÍZNEHO SKENU PROSTRIEDKOV UAV

OPTIMIZATION OF SEARCH FOR PERSONS USING THERMOVISION SCAN USING UAV RESOURCES

Eubomír Nosál

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
lubomir.nosal.2@gmail.com

Pavol Pecho

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Abstract - The main aim of the paper is to optimize person search by using UAV with infrared camera. Author's goal is to confirm experiment which he came up with and to also confirm theoretical knowledge about the discussed matter. The objective of the paper is to look at the problem from as many views as possible. Every point of view has to be analyzed and optimal solution for the problem should be found. In order to use technical devices one has to understand how the machines work and understand the basic principles which the machines are based on. Working principles of infrared cameras are interpreted also the radiation which every object emits and which the camera scans is described. In the master paper are analyzed study cases from real search and rescue missions. The solutions of these study cases are proposed by using UAV with infrared camera. The most important part of the paper is the experimental phase. The optimal angle which the camera is mounted under the UAV is solved and discussed. Also the factors which affect the camera during the flight are evaluated. At the end of the paper one can find concept how to fight COVID-19 by using knowledge acquired from the paper.

Key words – UAV, thermovision, infrared camera, optimal angle, COVID-19.

I. ÚVOD

V dnešnej modernej dobe sa čoraz viac začínajú využívať bezpilotné lietajúce zariadenia. Na začiatku to boli jednoduché stroje, ktoré boli využívané na hobby. Dnes už našli profesionálne využitie v najrozličnejších sférach. Používajú sa hlavne na snímokovanie a prehľadávanie okolia, ale taktiež našli svoj význam aj v poľnohospodárstve na postrek plodín.

Teplota patrí medzi najzákladnejšie a najpotrebnejšie veličiny, bez tepla by neexistoval život. Infračervené kamery snímajú vyžarovanú energiu, ktorá úzko súvisí s teplom. Autor si

ako hlavnú náplň práce vybral skúmanie sústavy bezpilotného lietajúceho zariadenia a infračervenej kamery.

Práca by mala nájsť využitie v praktickom živote a vylepšiť momentálne používané princípy a koncepty. Autor v práci opíše reálne prípadové štúdie z oblasti vyhľadávania osôb vo vysokohorskom teréne. Po spracovaní prípadových štúdií vyhodnotí potrebné údaje na skúmanie. Tieto údaje experimentálne overí. Po získaní údajov a skúseností s praktickým lietaním autor navrhne riešenie prípadových štúdií s optimálnym využitím sústavy UAV a infračervenej kamery.

Pre nájdenie optimálneho riešenia autor považuje za nevyhnutné experimentálne overiť uhol nastavenia infračervenej kamery voči vzťažnej rovine UAV. Na sústavu počas letu vplyva mnoho rozličných faktorov. Tie, ktoré vplyvajú najviac, treba buď eliminovať alebo sa naučiť s nimi pracovať.

II. VŠEOBECNÝ PRINCÍP ČINNOSTI INFRAČERVEJ KAMERY

FYZIKÁLNA PODSTATA ŽIARENIA

Všetky predmety, ktoré majú teplotu väčšiu ako absolútna nula vyžarujú energiu v podobe elektromagnetického žiarenia. Toto žiarenie môžeme taktiež nazvať tepelným žiarením objektu. Žiarenie tohto druhu má súvis s povrchovou teplotou telesa, tým pádom ak dokážeme zmerať intenzitu žiarenia, vieme určiť aj teplotu objektu. Na tomto princípe funguje bezdotykové meranie teploty infračervenou kamerou.

Infračervené žiarenie bolo objavené v roku 1800 astronómom Williamom Herschelom. Je časťou elektromagnetického žiarenia, vlnová dĺžka tohto žiarenia je väčšia ako viditeľné svetlo, ale kratšia ako mikrovlnné žiarenie. Fyzikálnu povahu má podobnú ako viditeľné žiarenie.

Emisivita je schopnosť povrchu telesa vyžarovať elektromagnetické žiarenie. Je bezrozmerná. Jej označenie je ϵ . Emisivita reálnych objektov sa pohybuje v rozmedzí od $0 < \epsilon < 1$

1. Hodnotu 1 dosahuje model telesa, ktoré nazývame absolútne čierne teleso. Hodnotu nula dosahuje ideálne zrkadlo. Emisivitu povrchu musíme brať v úvahu pri meraní s infračervenou kamerou. Emisivita do veľkej miery ovplyvňuje výsledok merania. Chyba môže vzniknúť pri nesprávnom nastavení kamery, alebo pri nevhodnom zhodnotení povrchu operátorom kamery.

INFRAČERVENÁ KAMERA

Konštrukcie novodobých infračervených kamier sa veľmi nelíšia od konštrukcií klasických kamier a fotoaparátov. Zjednodušene môžeme opísať princíp fungovania ako premietnutie dopadajúceho žiarenia cez objektív na detektor. Detektor zmeria intenzitu dopadajúceho žiarenia. Tieto informácie sú ďalej spracované elektronikou a softwarom do digitálnej formy. Je z nich vytvorený obraz a poskytnuté potrebné informácie.

Dnešné infračervené kamery merajú v teplotnom rozsahu od -40°C do $+3000^{\circ}\text{C}$. Citlivosť meraní dosahuje $0,1^{\circ}\text{C}$ a viac. Tieto hodnoty súvisia s teplotou objektu a typom použitej termovíznej kamery. Pre zaujímavosť - ľudské oko dokáže vnímať teploty a teplotné polia objektov ak objekt dosahuje teplotu 500°C a viac.

Konštrukcia infračervenej kamery a základné vlastnosti modulov:

- 1.Modul optiky - Premieta a sústreďuje žiarenie na detektor, prevádza optický rozklad
- 2.Modul detektora -Zmeranie intenzity žiarenia a prevod na elektrický signál
- 3.Elektronika a software - zmena analógového signálu na digitálny, tvorba obrazu, užívateľské funkcie. [2] [3]

III. NÁVRH NA ZMENU LEGISLATÍVY PRE OPTIMÁLNE VYUŽÍVANIE UAV S INFRAČERVENOU KAMEROU

Pri využívaní UAV s infračervenou kamerou pre potreby pátrania a záchrany navrhujem dodanie ďalších bodov do kategórie prevádzky v záchranných zložkách integrovaného záchranného systému: Bezpilotný prostriedok v momentálnej legislatíve môže lietať len za stáleho vizuálneho kontaktu s operátorom. Tento bod pre potreby pátrania a záchrany značne obmedzuje činnosť a dosah UAV. Keďže bezpilotné lietadlo má v podvese kameru, operátor môže bezpečne využívať zariadenie aj bez stáleho vizuálneho kontaktu. Ďalším bodom, ktorý priamo nadväzuje na predošlý bod, je pravidlo maximálnej vzdialenosti UAV a operátora, ktorá činí 1000 m horizontálne. Pri letoch vo vzdušnom priestore triedy G je možné prevádzkovať UAV len do výšky 120m. Pri nastaveniach infračervenej kamery voči UAV s uhlom 60 stupňov a viac je efektívna výška letu nad touto vertikálnou hranicou. Autor navrhuje zvýšiť toto vertikálne obmedzenie pre potreby pátrania a záchrany.

IV. PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA

Lokalizácia osôb pomocou termovízneho skenu s bezpilotným lietajúcim zariadením má veľký potenciál hlavne pri SAR (Search and Rescue) - pátracích a záchranných akciách. Tam, kde sa presne nevie lokalita hľadanej osoby. Jedným takýmto odvetvím je Horská záchranná služba. Po odborných konzultáciách so skúseným členom Horskej záchranej služby bolo možné vypracovať prípadové štúdie pre využitie UAV pre SAR.

PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA:

Prípada sa odohral na jeseň v septembri roku 2019. Jednalo sa o návštevníkov Vysokých Tatier z Českej republiky. Približná poloha nezvestných v tomto prípade je daná.

Horolezci mali v úmysle vyliezť na Kežmarský štít Birkenmajerovou cestou. Výstup na štít im zabral viac času ako očakávali a pri zotmievaní ešte aj zablúdili. Pretože neboli zranení a v plnej fyzickej kondícii, rozhodli sa nevolať o pomoc a spraviť si bivak na večer. Ráno po chladnej noci usúdili, že nevedia naviazať späť na lezeckú cestu, ktorou liezli a tak zavolali o pomoc na ústredňu Horskkej záchranej služby.

Na Horskkej službe usúdili, že dvojica horolezcov nepotrebuje okamžitú pomoc a nie sú zranení. Nebolo nutné, aby pracovník Horskkej služby liezol na vrchol Kežmarského štítu a odtiaľ navigoval stratených na vrchol. Kežmarský štít sa nachádza v Skalnatej doline juhovýchodne od Lomnického štítu. Na Lomnický štít vedie od Skalnatého plesa lanovka. Členovia Horskkej záchranej služby kontaktovali pracovníkov lanových dráh a požiadali ich o pomoc pri lokalizovaní nezvestných pomocou ďalekohľadu. Po lokalizovaní stratených člen Horskkej služby pomocou mobilného zariadenia úspešne znavigoval dvojicu horolezcov až na vrchol Kežmarského štítu, odkiaľ sa po zostupovej ceste vrátili do bezpečia. Prípady straty orientácie v horách sú bežné. Narozdiel od tohto prípadu, nie všade sa nachádzajú lanové dráhy alebo je terén obývaný ľuďmi. V prípade, kde by externí ľudia nevedeli lokalizovať stratené osoby, by museli pracovníci Horskkej služby vyliezť a nájsť stratených horolezcov. V tomto prípade sa dá využiť bezpilotný lietajúci prostriedok s infračervenou kamerou, ktorý by za pomoci jeho operátora doletel pod štít a pomocou vyžarovanej energie by našiel stratených. Potom za stáleho kontaktu UAV s termovíziou by operátor naviedol hľadané osoby späť na zostupovú cestu.



Obrázok 1: Birkenmajerova cesta na Kežmarský štít, približná poloha stratených v čiernom krúžku [1]

POSTUP RIEŠENIA PRÍPADOVEJ ŠTÚDIE S VYUŽITÍM UAV POMOCOU INFRAČERVENEJ KAMERY

Pátracia a záchranná akcia druhu uvedenom v prípadovej štúdií by sa konala za pomoci UAV s infračervenou kamerou, ak by horolezci uviazli v stene, pri ktorej by bola potreba zásahu HZS. Postup členov HZS je nasledovný. Po prijatí hovoru a identifikácii steny v ktorej sa horolezci nachádzajú, členovia HZS vyrazia spolu s technikou UAV do bodu, odkiaľ má UAV dolet. Vo väčšine prípadov, po začiatok doliny v ktorej sa stena nachádza. Členovia prichytia infračervenú kameru pod UAV s horizontálnou orientáciou (0°). Letová cesta bude odlišná ako v ostatných prípadoch. UAV nebude sledovať cestu v horizonte, ale vo vertikále. Operátor UAV identifikuje začiatok lezeckej cesty na infračervenej snímke a vo vertikálnom lete smerom nahor prehľadá stenu. Bude nasledovať lezeckú líniu spolu s možným vybočením lezcov. Po vyhladaní stratených lezcov ich pomocou mobilného telefónu znaviguje späť na zostupovú cestu. V danom prípade operátor bude letieť s dronom 250m od steny. Je to experimentálne zistená hodnota, ktorá určuje pri danej konfigurácii maximálnu vzdialenosť pri ktorej je možné rozoznať na infračervenom snímku osoby. Pri vyhladávaní osôb na skalnej stene je predpoklad dobrého tepelného rozdielu osôb s terénom. Nepredpokladá sa výskyt mylných teplých bodov, ani ďalších osôb. Teplota skalnej steny závisí od jej orientácie a polohy slnka.

Využitie UAV s termovíziou je v prípadoch tohto druhu žiaduce. Šetri energiu a čas záchranárov, ktoré môžu byť využité pri akciách so zranenými osobami. Záchranár by musel vylietť celú stenu až na vrchol, z vrchola pomocou ďalekohľadu lokalizovať stratených a odtiaľ ich navigovať smerom hore ku nemu. Z vrcholu by potom spolu zlanili do doliny. Pri použití UAV nemusí ani prísť do doliny, stačí mu pozícia na dolet UAV. Akcia bez použitia UAV zaberie pol dňa, s použitím do niekoľkých hodín. [12]

V. PRAKTICKÁ ČASŤ**EXPERIMENTÁLNE OVERENIE NASTAVENIA KAMERY VOČI ROVINE UAV**

Prvým krokom pri hľadaní optimalizácie vyhladávanie osôb za pomoci infračervenej kamery je nájdenie nastavenia uhla kamery voči vzťažnej rovine lietajúceho zariadenia. Uhol nastavenia bude autor overovať experimentálne. Určí rôzne nastavenia infračervenej kamery voči UAV a bude sledovať ako sa mení maximálna vzdialenosť a výška rozoznania osoby v teréne.

VYHODNOTENIE

Uskutočnili sa 3 letové dni, v ktorých bolo viacero letových úloh pre vyhodnotenie optimalizácie vyhladávanie osôb za pomoci termovízneho skenu prostriedkom UAV.

Hlavnou úlohou bolo nájdenie správneho uhla podvesenia kamery pod UAV. Autor dospel k záveru – nie je možné určiť jeden uhol, ktorý bude optimálny pre každý let. Je možné určiť optimálny uhol kamery pre hlavné skupiny situácií.

Sklon kamery s horizontálnou orientáciou (0°) vyhodnotil autor ako nevyhovujúci v bežných situáciách pre

potreby vyhladávanie osôb za pomoci infračervenej kamery s UAV. Tento sklon je možné využiť len v špecifických prípadoch. Vid' prípadovú štúdiu.

Sklon kamery s 20° uhlom voči UAV vyhodnotil autor ako za jedno z hlavných nastavení. Tento typ nastavenia je vhodný do rovných terénov bez významných prekážok. Je ho možné využiť pri pátracích akciách v dolinách. V dolinách vysokohorského prostredia nie je veľa flóry, čo robí tento sklon kamery optimálnym pre dané prostredie. Dosah infračervenej kamery v našej konfigurácii bol experimentálne overený na 269 m pri výške 54 m.

Sklon kamery so 60° uhlom voči UAV je vhodný na použitie do terénu s vyššími prekážkami. Nevýhodou 60° sklonu je znížená dopredná dohľadnosť a tento sklon kamery kladie vyššie nároky na techniku pilotáže operátora UAV. Experimentálne overený dosah danej infračervenej kamery pri 60° náklone kamery je 203m vo výške 120m. Praktické skúsenosti preukázali potrebu nižšieho letu, hlavne v oblasti s flórou.

Sklon kamery s vertikálnou orientáciou (90°) autor doporučuje použiť v husto zalesnenom, zastavanom, zarastenom prostredí. Dopredná letová dohľadnosť je skoro nulová. Autor doporučuje pri tomto nastavení použiť sekundárnu vizuálnu kameru pre potreby navigácie. Experimentálna maximálna výška počas ktorej je stále rozoznateľná hľadaná osoba je 120m. Okrem optimálneho uhla kamery boli vyhodnotené faktory, ktoré vplyvajú na prevádzku takejto sústavy. V diplomovej práci boli vyhodnotené faktory: vplyv letovej cesty UAV, teplota, vlhkosť, vietor, oblečenie osôb, orografia.

Faktor, ktorý najviac ovplyvňuje danú problematiku je teplota. Nejedná sa o vonkajšiu teplotu, ale o teplotu prostredia/pozadia na ktorom je hľadaná osoba snímaná. Vplyvom emisivity prostredia môže byť aj reálne studený objekt na infračervenej snímke vykreslený ako teplý a znížiť teplotný rozdiel medzi osobou a prostredím. S týmto javom musí operátor UAV počítať a letovú cestu pri vyhladávaní prispôbiť podmienkam daného letového dňa.



Obrázok 2 : Príklad maximálnej vzdialenosti s nastavením 60° [11]

Tabuľka 1: Namerané hodnoty uhlu kamery vs vzdialenosti [11]

Uhol kamery	0°	20°	60°	90°
Maximálna vzdialenosť	250 m	269 m	203 m	20 m
Výška	1 m	54 m	120 m	120 m

Tabuľka 2: Zhodnotenie výsledkov uhlu nastavenia kamery [11]

Uhol Nastavenia	0°	20°	60°	90°
Výhody	Let v nízkej výške, ak je výškové obmedzenie. Snímaná celá plocha osoby.	Najväčšie využitie, ďaleký dosah kamery, pri optimálnej výške letu.	Dosah kamery v oblasti s prekážkami, viditeľnosť cez koruny stromov	Let v ťažko dostupnom teréne.
Nevýhody	Už aj malé prekážky vytvárajú kamerový tieň.	Malé a stredné objekty vytvárajú prekážky. Maximálne prekážky – auto, ker, plot.....	Horizontálna dohľadnosť znížená, snímaná plocha osoby zmenšená. Nižšia letová výška v oblasti stromov.	Žiadna dopredná dohľadnosť, osoby sú snímané ako teplé body.
Prostredie využitia	Špeciálne prípady – snímanie vo vertikále (skalné steny)	Lúky, polia, doliny s malou a strednou flórou.	Prostredie s vysokými prekážkami – stromy, budovy, kamene. Ich výskyt riedky až stredný	Prostredie s vysokými prekážkami s hustým výskytom.

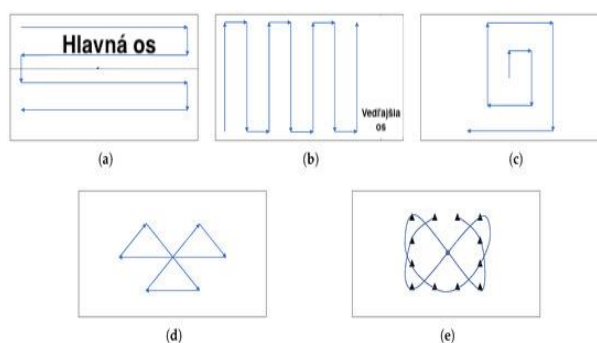
LETOVÉ CESTY

Okrem poznania správneho nastavenia kamery, treba pri lokalizácii osôb pomocou infračervenej kamery zvoliť správnu letovú cestu. Správna letová cesta musí umožniť prehľadat' celú vopred definovanú plochu v čo najkratšom čase. Nie je možné určiť jeden typ letovej cesty, ktorý bude vždy najoptimálnejší. Pri rozhodovaní aký typ letovej cesty bude pri vyhľadávaní využitý, treba zobrať do úvahy viacero faktorov. Faktory ovplyvňujúce výber vhodnej letovej cesty: Typ bezpilotného lietajúceho zariadenia a kamery, nastavenie kamery, poveternostné podmienky, rozloha prehľadávanej plochy, členitosť a štruktúra plochy, vyhradené letové priestory, informácie o hľadanej osobe, počet dostupných UAV.

Pri skúmaní terénu za pomoci leteckej techniky sa využívajú buď jednoduché obrazce, alebo zložité obrazce za využitia algoritmov. Pre potreby vyhľadávania osôb za pomoci termovízneho skenu postačujú jednoduché obrazce, keďže sa pozná približná lokalita aj plocha, v ktorej sa bude lietať.

Pri voľbe nalietavaného obrazca treba brať do úvahy jeho zložitosť. Čím je obrazec zložitejší, tým viac zmien kurzov

v ňom bude. Pri zmene kurzu musí operátor bezpilotné lietadlo spomaliť, zvoliť a previezť nový letový smer a opäť nabráť rýchlosť. Tieto zmeny kurzov a letových režim pohlcujú čas a výdrž batérie. Letové obrazce, pri ktorých sa dbá na čo najefektívnejšie využívanie energie sa nazývajú energy-aware paths. [4] [5]



Obrázok 3: Příklad letových ciest [10]

FAKTOR TEPLOTA PRI VYHĽADÁVANÍ OSÔB ZA POMOCI UAV S INFRAČERVENOU KAMEROU

Pri praktickom overovaní optimalizácie vyhľadávania osôb za pomoci termovízneho skenu s prostriedkom UAV boli vykonané 3 letové dni. V dvoch prípadoch bola teplota okolo 12° C a v treťom dni dosiahla teplota 23° C. Autor z nameraných výsledkov vyvodil záver. Rozdiel teplôt v danom rozsahu nemal vplyv na teplotu osôb a ich zobrazenie na infračervenej snímke. Pri vyhľadávaní osôb za pomoci infračervenej kamery malo najväčší vplyv pozadie, na ktorom sa nachádzali osoby. Praktické cvičenia sa vykonávali nad poľom, lúkou a aj v prostredí s výraznejšou flórou. Tieto prostredia aj vplyvom vyššej teploty (23° C) boli na infračervenej snímke vykreslené ako chladné a bol vytvorený dostatočný teplotný rozdiel medzi prostredím a osobou pre vyhľadávanie.

Teplotné prostredie a pozadie, na ktoré mala vplyv teplota, boli umelo vytvorené objekty. Boli to napríklad stĺpy elektrického vedenia, cesty, strechy... .

Treťou kategóriu sú pozadia, na ktoré nemala vplyv teplota. V reále boli studené, ale infračervená kamera ich vykreslila ako teplé objekty. Sú to napríklad lesklé objekty, ktoré odrážajú slnečné žiarenie. Pri experimentálnom overovaní boli takými objektami napríklad – Auto, budovy, terénne nerovnosti... . [6]



Obrázok 4: Rôzne typy povrchu a ich vplyv na infračervenú snímku [11]

Na obrázku číslo 3 sú znázornené 3 typy povrchov. V prvom krúžku (bielom) je nasnímané pole. Je to typ pozadia, ktoré je v reále aj na snímke studené. V druhom krúžku (červenom) je znázornené pozadie, ktoré je teplé reálne a aj na snímke. Je to cesta. Je možné na infračervenej snímke pozorovať rozdielne materiály cesty. Cesta je po oprave a záplata je zohriata viac ako pôvodný materiál cesty. V treťom krúžku (zelenom) je znázornený zdanlivo teplý povrch. Je to spôsobené odrazom slnečného žiarenia a typom povrchu.

VI. RIEŠENIE MOMENTÁLNEJ SITUÁCIE – COVID-19

COVID-19

Ku dňu 17.05.2020 je vo svete rozšírený vírus nazývaný COVID-19. COVID-19 je koronavírusom SARS-CoV-2. Je to infekčné ochorenie, ktoré sa u pacientov prejavuje závažným respiračným ochorením. Postihuje dýchací systém, kedy môže dôjsť až ku ťažkému zápalu pľúc a úmrtiu. Medzi hlavné príznaky ochorenia patrí zvýšená teplota – vo väčšine prípadov nad 38° C, kašeľ, problém s dýchaním, bolesť svalov, bolesť hlavy, únava a strata čuchu a chuti. Vírus je vysoko nákazlivý a vo svete vládnu tvrdé opatrenia proti ďalšiemu šíreniu. Väčšina štátov uzatvorila svoje hranice, pohyb obyvateľov je obmedzený. Zvýšená teplota patrí medzi prvé príznaky ochorenia. Opatrenia prijaté vo svete zahŕňajú meranie teploty pred vstupom do uzatvorených priestorov. Spôsobov merania teploty za týmto účelom je viacero. Používajú sa bezkontaktné teploměry, stacionárne infračervené kamery, alebo prechody, ktoré automaticky zmerajú teplotu človeka a ihneď ju vyhodnotia.

Autor prišiel na jedno z možných riešení proti boju s COVID-19 a to praktickým využitím jeho poznatkom zo spracovávnych údajov z diplomovej práce. Je to používanie bezpilotného lietajúceho zariadenia s infračervenou kamerou. Infračervené kamery používané v takejto sústave musia merať s vysokou presnosťou. Kamera FLIR Vue Pro 336, ktorá bola použitá na praktickú časť diplomovej práce nespĺňa požadované vlastnosti. Slovenská republika ku dnešnému dňu disponuje s infračervenými kamerami, ktoré dosahujú požadované parametre. Tieto kamery budú využívané na stacionárne meranie teplôt.

NÁVRH RIEŠENIA

Infračervené kamery podvesené pod UAV nebudú merať teplotu osobám tesne pred vstupom do budov. Zariadenie bude slúžiť na zmeranie teploty vo väčšej vzdialenosti, ešte pred vstupom do budovy alebo areálu. Ak sa budú merať teploty osobám vo väčšej vzdialenosti od vstupu do areálu a nebude jedno fixné miesto na toto meranie, zabráni sa tvoreniu radám a zoskupovaniu ľudí. V radách sa zvyšuje riziko nakazenia od chorej osoby. Z praktických znalostí z diplomovej práce autor navrhuje 20° stupňový sklon kamery voči UAV, tento sklon zaistí potrebnú letovú výšku, vzdialenosť UAV od meraných osôb a takisto nasníma meranú plochu osoby pod malým uhlom. Hlavnou výhodou použitia navrhovaného systému je jeho flexibilita.

Momentálne na letisku Incheon International Airport, ktoré sa nachádza v Kórejskej republike zaviedli meranie teploty na letisku. Využívajú stacionárne body a merajú s kamerami FLIR T530. Merania sa vykonávajú v troch oblastiach : 1. Pred odbavením cestujúcich 2. pred bezpečnostnou kontrolou 3. pred nástupom do lietadla.

Kamery slúžia len na hrubé meranie, ak sa zistí zvýšená teplota, kamera vydá zvukový signál. Pracovníci letiska následne podozrivej osobe zmerajú teplotu ručným teplomerom a zhodnotia jej zdravotný stav.

Infračervenú kameru FLIR T530 za použitia s UAV by bolo potrebné mierne upraviť pre podvesenie. Výrobca udáva dosah kamery 40 m, čo je dostačujúce pre použitie pod UAV.

Meranie teploty za použitia infračervenej kamery FLIR T530 na letisku Incheon International Airport vykazuje problém s nedostatočnou kapacitou kamier. Meranie cez fixný bod vytvára problém hromadenia osôb. Návrh využitia UAV by tento problém odstránil a selektoval by osoby ešte pred vstupom do tohto fixného bodu. Meranie teploty za pomoci UAV by slúžilo len na hrubé odhadnutie teploty, selektované osoby by sa podrobili ručnému (presnému) meraniu teploty. [7] [8] [9]

VII. ZÁVER

Hlavnou náplňou práce bolo overiť návrh vyhľadávania osôb za pomoci termovízneho skenu s prostriedkami UAV. Pri overovaní návrhu bolo cieľom získať potrebné údaje na optimalizáciu daného návrhu.

Pri vypracovaní práce autor zhodnotil návrh z teoretickej aj praktickej stránky. V teoretickej časti bola analyzovaná infračervená kamera vo všeobecnosti. Už v tejto časti práce boli vyslovené možné chyby a problémy, ktoré môžu nastať pri praktických letových úlohách. Tieto možné chyby boli prediskutované a v letových úlohách sa na nich bral ohľad.

Počas experimentálneho overovania letových cvičení autor došiel k jednému zo záverov. Pri dodržiavaní momentálnych legislatívnych opatrení nie je možné sústavu UAV a infračervenej kamery využívať v rozsahu celého potenciálu. Autor navrhol úpravu legislatívy

Aby práca nezostala len v teoretickej hladine, boli vypracované reálne prípadové štúdie. Vďaka vypracovaniu prípadových štúdií autor mohol navrhnuť experimentálnu časť. Po odlietaní experimentálnej časti sa autor opäť vrátil ku prípadovým štúdiám a navrhol ich riešenie so sústavou UAV a infračervená kamera s optimálnym riešením, ktoré má ušetriť čas a energiu členom Horskej záchranej služby.

Praktické overenie návrhu tvorí najpodstatnejšiu časť práce. Autor najprv popísal teoreticky cvičenie, ktoré potom experimentálne overil. Nanešťastie sa nepodarilo všetky navrhované aspekty overiť experimentom. Najdôležitejším zistením práce bolo overenie uhlu nastavenia kamery voči vzťažnej rovine bezpilotného lietajúceho prostriedku. Nie je možné určiť jeden uhol za optimálny, ale určili sa hlavné uhly nastavenia a boli popísané prostredia v ktorých je využitie daných uhlov optimálne. Ďalej boli overené faktory, ktoré vplyvajú na vyhľadávanie osôb za pomoci danej sústavy. Sú to faktory ako vonkajšia teplota, teplota prostredia, oblečenie vyhľadávaných osôb, prostredie, v ktorom sa vyhľadáva.

V období písania diplomovej práce vo svete zúri smrteľný a vysoko nakažlivý vírus, nazývaný COVID-19. Autor aplikoval praktické výsledky z práce a našiel využitie pre sústavu UAV s infračervenou kamerou v boji proti vírusu. Na konci práce je popísaný návrh riešenia.

POĎAKOVANIE

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

REFERENCIE

- [1] <http://www.tatry.nfo.sk/tlac.php?kod=02940722:Ke%9Emarsk%FD-%9At%EDt:2558> + autor
- [2] ŠIMKO, M., CHUPÁČ, M. 2007. Termovízia a jej využitie v praxi / Žilinská univerzita, Elektrotechnická fakulta, 2007. - 110 s. ISBN 978-80-8070-654-8
- [3] Všeobecný princíp fungovania termokamier - <http://www.termokamera.cz> [Dátum návštevy: 20.03.2020]
- [4] PECHO, P., AŽALTOVIČ, V., ŠKVAREKOVÁ, I., BUGAJ, M. 2019. UAV usage in the process of creating 3D maps by RGB spectrum, Transportation Research Procedia, Volume 43, 2019, Pages 328-333, ISSN 2352-1465
- [5] BOBÁL, P., SIPINA, S., ŠKULTÉTY, F. 2017. Aspects of Aerial Laser Scanning when exploring unknown archaeological sites (Case study), Transportation Research Procedia, Volume 28, 2017, Pages 37-44, ISSN 2352-1465
- [6] PECHO, P., AŽALTOVIČ, V., KANDERA, B. & BUGAJ, M. 2019. Introduction study of design and layout of UAVs 3D printed wings in relation to optimal lightweight and load distribution. Transportation Research Procedia 40, pages 861-868. COVID-19 - <https://korona.gov.sk/co-je-covid-19/> [Dátum návštevy: 02.05.2020]
- [7] Využitie infračervených kamier v boji proti COVID-19 - https://www.flir.com/discover/incheon-international-airport-chooses-flir-thermal-imaging-cameras-in-response-to-the-covid-19-pandemic/?utm_content=1590074594&utm_medium=social&utm_source=linkedin&fbclid=IwAR2zXACNvjQxYeeK3p94ap41Ejsa-NvcQT00EhBx0-wLGiY5rO9iw5gfkpg [Dátum návštevy: 27.05.2020]
- [8] Infračervená kamera FLIR T530 <https://www.flir.com/products/t530/> [Dátum návštevy: 27.05.2020]
- [9] <https://www.mdpi.com/2504-446X/3/1/4/htm>
- [10] Autor
- [11] KURDEL, P., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A., LUBUN, J. 2019. UAV flight safety close to the mountain massif. Transportation Research Procedia, Volume 43, 2019, Pages 319-327, ISSN 2352-1465.
- [12] BUGAJ, M. 2015. Aeromechanika 1: základy aerodynamiky. Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.

Bc. Ľubomír Nosál –narodený v Poprade absolvoval v roku 2015 Gymnázium Life Academy v Poprade, následne od roku 2015 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava. . Od 2018 začal študovať inžiniersky stupeň na Žilinskej univerzite v Žiline odbor Technológia údržby lietadiel.

TBC VRSTVY A ICH VPLYV NA ZVYŠOVANIE TEPELNEJ ODOLNOSTI MATERIÁLOV

TBC LAYERS AND THEIR INFLUENCE ON INCREASING THE THERMAL RESISTANCE OF MATERIALS

Mário Novakov

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
mario.novakov@icloud.com

Jozef Čerňan

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
jozef.cernan@fpedas.uniza.sk

Abstract – Paper is dedicated to TBC protective elements, which are used to increase heat resistance of materials used in aircraft turbine engines. In individual sections are described in detail methods of protection and increase in heat resistance using TBC materials further described in the paper. Protective elements are applied to combustion chamber and the assembly behind it – turbine and exhaust nozzle of the jet engine. Paper is dedicated to general theory of turbine engine parts, TBC layers and final experiment. Significance of these TBC layers and comparison of the same material with and without TBC layer will be aim of the experiment with thermal camera and gas burner which will simulate environment of combustion chamber.

Key words – TBC, layers, combustion chamber, blades, turbine, temperature

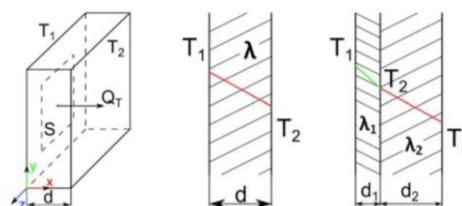
I. ÚVOD

Snaha o najvyššiu termodynamickú účinnosť v plynovej turbíne súvisí s dosiahnutím najvyššej možnej teploty plynov vyžarovaných zo spaľovacej komory. Hoci v súčasnosti používané palivo by umožnilo zvýšiť teplotu plynu takmer na 3 000 °C, je zrejme, že obmedzujúcim faktorom sú materiály spaľovacích komôr a plynových turbín. V každej leteckej spoločnosti je palivo jeden z nákladov, ktorý sa snažia o maximálne efektívne využitie. Žiaruvzdorné zliatiny niklu a kobaltu odolné voči tečeniu, ktoré sú používané na konštrukciu týchto častí majú maximálnu prevádzkovú teplotu 1200 °C. Ich výhodou je práve vysoká pevnosť a odolnosť proti tečeniu a oxidácii pri takých vysokých teplotách. Existuje preto snaha do budúcnosti vytvoriť systém kompozitného materiálu, ktorý by zaistil ochranu žiaruvzdorného materiálu odolného voči tečeniu pred teplom a umožnil by jeho použitie pri teplotách vyšších ako je jeho prevádzková teplota. Takéto ochranné prvky sú dnes tepelno-izolačné vrstvy (TBC), pozostávajúce z dvoch alebo

viacerých vrstiev. Prvá kovová vrstva môže byť na báze NiAl, NiCr, NiCrAlY alebo CoCrAlY, ktorá zlepšuje odolnosť základného materiálu - niklovej zliatiny proti korózii a tiež zlepšuje príľnavosť druhej vrstvy. Druhá vrstva obsahuje keramický materiál na báze $ZrO_2 + Y_2O_3$, ktorý odoláva vysokým teplotám bez nežiaducej oxidácie a má nízku tepelnú vodivosť. Predpokladá sa, že vrstva TBC na žiaruvzdorných zliatinách umožňuje prevádzku pri teplotách až o 300 °C vyšších ako je pôvodná prevádzková teplota.

Prenos tepla cez pevnú stenu

Podľa vedenia tepla je tepelný tok Q_T určený Fourierovým zákonom. Je potrebné poznať distribúciu a priebeh teploty v pozorovanom objeme, v závislosti od smeru a času: $T = T(x, y, z, t)$.



Obrázok 1: Vysvetlenie prenosu tepla cez pevnú stenu

Stály tepelný tok na obrázku 1 cez definovanú časť rovinnnej steny s hrúbkou d a koeficientom tepelnej vodivosti λ sa vytvára, ak prvý povrch ($x = 0$) má konštantnú teplotu T_1 a opačnú plochu ($x = d$) má konštantnú teplotu T_2 , kde $T_1 > T_2$. Teplota vo vnútri steny preto spadá do úvahy od T_1 do T_2 v pomere k vzdialenosti x .

Ak poznáme funkčný vzťah $T(x)$, môžeme určiť tok tepla cez S , ako:

$$Q_T = \lambda / d \cdot (T_1 - T_2) \cdot S$$

Ak vezmeme do úvahy kompozitnú stenu s hrúbkou $d = d_1 + d_2$, pričom jej zložky majú koeficient tepelnej vodivosti $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$. Tepelný tok Q_T je v tomto prípade určený rozdielom

teploty na hraničných stenách dvoch komponentov, t. j. T_1 , T_2 , T_3 udržiavajúcich rovnakú plochu S .

$$Q_T = \lambda_1/d_1 \cdot (T_1 - T_2) \cdot S + \lambda_2/d_2 \cdot (T_2 - T_3) \cdot S$$

II. POPIS EXPERIMENTU

Pre tento experiment bola použitá žiaruvzdorná zliatina, označená podľa ruskej normy GOST ako EI 435, s plazmovým TBC nástrekom v ochrannej atmosfére Argónu. Vzorka materiálu potiahnutého TBC a vzorka bez TBC, obidve s rozmermi 4 x 3 cm, boli zaliate do vysokoteplotnej epoxidovej živice, ako je znázornené na obrázku 2 a 3 testované v laboratórnej zostave (obrázok 4). Samotný materiál vzoriek s TBC a bez vrstvy TBC sú znázornené na obrázkoch 4 a 5.



Obrázok 2: vzhľad vzoriek v epoxidovej živici s TBC



Obrázok 3: vzhľad vzoriek bez TBC

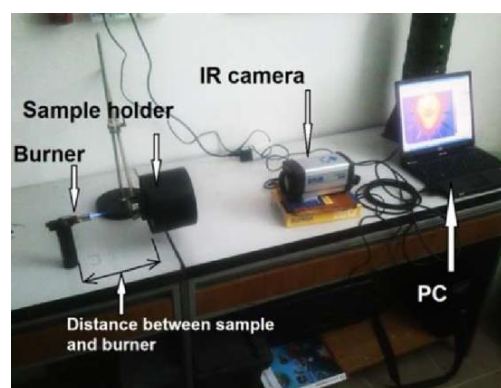


Obrázok 4: vzhľad testovaného materiálu bez TBC



Obrázok 5: vzhľad testovaného materiálu s TBC

Pokus sa uskutočnil v polohe horáka vo vzdialenosti 10 cm (teplota 1070 °C na horúcej strane vzorky), 15 cm (600 °C) a 20 cm (300 °C) od držiaka vzorky.



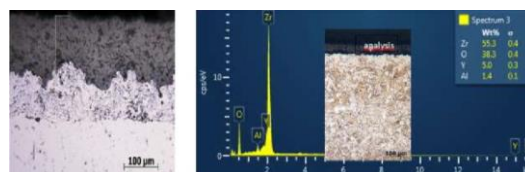
Obrázok 6 - laboratórne vybavenie pre meranie

Predpísané chemické zloženie zliatiny niklu EI435 podľa noriem GOST je uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1: Chemické zloženie zliatiny podľa EI 435

Materiál	Ni (wt%)	Cr (wt%)	Si (wt%)
EI 435	70 - 77	22	< 0.8
Mn (wt%)	Ti (wt%)	Fe (wt%)	C (wt%)
< 0.7	0.35	< 6	< 0.12

Vrstva TBC bola analyzovaná v snímacom elektrónovom mikroskope s použitím energetickej disperznej röntgenovej (EDX) chemickej elementárnej analýzy po príprave. Ako je znázornené na obrázku 7, prítomnosť prvkov ako sú Zr, Y a O naznačuje, že vrstva TBC s hrúbkou približne 250 µm tvorila keramický povlak ZrO_2 + stabilizačnej zložky Y_2O_3 typicky vyrobený z približne 7% hmotnosti Y_2O_3 (Keramika 7YSZ).

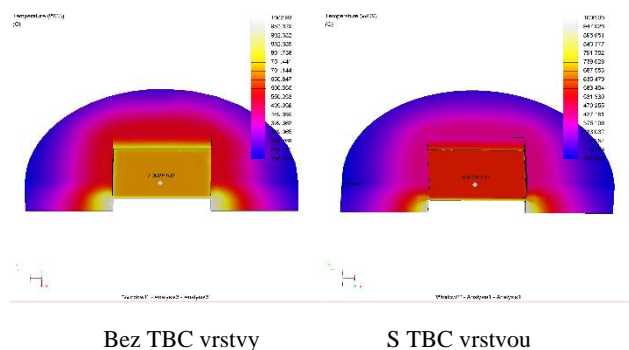


Obrázok 7: vzhľad a analýza plazmatických TBC

III. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Simulačný model tepelného prúdu bol vytvorený v softvérovom nástroji CREO 3.0 a príslušnom počítačovom vybavení. Vlastnosti týchto dvoch použitých materiálov sú v tabuľke 2 spolu s materiálom epoxidovej živice, ktorý slúžil ako rám vzoriek. Pre lepšiu viditeľnosť prenosu tepla materiálom sa použil polovičný rez vzorky.

Pripravený model bol v režime tepelnej simulácie vystavený tepelnému zaťaženiu 27000 mW, čo zodpovedá teplote plameňa horáka asi 1000 °C. Opačná studená strana vzorky bola stanovená počiatčnou teplotou 20 °C a koeficientom konvekčného chladenia 0,01 W / (m².K). Výsledky simulácie na obrázku 6 ukazujú distribúciu teploty vo vzorkách.



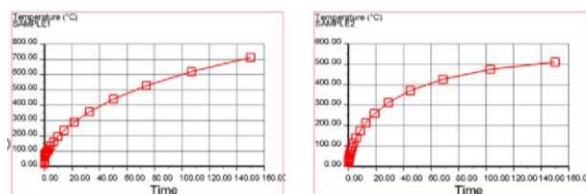
Obrázok 8: simulačné výsledky distribúcie tepla vo vzorkách

Tabuľka 2: Fyzikálne vlastnosti materiálov v simulácii prenosu tepla

Materiálové vlastnosti	EI434	TBC vrstva	epoxid
Hustota (g/cm ³)	8.49	6.05	1.30
Youngov modul pružnosti (MPa)	195	149	2.99
Koeficient tepelnej rozťažnosti (m/m.K).10 ⁻⁶	12.2	9.91	5.99
Poissonova konštanta	0.3	0.25	0.37
Špecifická tepelná kapacita	405	420	1047.6
Tepelná vodivosť	14.6	2.1	0.188

Výsledky ukazujú, že model s vrstvou TBC v simulácii za rovnakých podmienok tepelného zaťaženia vykazuje na studenej strane teploty vzorky 582,2 °C, zatiaľ čo materiál bez TBC vykazuje teplotu 700,2 °C. Grafické znázornenie závislosti teploty od času tejto simulácie je na obrázku 9. Existuje tiež pozitívny vplyv vrstvy TBC pri poskytovaní odolnosti proti

teplnému toku cez plochu povrchu vzorky. Výsledky výpočtovej simulácie boli potom konfrontované s výsledkami experimentov uskutočnených v laboratóriu s použitím plynového horáka a infračervenej kamery a sú v priamej zhode s nameranými údajmi z experimentov s horákom umiestneným vo vzdialenosti 10 cm od vzorky. (Teplota na horúcej strane vzorky dosiahla približne 1 000 °C).

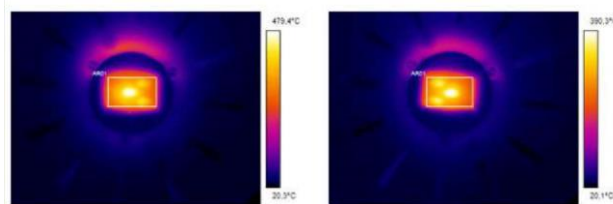


Bez TBC

S TBC

Obrázok 9: Simulácia teploty

Termokamera typu FLIR A40M používaná na skenovanie je pripojená k počítaču prostredníctvom rozhrania FireWire IEEE-1394. Obrázok 10 zobrazuje tepelné obrazy pre vzorku bez vrstvy TBC a vzorky potiahnuté TBC vo vzdialenosti 10 cm medzi horákom a držiakom vzorky. Výsledky experimentov vykonaných v laboratóriu budú konfrontované s výsledkami simulácie v softvérovom nástroji CREO 3.0.

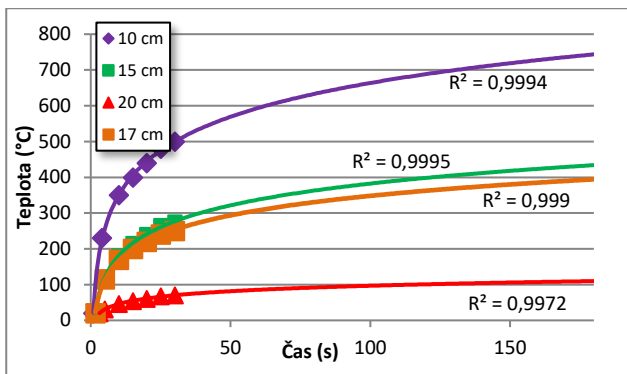


Bez TBC

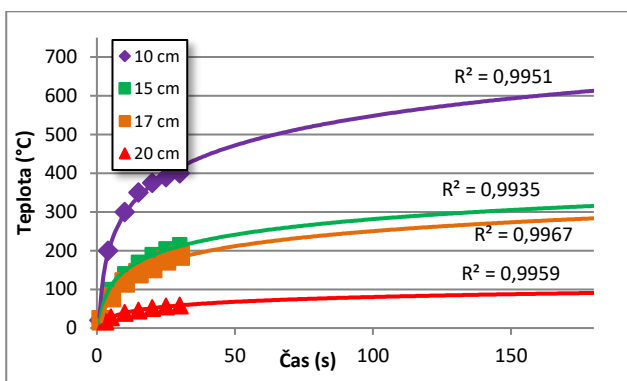
S TBC

Obrázok 10: Infračervená kamera - fotografie vzoriek studenej strany - vzdialenosť horáka: 10 cm

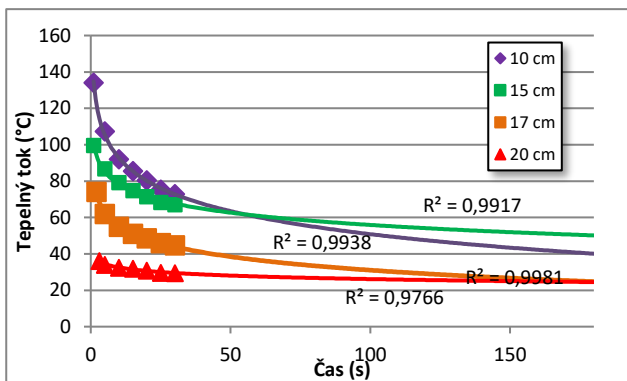
Graf závislosti teploty na čase so stanovenými tendenčnými čiarami pre vzdialenosti 10, 15, 17 a 20 cm medzi horákom a držiakom vzorky je na obrázku 11 pre vzorky bez povlaku a na obrázku 12 pre vzorky s TBC povlakom. Ako je znázornené, trend zvyšovania teploty pri konštantnom prítoku tepla z horáka má logaritmický priebeh zvyšovania pre obe vzorky rovnakým spôsobom, ako bolo vidieť na obrázku 7, získanom výpočtovou simuláciou. Na určenie tepelného toku cez oblasť vzorky môžeme použiť vzorec. Podobne sú teda pomocou výpočtu spracované aj tendenčné čiary pre tepelný tok na obrázku 10a) pre vzorky bez povlaku a na obrázku 10b) pre vzorky s TBC povlakom.



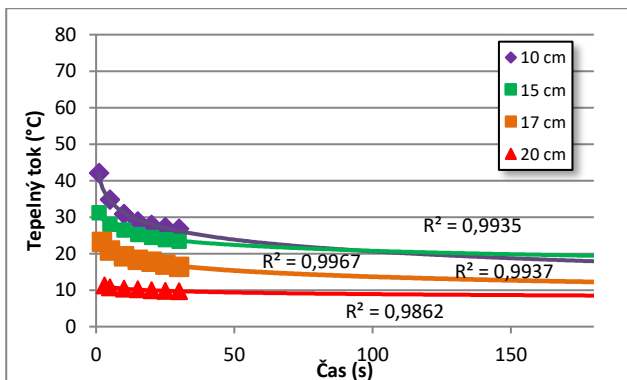
Obrázok 11: Tendencia zvyšovania teplôt vzoriek bez povlaku



Obrázok 12: Tendencia zvyšovania teplôt vzoriek s povlakom

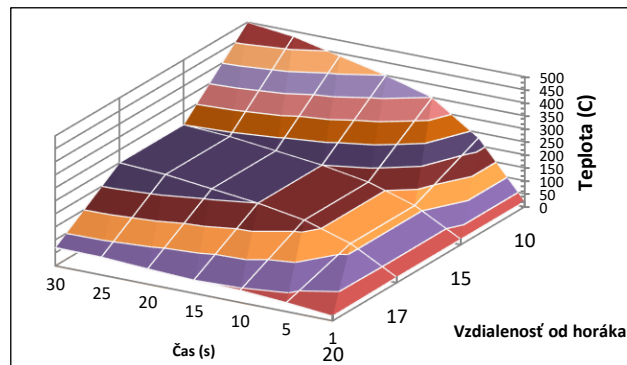


Obrázok 13: Tendencia tepelného toku cez vzorky bez povlaku

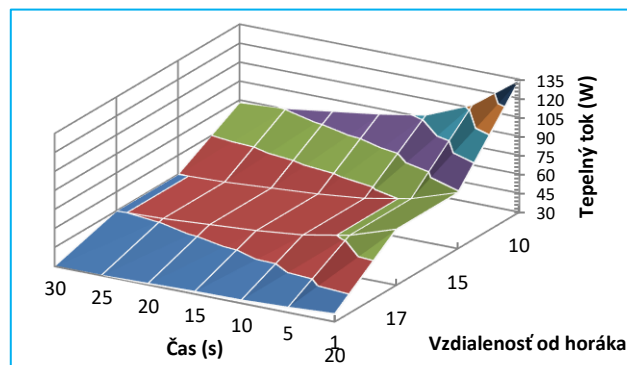


Obrázok 14: Tendencia tepelného toku cez vzorky s povlakom

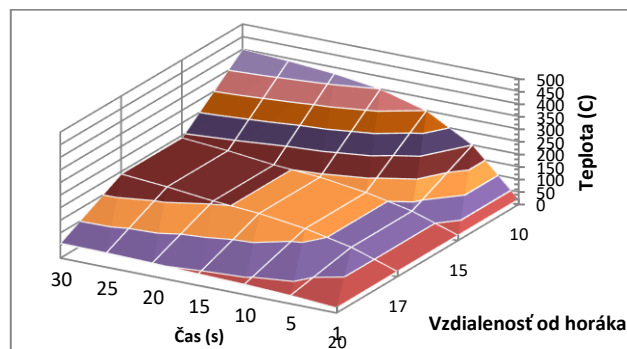
Ak použijeme všetky experimentálne výsledky merania pre každú vzdialenosť medzi horákom a vzorkou bez TBC na vytvorenie grafu povrchovej grafickej závislosti, získame 3D graf znázornený na obrázku 13 pre teplotné správanie a na obrázku 14 pre správanie sa tepelného toku v závislosti od času. Tu je jasne vidieť, že zväčšenie vzdialenosti medzi horákom a vzorkou vedie k zníženiu maximálnej teploty získanej počas časového obdobia experimentu. Tiež tepelný tok cez vzorku rýchlo klesá so zväčšenou vzdialenosťou od horáka.



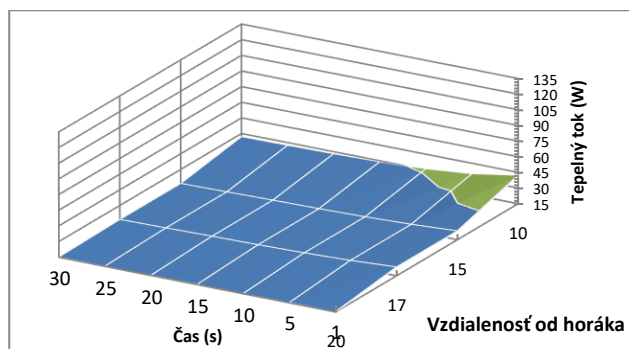
Obrázok 15: Správanie teploty vzorky bez TBC



Obrázok 16: Správanie tepelného toku cez vzorku bez TBC



Obrázok 17: Správanie teploty vzorky s TBC (vľavo)



Obrázok 18: Správanie tepelného toku cez vzorku s TBC

Rovnaké skutočnosti sú zrejme pre 3D graf vzorky s vrstvou TBC na obrázku 17 a 18.

Ale v porovnaní so vzorkou bez vrstvy TBC tu vidíme nižšiu maximálnu získanú teplotu počas doby experimentu a oveľa nižší tepelný tok cez vzorku - takmer 3 krát nižší ako tepelný tok vo vzorke bez TBC.

IV. ZÁVER

Na základe vyššie uvedených experimentov a simulácií je možné zhrnúť tieto závery: Výpočtová simulácia pomocou počítačovej technológie a softvéru, ktorý je k dispozícii, ukazuje pozitívny vplyv povlaku TBC na zníženie prehriatia základného materiálu (EI435). Presnosť výsledkov simulácií bola potom potvrdená experimentálnymi nameranými hodnotami.

Vzorky povlakované tepelnými bariérami v každej polohe horáka boli prehriate menej ako vzorky bez TBC. Rozdiel teploty dosiahol medzi 20 - 120 °C, v závislosti od vzdialenosti horáka a trvania pôsobenia.

Na základe pôvodne nameraných hodnôt sa vytvorila tendencia dlhodobého vystavenia vysokým teplotám, ktorý poskytuje dôkaz o priebehu zvýšenia teploty. Zvýšenie teploty v priebehu času pri konštantnej tepelnej energii vykazuje logaritmický rast. Vypočítaný tepelný tok materiálom má naopak klesajúcu tendenciu, opačnú ako logaritmické zvyšovanie teploty.

Na tomto základe môžeme hovoriť o pozitívnom vplyve vrstvy TBC na ochranu materiálu pred vysokými teplotami a súvisiacou chemickou oxidáciou pri vysokých teplotách plynu.

POĎAKOVANIE

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **KEGA 048ŽU-4/2020** s názvom "Zvyšovanie kľúčových kompetencií v oblasti technológie údržby lietadiel prostredníctvom transferu progresívnych metód do vzdelávacieho procesu".

REFERENCIE

[1] NOVÁK, A., KANDERA, B.: Všeobecné znalosti o lietadle : prístrojové vybavenie - 1. vyd. - Žilina : Žilinská univerzita, 2004, - ISBN 80-8070-212-8

- [2] BUGAJ, M., NOVÁK, A.: Všeobecné znalosti o lietadle : drak a systémy, elektrický systém,. - 1. vyd. - Žilina : Žilinská univerzita, 2004, - ISBN 80-8070-210-1
- [3] KRÍŽ, J., BLÁŠKO, P., NOVÁK, A.: Monitorovanie leteckých motorov, In: Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom a vojenskom letectve, Žilina, 18.19.4.2013. - Žilina: Žilinská univerzita, 2013. - ISBN 978-80-554-0665-7. - S. 63-67.
- [4] KRÍŽ, J.: Pohonná jednotka : JAA ATPL výcvik - 1. vyd. - Žilina : Žilinská univerzita, 2008. - 285 s., AH 24,52, VH 25,06 : obr., tab. - ISBN 978-80-8070-872-6
- [5] BUGAJ, M. KRÍŽ, J., NOVÁK, A.: Bezpečnosť leteckej dopravy a kvalita výchovy, In: Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom a vojenskom letectve, [zborník z medzinárodnej konferencie], Žilina, 23.-24.4.2009. - V Žiline: Žilinská univerzita, 2009. - ISBN 978-80-554-0007-5. - S. 10-14.
- [6] PALIČKA, L. – NOVÁK, A. – KANDERA, B. 2004. Úvod do elektrotechniky a rádiokomunikačnej prevádzky pre poslucháčov fakulty PEDaS. Žilina: EDIS, 2004. 95 s.
- [7] CAE, Gas Turbine engine: Aircraft Technical Book Company, 2016, ISBN 9780989754767
- [8] BERNSTEIN, H.L., "High Temperature Coatings for Industrial Gas Turbine Users," Proceedings of the 28th Turbomachinery Symposium, Texas A&M University, p. 179, 1999.
- [9] BERNSTEIN H.L., "Materials Issues for Users of Gas Turbines," Proceedings of the 27th Texas A&M Turbomachinery Symposium, (1998).
- [10] LAVOIE, R., AND MCMORDIE, B.G., "Measuring Surface Finish of Compressor Airfoils Protected by Environmentally Resistant Coatings," 30th Annual Aerospace/Airline Plating and Metal Finishing Forum, April 1994.
- [11] MCMORDIE, B.G., "Impact of Smooth Coatings on the Efficiency of Modern Turbomachinery," 2000 Aerospace/Airline Plating & Metal Finishing Forum Cincinnati, Ohio, March 2000.
- [12] SCHILKE, P.W., "Advanced Gas Turbine Materials and Coatings," 39th GE Turbine State-of-the-Art Technology Seminar, NY, August 1996.
- [13] WARNES B.M., AND HAMPSON L.M., "Extending the Service Life of Gas Turbine Hardware," ASME 2000-GT-559 2000.
- [14] WOOD, M.I., "Developments in Blade Coatings: Extending the Life of Blades? Reducing Lifetime Costs?," CCGT Generation, March 1999, IIR Ltd.
- [15] FOZO, L., ČERNÁN, J., ČÚTTOVÁ, M., RATKOVSKÁ, K. & ADAMČÍK, F. 2017. Effect of TBC on heat transfer into nickel based refractory alloy. SAMI 2017 - IEEE 15th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, Proceedings 7880348, pages 435-438

Bc. Mário Novakov – narodený v Trnave absolvoval v roku 2015 absolvoval SoŠ Obchodu a Služieb v Trnave, následne po tom nastúpil na Žilinskú univerzitu v roku 2015 v odbore profesionálny pilot.

VÝCVIK PALUBNÝCH SPRIEVODCOV V KONTEXTE AKTUÁLNEJ BEZPEČNOSTNEJ SITUÁCIE

ON-BOARD STEWARDS TRAINING IN THE CONTEXT OF THE CURRENT SECURITY SITUATION

Jakub Pajdlhauser

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
jpajdlhauser2@gmail.com

Ján Rostáš

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
jan.rostas@fpedas.uniza.sk

Abstract – *The aim of this paper is to assess and analyse the threats related to unlawful interference to the air transport on which must cabin crew members focus on during training. The paper is discussing about the procedures during security threats and how the cabin crew members should act correctly in connection with illegal acts committed on board the aircraft. The paper analyses and compares the training regulations of the American FAA and the European EASA. Both European and American legislations are based on ICAO regulations, what means that the regulations of those two organizations differ only minimally. In the next part of this paper there is the short enquiry created for employees of an airlines. It was created to determine the satisfaction of cabin crew members with security training and also to identify the deficiency in the security training. By analysing the answers, we found out that quite often there are unruly passengers on board the aircraft. Almost every respondent has experienced such a situation. The main deficiency in the security training is about the practical part. Most respondents would place more emphasis on the duration of practical training for cabin crew members. Another shortage is the lack of training materials for cabin crew members to better understand the issue of security threats. Based on analysis of regulations and evaluation of the enquiry, we suggested new recommendations for the security training of cabin crew. The aim of these recommendations is to improve the security training for cabin crew members and thus positively contribute to increase the level of aviation security.*

Key words – cabin crew, security training, aircraft hijacking, unruly passenger, bomb threat, ICAO, FAA, EASA, security threats, unlawful interference

I. ÚVOD

Letecká doprava ako odbor je závislá na nových technických výdobytkoch, ktoré sa veľmi rýchlo vyvíjajú.

Technológia napomáha leteckej doprave brániť sa hrozbe nezákonných činov spáchaných voči leteckej doprave. Avšak spolu s vývojom nových technológií sa zvyšuje aj riziko nových bezpečnostných hrozieb pre letectvo. Posádky lietadiel sa čoraz viac stretávajú so spáchaním trestného činu na palube lietadla, či už sa jedná o neprispôsobivého alebo nedisciplinovaného cestujúceho, pokus o únos lietadla, niekedy dokonca existuje vážne podozrenie, že sa na palube lietadla nachádza bomba alebo iné zariadenie, ktoré môže ohroziť bezpečnosť lietadla a ľudí na jeho palube. Ochranu leteckej dopravy pred všetkými činnými protiprávnymi zasahovaniami definuje anglický pojem „security“. Je to súbor opatrení a predpisov, ktorými sa musia riadiť všetky letecké podniky. Posádka lietadla ale najmä členovia palubného personálu musia absolvovať bezpečnostný výcvik, ktorý má za úlohu naučiť ich, ako zvládnuť všetky situácie, ktoré môžu vzniknúť na palube lietadla.

V úvodnej sekcii tejto diplomovej práce sa autor venuje bezpečnostnému výcviku členov palubného personálu lietadiel a hrozbám, na ktoré je potrebné sa v samotnom výcviku pripraviť. V prvej kapitole sa venuje aktuálnej situácii v leteckých spoločnostiach. Opisuje, aké sú kladené minimálne požiadavky na zaradenie uchádzača o pozíciu palubného sprievodcu do výcviku a z čoho sa bezpečnostný výcvik skladá. Táto kapitola obsahuje aj predletovú prípravu palubných sprievodcov a celej posádky lietadla. V druhej kapitole autor opisuje bezpečnostné hrozby, ktorým môžu čeliť leteckí prevádzkovatelia alebo ostatné letecké podniky. V nasledujúcej, tretej kapitole, autor popísal presný postup činnosti palubných sprievodcov v rôznych situáciách, kedy je ohrozená bezpečnosť lietadla v súvislosti s protiprávnym zakročovaním voči leteckej doprave. Je v nej uvedené ako konať s neprispôsobivými cestujúcimi, ale aj ako prehládavať lietadlo v prípade podozrenia na výskyt bomby na palube, či ako sa zachovať a postupovať keď príde k únosu lietadla.

Ďalšia sekcia diplomovej práce má predpisový charakter. Autor rozoberá, ako má prebiehať výcvik palubných sprievodcov podľa medzinárodnej organizácie ICAO. Autor diplomovej práce porovnáva bezpečnostné predpisy pre výcvik členov palubného personálu Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva EASA a americkej FAA. Súčasťou tejto sekcie je aj

dotazník určený zamestnancom leteckých spoločností. Cieľom dotazníka je zistiť nedostatky v bezpečnostnom výcviku palubných sprievodcov na základe reálnych skúseností, ktoré palubní sprievodcovia zažili počas vykonávania svojej práce. Na základe analýzy a porovnania predpisov týchto dvoch organizácií a analýzy dotazníka, vypracoval autor nové odporúčania pre výcvik palubných sprievodcov pomocou ktorých by sa mohla zvýšiť bezpečnosť civilného letectva v súvislosti s protiprávnym zakročovaním proti leteckej doprave. Táto sekcia diplomovej práce obsahuje aj dotazník, ktorý je určený zamestnancom leteckých spoločností, obzvlášť palubným sprievodcom a bezpečnostným manažérom leteckých spoločností. Cieľom dotazníka je zistiť úroveň a nedostatky výcviku palubných sprievodcov súvisiacim s bezpečnosťou letectva voči protiprávnym činom spáchaným na palube lietadla.

II. AKTUÁLNA SITUÁCIA V LETECKÝCH SPOLOČNOSTIACH

Pojem bezpečnosť leteckej dopravy v súvislosti s nezákonným zakročovaním proti leteckej doprave je vyjadrený anglickým slovom „security“. Tento pojem vyjadruje podmienky a spôsoby ochrany leteckej dopravy pred poškodením alebo inými nežiaducimi dôsledkami spôsobenými činmi alebo správaním ľudí, ktorí takto konajú úmyselne. Je to súbor materiálnych a ľudských zdrojov na zabezpečenie ochrany civilného letectva voči nezákonnému zasahovaniu. Všetci zamestnanci, ktorí pracujú v oblasti leteckej dopravy musia vynaložiť všetko úsilie na to, aby bol význam tohto pojmu naplnený v čo najväčšej miere. Taktiež organizácie a úrady zodpovedné za bezpečnosť civilnej leteckej dopravy vo svete majú povinnosť vytvárať predpisy a nariadenia, ktoré majú výrazným spôsobom prispieť k bezpečnosti letectva. Všetky zúčastnené strany sú zaviazané tieto predpisy dodržiavať.

Na základe týchto predpisov si musí každá letecká spoločnosť zvoliť svojho manažéra bezpečnostnej ochrany, ktorý je zodpovedný za všetky bezpečnostné opatrenia leteckej spoločnosti. Musí mať profesionálne skúsenosti z oblasti bezpečnostnej ochrany a dobré znalosti z prevádzky lietadiel a leteckej spoločnosti. Vedúci bezpečnostnej ochrany leteckej spoločnosti vypracuje bezpečnostný program leteckej spoločnosti. Bezpečnostné programy a ich zmeny musí schváliť úrad pre reguláciu civilného letectva, v našom prípade je to Dopravný úrad Slovenskej republiky. Cieľom bezpečnostného programu je zadefinovanie opatrení a postupov v prevencii proti činom protiprávneho zasahovania, voči lietadlu a v leteckej prevádzke dosiahnuť a trvale udržiavať najvyššiu možnú úroveň bezpečnosti. Súčasne je potrebné udržiavať včasnosť a efektívnosť pravidelných i nepravidelných letov spoločnosti prostredníctvom série bezpečnostných opatrení a postupov v súlade so zodpovedajúcimi národnými predpismi a zákonmi. Prevádzkovatelia lietadiel sú povinní zabezpečiť ochranu cestujúcich, batožiny, nákladu, lietadiel a ich posádok pred činmi protiprávneho zasahovania. Za distribúciu bezpečnostného programu leteckej spoločnosti všetkým zúčastneným stranám je zodpovedný vedúci bezpečnostnej ochrany leteckej spoločnosti.

Bezpečnostná ochrana je jedným z hlavných faktorov, ktoré musia palubní sprievodcovia každý deň vo svojej práci aj mimo nej brať veľmi vážne. Ich zodpovednosťou je nielen to, aby sa starali o spokojnosť a pohodlie cestujúcich na palube lietadla,

ale sú zodpovední aj za neustále monitorovanie kabíny lietadla a zisťovanie, prípadne vyhľadávanie potenciálnych bezpečnostných hrozieb na palube (medzi pasažiermi) a tak zabezpečili bezpečnosť lietadla, posádky a cestujúcich na jeho palube. Od udalostí z 11. septembra 2001 museli letecké spoločnosti a ich palubní sprievodcovia prijať nové postupy a predpisy, ktoré musia všetci dodržiavať. Pre niektorých sa môžu zdať prehnané alebo zbytočné, avšak je treba mať na pamäti, že prostredie letiaceho lietadla je vysoko rizikové na akúkoľvek bezpečnostnú hrozbu.

Letecké spoločnosti by mali taktiež venovať pozornosť tomu, akých ľudí zamestnávajú. Osoby, ktoré sa prijímajú do zamestnania pre prácu vo vyhradenom bezpečnostnom priestore, v našom prípade na palubách lietadiel, musia úspešne absolvovať bezpečnostnú previerku. Túto previerku je potrebné absolvovať ešte pred samotným nástupom do zamestnania a predtým ako absolvuje akúkoľvek odbornú prípravu v oblasti bezpečnostnej ochrany vyžadujúcu prístup k informáciám, ktoré nie sú verejne dostupné. Bezpečnostná previerka osôb je platná 5 rokov a po skončení platnosti sa jej musí zamestnanec podrobiť opätovne.

III. POPIS SÚČASNÝCH BEZPEČNOSTNÝCH HROZIEB

Tak isto ako sa vyvíja letecká doprava, vyvíjajú sa aj bezpečnostné hrozby, ktoré sú nebezpečné pre leteckú dopravu. Táto kapitola opisuje najčastejšie vyskytujúce sa hrozby, ktorým môžu palubní sprievodcovia čeliť počas vykonávania svojej práce na palube lietadla.

TERORISTICKÁ HROZBA A ÚNOS LIETADLA

Komerčná letecká doprava je pre teroristov a ich útoky veľmi exkluzívne odvetvie z čí už z prevádzkových alebo politických dôvodov. Leteckí dopravcovia sú vnímaní ako reprezentanti a symboly jednotlivých národov a štátov. Pre tento fakt sú letecké spoločnosti pre teroristov z politických a náboženských dôvodov veľmi atraktívny cieľ. Z prevádzkového hľadiska sú lietadlá miestom s veľkým množstvom potencionálnych rukojevníkov, na ktorých zmocnenie postačuje niekoľko ľudí. Teroristi môžu v leteckej doprave vidieť aj inú obrovskú výhodu. Po získaní kontroly nad lietadlom sú schopní letieť kamkoľvek kde to výkonnosť lietadla a zásoby paliva dovoľia.

Na základe rozličných analýz teroristických útokov voči civilnej leteckej doprave a únosov lietadiel možno jednotlivé teroristické akty zadeliť do rôznych kategórií podľa toho, za akým účelom je tento čin spáchaný. Kategórie únosov rozlišujeme na:

- Únos lietadla za účelom vyjednávania
- Únos lietadla za účelom premiestňovania
- Únos lietadla za účelom spôsobenia škôd

NEPRISPÔSOBIVÍ PASAŽIERI

Medzinárodné združenie leteckých dopravcov (IATA) definuje cestujúcich ako „neprispôsobivých“ a „rušivých“, ak nerešpektujú pravidlá správania sa na palube lietadla alebo ak nedodržiavajú pokyny členov posádky lietadla, čím narúšajú dobrý poriadok a disciplínu na palube a ohrozujú bezpečnosť ostatných cestujúcich a členov posádky. Neprispôsobiví pasažieri

sú stále jedným z veľkých problémov, s ktorými sa letecké odvetvie ešte nevyšporiadalo. Tento problém nie je iba problémom pre jednu konkrétnu krajinu alebo región ale vnímame ho na celosvetovej úrovni. S medzročným nárastom počtu cestujúcich priamo úmerne rastie aj problém s takýmto typom cestujúcich. Tento druh incidentov má priamy vplyv na bezpečnosť posádky lietadla aj cestujúcich. Akýkoľvek druh nevhodného alebo rušivého správania počas letu spojeného s intoxikáciou, agresiou alebo inými faktormi predstavuje zvýšené riziko pre samotný let lietadla.

Štatistiky EASA ukazujú, že každé 3 hodiny ohrozujú bezpečnosť letu v EÚ cestujúci s neprispôsobivým alebo rušivým správaním sa. Najmenej 70% týchto incidentov v sebe zahŕňa určitú formu agresie. Minimálne raz za mesiac sa situácia vypúšťa do takej miery, že núti pilotov vykonať núdzové pristátie lietadla

IV. POSTUPY POSÁDOK V PRÍPADE OHROZENIA

Každá letecká spoločnosť musí vypracovať prevádzkovú príručku pre svojich členov posádky. V tejto príručke sú uvedené postupy, podľa ktorých sa členovia palubného personálu majú riadiť v rozličných situáciách, ktoré môžu počas prevádzky lietadla nastať. Postupy v prevádzkovej príručke vychádzajú z legislatívy, pod ktorú letecký prevádzkovateľ spadá, a z vnútorných predpisov leteckého prevádzkovateľa. V tejto kapitole diplomovej práce sú načrtnuté prevádzkové postupy pre členov palubného personálu, kedy je ohrozená bezpečnosť lietadla a ľudí na jeho palube z dôvodu činov protiprávneho zasahovania voči leteckej depreve. Sú tu uvedené postupy pri podozrení na výskyt bomby alebo iného výbušného zariadenia na palube lietadla, postupy na vysporiadanie sa s neprispôsobivým cestujúcim a postupy ako majú palubní sprievodcovia konať v prípade únosu lietadla.

V. BEZPEČNOSTNÝ VÝCVIK PODĽA ICAO

Medzinárodná organizácia ICAO vypublikovala manuál pre výcvik členov palubného personálu lietadiel Dokument ICAO 10002. Výcvik zameraný na protiprávne zasahovanie voči leteckej doprave je uvedený v kapitole 10 Dokumentu ICAO 10002. Program bezpečnostného výcviku sa zameriava na postupy prevádzkovateľa týkajúce sa povinností a zodpovedností palubných sprievodcov v oblasti bezpečnosti podľa prevádzkovej príručky a iných regulačných alebo vnútroštátnych materiálov. Cieľom tohto výcviku je poskytnúť členom palubného personálu vedomosti a zručnosti na identifikáciu a vhodnú reakciu na rôzne bezpečnostné hrozby, aby sa predišlo alebo aby sa minimalizovali následky protiprávneho zasahovania. Výcvik na zaistenie bezpečnosti voči protiprávnemu zasahovaniu podľa Dokumentu ICAO 10002 zahŕňa 2 základné koncepty, a to preventívne opatrenia počas normálnej prevádzky lietadla a reakcie na bezpečnostné hrozby a udalosti. Dokument ICAO 10002 obsahuje postupy na konanie členov palubného personálu v prípade ohrozenia lietadla bombou na palube, únosom lietadla, neprispôsobivým cestujúcim a v prípade výskytu rádiologických, chemických alebo biologických zbraní na palube lietadla.

VI. POROVNANIE LEGISLATÍVY

Letecká doprava súčasnej doby má celosvetový charakter. Preprava cestujúcich, nákladu alebo pošty sa nevykonáva iba v rámci jednej krajiny alebo regiónu, ktorý patrí iba pod jednu legislatívu, ktorá zastrešuje leteckú dopravu, ale lety lietadiel sa prevádzkujú celosvetovo v globálnom meradle. Leteckí dopravcovia tak musia spĺňať predpisy a nariadenia každého štátu, ktorého vzdušným priestorom prelietava lietadlo prevádzkovateľa. V minulosti to mohlo byť problematické. V dnešnej dobe existuje niekoľko organizácií ako ICAO, EASA alebo FAA, ktoré zastrešujú vydávanie predpisov a nariadení pre dané regióny. Tým sa vytvorilo aj lepšie prostredie pre leteckých prevádzkovateľov z hľadiska predpisovej základne. ICAO vydáva odporúčania a nariadenia na celosvetovej úrovni a všetky jeho členské štáty musia nariadenia ICAO implementovať do svojej legislatívy a rozhodnúť sa, či implementujú aj odporúčania. Existencia svojím spôsobom ICAO uľahčuje fungovanie celosvetovej leteckej dopravy, keďže členskú základňu ICAO tvorí väčšina štátov sveta a tým pádom prevzala aj ICAO legislatívu. Líši sa iba v tom, ako členské štáty „vylepšili“ legislatívu a implementovali predpisy, ktoré vydala organizácia ICAO.

Legislatíva FAA aj EASA rozoznáva viacero typov výcviku pre členov palubného personálu. V predpisovom svete EASA existuje podľa predpisového materiálu EU-OPS, alebo teda Nariadenie (ES) č. 859/2008 tieto typy výcvikov pre palubných sprievodcov: počiatočný výcvik, konverzný výcvik, typový výcvik, udržiavací výcvik, opakovací výcvik a zoznamovací let. Podľa FAA predpisového materiálu Volume 3 General Technical Administration, Chapter 23, Flight Attendant Training and Qualification Programs, Section 121 Operating requirements: Domestic, Flag and Supplemental Operations, sú určené nasledovné typy výcvikov pre členov palubného personálu: počiatočný výcvik, prechodový výcvik, výcvik na zvýšenie kvalifikácie, rozdielový výcvik a obnovovací výcvik. Typy výcvikov EASA a FAA sa nijako zásadne nelíšia. V oboch prípadoch sa musia palubní sprievodcovia naučiť ako zvládať náročné a neštandardné situácie, kedy príde k protiprávnym činom na palube lietadla. V prípade FAA aj v prípade EASA musí každý člen palubného personálu raz za určitú dobu absolvovať udržiavací výcvik za účelom osvieženia si vedomostí a zručností potrebných pri výkone činnosti palubného sprievodcu. FAA definuje aj minimálny čas trvania udržiavacieho výcviku, a to minimálne 4 hodiny pre palubných sprievodcov, ktorí vykonávajú svoju pracovnú činnosť na palube lietadla s piestovým motorom, minimálne 5 hodín pre turbovrtuľové lietadlá a minimálne 12 hodín pre ostatné lietadlá. V prípade EASA informácie o časoch minimálneho trvania výcviku nie sú verejne dostupné. Avšak EASA má navyše zavedený aj povinný opakovací výcvik pre držiteľov osvedčenia palubného sprievodcu, ktorý nevykonával svoju pracovnú činnosť ako palubný sprievodca 6 po sebe nasledujúcich mesiacov. EASA ukladá povinnosť všetkým palubným sprievodcom absolvovať zoznamovaciu návštevu lietadla leteckého prevádzkovateľa, na ktorého palube bude plniť pracovné povinnosti. Zoznamovacia návšteva môže byť spojená s typovým výcvikom palubného sprievodcu. Taktiež je povinný aj minimálne jeden zoznamovací let, kedy je palubný sprievodca zaradený do reálne prevádzky ako plnohodnotný člen palubného personálu ale pod dohľadom

vedúceho/vedúcej palubných sprievodcov a v rovnošate leteckého prevádzkovateľa. Zoznamovací let, ktorého absolvovanie nariaďuje EASA osobne považujem za obrovský prínos do výcviku palubných sprievodcov. Palubný sprievodca tak má možnosť overiť si svoje získané vedomosti a zručnosti potrebné pre prácu palubného sprievodcu priamo v praxi na palube reálneho lietadla s reálnymi cestujúcimi. Obe organizácie, FAA aj EASA, vyžadujú aj preskúšanie na konkrétny typ lietadla, ktorý používa letecký prevádzkovateľ a na ktorého palube bude palubný sprievodca vykonávať svoju prácu. Je to z toho dôvodu, aby ho člen palubného personálu dokonale poznal, a aby sa vedel v lietadle orientovať v prípade situácie, kedy je ohrozená bezpečnosť lietadla a ľudí na jeho palube. Predpisy EASA aj FAA nariaďujú aj prechodový výcvik pre palubných sprievodcov z dôvodu, že každý letecký prevádzkovateľ si implementoval svoje postupy, ktoré sa vykonávajú počas jednotlivých situácií, ktoré môžu vzniknúť na palube lietadla. Každý člen palubného personálu musí tieto postupy dokonale ovládať

VII. DOTAZNÍK

K diplomovej práci bol vytvorený dotazník, ktorý je určený zamestnancom leteckých spoločností, hlavne členom palubného personálu a bezpečnostným manažérom leteckých spoločností. Skladá sa zo štrnástich jednoduchých otázok. Cieľom dotazníka je zistiť celkovú spokojnosť s aktuálnym bezpečnostným výcvikom ale taktiež aj zistiť nedostatky, ktoré sa týkajú bezpečnostného výcviku palubných sprievodcov. Dotazník bol rozposlaný do leteckých spoločností AirExplore, Go2Sky, ČSA, Smartwings, Wizzair, Ryanair, LOT, EnterAir, Swiss a do facebookovej skupiny AIRLINERS.SK.

Na dotazník odpovedalo 28 respondentov vo veku 18 a viac rokov. Na otázku, či už niekedy zažil respondent čin protiprávneho zasahovania voči leteckej doprave alebo trestný čin na palube lietadla odpovedalo 22 kladne a 6 záporne. Vyplýva z toho, že aj napriek neustálemu zvyšovaniu bezpečnostných štandardov nie je možné úplne eliminovať bezpečnostnú hrozbu, ktoré ohrozujú leteckú dopravu. Z 3 respondentov pracujúcich v leteckej spoločnosti menej ako 1 rok zažil bezpečnostnú hrozbu iba 1, ktorý je pilot a má skúsenosť s neprispôsobivým cestujúcim na palube lietadla. Ľudia, ktorí pracujú na aktuálnej pozícii 1 až 5 rokov, zažili bezpečnostnú hrozbu v 15 z 18 prípadov. Pri respondentoch s pracovnými skúsenosťami väčšími ako 5 rokov sa zaznamenala situácia kedy prišlo k ohrozeniu bezpečnosti lietadla a ľudí na jeho palube u všetkých okrem jedného pilota s viac ako desaťročnými skúsenosťami. Týmto sa podarilo sa zistiť, že čin protiprávneho zasahovania zažil takmer každý opýtaný, ktorý pracuje na pracovnej pozícii dlhšie ako rok.

Najzaujímavejšou otázkou z hľadiska odpovedí bola otázka ako sú respondenti spokojní s bezpečnostným výcvikom. Z odpovedí respondentov sa dá skonštatovať, že väčšina opýtaných nie je spokojná s úrovňou praktického výcviku palubných sprievodcov. Mnohí z nich požadujú väčší rozsah praktického výcviku a jeho vykonávanie priamo v prostredí lietadla. Takmer všetci, ktorí vyjadrili svoj názor, poukazovali na problém s neprispôsobivými cestujúcimi na palube lietadla.

Týmto dotazníkom sa podarilo zistiť jeden závažný fakt, ktorý môže mať za následok nebezpečné ohrozenie bezpečnosti lietadla a osôb na jeho palube. Týmto faktom je, že

niektorí opýtaní upozornili na neochotu veliteľov lietadiel vylúčiť z dopravy neprispôsobivého cestujúceho, ktorý ohrozuje bezpečnosť lietadla, a neochotu palubných sprievodcov vykonať potrebné opatrenia voči takýmto cestujúcim. Ich konanie vyplýva zo strachu z toho, či nebudú za svoje konanie stíhaní zo strany zamestnávateľa. V budúcnosti je potrebné sa týmto faktom hlbšie zaoberať, pretože tento problém môže vyústiť až do rozsiahleho narušenia bezpečnosti na palube lietadla.

VIII. NÁVRCH NOVÝCH ODPORÚČANÍ PRE VÝCVIK

Jedným z cieľov tejto diplomovej práce bolo navrhnúť nové odporúčania pre výcvik palubných sprievodcov. Návrhy sa vypracovali na základe dôkladnej analýzy hrozieb a predpisov a spracovaním dotazníka.

PROFILOVANIE CESTUJÚCICH ČLENMI PALUBNÉHO PERSONÁLU

Profilovanie cestujúcich nie je žiadnou novinkou vo svete leteckej dopravy. Nič netušiaci cestujúci sa s týmto nástrojom na zvýšenie bezpečnosti leteckej dopravy úplne bežne stretávajú na väčších letiskách. Podstatou profilovania cestujúcich je monitorovanie masy ľudí, sledovanie a rozpoznávanie podozrivého správania. Táto technika napomáha k zabráneniu nezákonnej činnosti. Človek, ktorý sa chystá spáchať trestný čin a nie je veľmi dobre vyškolený, nedokáže zakryť všetky podozrivé príznaky svojho konania, a to napríklad zvýšený adrenalin, zvýšenú nervozitu, potenie sa a iné podozrivé vlastnosti, ktoré by mohli prezradiť jeho zamýšľané protizákonné konanie. Zo strany potenciálnych teroristov je profilovanie cestujúcich nepredvídateľné a je veľmi ťažké sa mu nejakým spôsobom vyhnúť. Preto je profilovanie účinným nástrojom ako sťažiť teroristom vykonanie plánovaného zločinu.

Na základe analýzy predpisovej základne či už na strane EASA alebo na strane FAA sa nám podarilo zistiť, že profilovanie cestujúcich nie je zahrnuté do výcvikových postupov a predpisov pre členov palubného personálu. Z hľadiska zvyšovania bezpečnosti leteckej dopravy voči protiprávnemu zasahovaniu by bolo vhodné zaradiť profilovanie cestujúcich aj do výcvikovej osnovy pre palubných sprievodcov, pretože pravdepodobný výskyt nebezpečných ľudí pre letectvo je aj inde ako len na letiskách. Aj napriek obrovskej snahe neustále zvyšovať opatrenia na zvýšenie bezpečnosti na letiskách, bezpečnostná kontrola nemusí byť vždy stopercentná. Ak by sa profilovanie cestujúcich implementovalo do bezpečnostného výcviku palubných sprievodcov a do reálnej praxi, tak by nadväzovalo na profilovanie cestujúcich zamestnancami letiska a miera bezpečnosti lietadla a ľudí na jeho palube by sa zvýšila. Cestujúci, ktorí môžu byť potenciálnou hrozbou pre ostatných cestujúcich na palube lietadla a členov posádky, by tak mohli byť identifikovaní hneď pri nástupe do lietadla. Dokázalo by sa predísť vo väčšej miere rôznym typom hrozieb počas letu, napríklad neprispôsobivým cestujúcim alebo by sa mohli identifikovať potenciálnych únoscov lietadla ešte pred samotným aktom protiprávneho zasahovania voči lietadlu a leteckej doprave.

V súvislosti s profilovaním cestujúcich priamo na palube lietadla by bolo vhodné zaviesť povinnosť leteckým prevádzkovateľom na inštaláciu kamerových systémov na

palubách všetkých civilných lietadiel určených na obchodné lety s cestujúcimi. Keďže podľa predpisov musí byť v lietadle minimálne jeden palubný sprievodca na každých 50 cestujúcich, pomocou tohto kamerového systému by mali členovia palubného personálu oveľa väčší prehľad o dianí v kabíne lietadla a skorej by si tak mohli všimnúť podozrivé správanie sa jedného alebo viacerých cestujúcich. Výstup z kamerového systému by bol dostupný aj pre pilotov a veliteľa lietadla a tým pádom by bola komunikácia a koordinácia na riešenie vzniknutého problému medzi letiacou posádkou a palubnými sprievodcami efektívnejšia. V dnešnej dobe je už kamerový systém na monitorovanie kabíny pre cestujúcich inštalovaný do niektorých moderných lietadiel.

VÝCVIK NA ROZPOZNÁVANIE INFIKOVANÉHO CESTUJÚCEHO

Medzi biologické zbrane sa radia aj mikroorganizmy, ako sú vírusy, baktérie, huby alebo iné toxíny. Biologické zbrane vo forme mikroorganizmov sa môžu vyrábať a rozširovať zámerné, aby spôsobili ťažké choroby a smrť u ľudí, zvierat alebo rastlín. Biologické prípravky, ako je antrax, botulotoxín alebo mor, môžu predstavovať obrovské ťažkosti pre verejné zdravie, ktoré môžu spôsobiť veľké množstvo úmrtí v krátkom časovom intervale, pričom je náročné im zabrániť. Útoky bioterorizmu by mohli mať za následok celosvetovú epidémiu, akú je možné pozorovať v dnešnej dobe v súvislosti s koronavírusom COVID-19. Biologické zbrane sú podskupinou väčšej triedy zbraní označovaných ako zbrane hromadného ničenia. Zbrane hromadného ničenia zahŕňajú chemické, jadrové a rádiologické zbrane. Môže sa stať, že bioteroristi zámerné nakazia vírusom človeka, ktorý má následne za úlohu pohybovať sa medzi ľuďmi a nakaziť tak čo najviac osôb.

Vo všeobecnosti je známe, že prostredie lietadla a spôsob cirkulácie vzduchu v lietadle je ideálnym prostredím na šírenie vírusov, a teda biologických zbraní. Z tohto dôvodu by bolo vhodné, aby sa do výcvikovej osnovy pre členov palubného personálu zaradil aj výcvik na rozpoznávanie potenciálne infikovaných osôb. V dobe, kedy vo svete zúri COVID-19 sme svedkami kontrol pri vstupe na letisko, do lietadla, atď.. Keďže jedným z príznakov tohto vírusu je vysoká telesná teplota, všetkým cestujúcim je ich telesná teplota zmeraná pri nástupe do lietadla a niektorým cestujúcim námatkovo aj počas letu. Avšak je známe, že príznaky sa môžu prejaviť až do dvoch týždňov od nakazenia vírusom a teda na palubu lietadla sa môže dostať aj infikovaná osoba, ktorá ale nevykazuje žiadne príznaky ochorenia. Preto odporúčame merať telesnú teplotu cestujúcich aj po skončení pandémie a odporúčam vytvoriť systém a zariadenie, s ktorým by pracovali členovia palubného personálu, a ktoré by dokázalo odhaliť nainfikovaného človeka do niekoľkých sekúnd alebo minút. Cestujúci by boli testovaní hneď pri nástupe do lietadla alebo aj počas letu. Pri zistení nákazy biologickou zbraňou by tak palubní sprievodcovia a veliteľ lietadla mohli včas vykonať opatrenia na zabránenie šírenia vírusu alebo teda biologickú zbraň. Už pred samotným nástupom na palubu lietadla by mali byť prítomné skenery určené na zisťovanie prítomnosti biologických zbraní a zároveň by mali vedieť odhaliť nainfikovaného cestujúceho. Tak isto by mohlo byť takéto zariadenie inštalované aj pri vstupe na letisko.

KURZ SEBAOBRANY

Výskyt neprispôsobivých pasažierov na palubách lietadiel je čoraz väčší. S tým je spojená aj vyššia pravdepodobnosť napadnutia jedného z členov posádky lietadla. Za účelom zvýšenia bezpečnosti členov palubného personálu navrhujeme, aby bola pre všetkých palubných sprievodcov povinná účasť na kurze sebaobrany. Avšak druh sebaobrany sa musí vybrať s ohľadom na požadované následky pre neprispôsobivého cestujúceho. Členovia palubného personálu sa budú učiť ako sa efektívne brániť potencionálnemu napadnutiu agresívnym alebo inak rušivým cestujúcim. Člen palubného personálu, ktorý bude ovládať príslušné bojové umenie ho nesmie zámerné zneužiť na to, aby na agresívneho alebo inak rušivého pasažiera zaútočil ako prvý. Niektoré letecké spoločnosti už prišli s nápadom platenia svojim zamestnancom kurzy bojového umenia. Kurz by mal byť vykonávaný nielen v telocvični ale mal by byť vykonávaný aj priamo na palube lietadla, v skutočnom pracovnom prostredí palubných sprievodcov. Myslím si, že ak by bol kurz sebaobrany alebo bojového umenia nariadený aj ostatným leteckým spoločnostiam formou predpisu, v kombinácii so základným výcvikom palubných sprievodcov by to malo pozitívny vplyv na bezpečnosť členov posádky lietadla a na bezpečnosť vykonania samotného letu.

PRAKTICKÝ VÝCVIK

Na základe vyhodnotenia dotazníka v kapitole 6 tejto diplomovej práce sa podarilo zistiť, že viacerí členovia palubného personálu sa sťažujú na nedostatočný praktický výcvik palubných sprievodcov zameraný na činy protiprávneho zasahovania voči leteckej doprave a na trestné činy spáchané na palube lietadla. Jedná sa hlavne o postupy v prípade výskytu neprispôsobivých cestujúcich na palubách lietadiel. Palubní sprievodcovia často nepoznajú ich kompetencie v takýchto prípadoch. Preto odporúčame zvýšiť úroveň a trvanie praktických výcvikov. Je potrebné, aby bol praktický výcvik pre palubných sprievodcov vykonávaný v určitom rozsahu aj priamo na palube reálneho lietadla. Týmto spôsobom sa podarí osvojiť si návyky a postupy členov palubného personálu v reálnom pracovnom prostredí, kde budú palubní sprievodcovia vykonávať svoju pracovnú činnosť. Taktiež je ale potrebné poskytnúť palubným sprievodcom aj dostatočné a vhodné materiály, ktoré im pomôžu pochopiť danú problematiku z teoretickej strany. Zvýšenie rozsahu a úrovne praktického bezpečnostného výcviku bude mať priamy vplyv na zvýšenie bezpečnosti lietadla a osôb na jeho palube v súvislosti s činnými protiprávneho zasahovania proti leteckej depreve.

IX. ZÁVER

Rôzne bezpečnostné hrozby sú neoddeliteľnou súčasťou dnešného sveta. Bohužiaľ sa im nevyhýba ani odbor leteckej dopravy. Letecká doprava ako odvetvie je však veľmi náchylná na hrozby akéhokoľvek charakteru. Členovia posádok lietadiel a najmä palubní sprievodcovia sa počas výkonu svojich pracovných povinností na palube lietadla stretávajú najčastejšie s rušivými a neprispôsobivými cestujúcimi, ktorí často konajú pod vplyvom alkoholu. Tento fenomén sa na palubách lietadiel vyskytuje čoraz častejšie. Okrem neprispôsobivých cestujúcich sa môže člen palubného personálu stretnúť aj s únosom lietadla ale aj s hrozbou výskytu výbušného zariadenia, biologickú zbraň

ale inak nebezpečného zariadenia na palube lietadla. Všetky spomenuté bezpečnostné hrozby sú pre let lietadla a ľudí na jeho palube veľmi nebezpečné. Každá jedna z bezpečnostných hrozieb môže na palube lietadla spôsobiť problémy, ktoré by bez dostatočného výcviku palubných sprievodcov mohli viesť až ku katastrofickým rozmerom.

Cieľom tejto diplomovej práce bolo posúdiť hrozby týkajúce sa protiprávneho zasahovania voči leteckej doprave, na ktoré musia byť vhodne a dostatočne vycvičení členovia palubného personálu a analyzovať predpisy, podľa ktorých sa musia riadiť letecké spoločnosti pri zostavovaní bezpečnostného výcviku pre palubných sprievodcov. Taktiež bol k diplomovej práci zostavený krátky dotazník zameraný na spokojnosť palubných sprievodcov s ich výcvikom. Cieľom dotazníka bolo aj zistenie prípadných nedostatkov počas výcviku členov palubného personálu v súvislosti s nezákonnými činmi spáchanými na palubách lietadiel. Na základe posúdenia predpisov a dotazníka bolo treba navrhnúť nové odporúčania pre bezpečnostný výcvik palubných sprievodcov a ktoré by mali priniesť zvýšenie bezpečnosti leteckej dopravy.

V prvej sekcii bol čitateľ tejto diplomovej práce oboznámený so štandardnými postupmi v neštandardných situáciách, kedy príde k ohrozeniu bezpečnosti cestujúcich a posádky lietadla z dôvodu protiprávneho zasahovania voči leteckej doprave. Táto sekcia sa venovala aj samotným bezpečnostným hrozbám, ktoré sme v nej rozobrali. Čitateľ bol upozornený na to, akým štýlom prebieha bezpečnostný výcvik palubných sprievodcov a za akých podmienok môže uchádzač o preukaz spôsobilosti člena palubného personálu nastúpiť do výcviku.

Druhá, praktická sekcia diplomovej práce, objasnila čitateľovi predpisovú základňu týkajúcu sa výcviku palubných sprievodcov v súvislosti so zvládaním ohrozovania bezpečnosti na ľudí na palube lietadla. Vychádza z porovnávania legislatívy americkej FAA a legislatívy európskej EASA. Skúmaním sa zistilo, že obe legislatívy majú základ v predpisoch vypracovaných organizáciou ICAO, tým pádom sa americké predpisy podobajú na tie európske a naopak.

Ďalším bodom tejto sekcie bol dotazník určený pre zamestnancov leteckých spoločností, obzvlášť pre členov palubného personálu a pre bezpečnostných manažérov leteckých spoločností. Cieľom dotazníku bolo zistiť spokojnosť zamestnancov leteckých spoločností s náplňou a obsahom bezpečnostného výcviku pre členov palubného personálu. Pomocou dotazníku sa nám podarilo zistiť, že skoro každý respondent sa už stretol s nejakým činom protiprávneho zasahovania. Najčastejším spôsobom bol neprispôsobivý cestujúci. Je však zarážajúce, že mnoho palubných sprievodcov nepozná poriadne svoje kompetencie, ktoré ako člen posádky lietadla majú na vysporiadanie sa s rušivými cestujúcimi. Niektorí sa až obávajú postihov zo strany zamestnávateľa pri vykonaní niektorých opatrení na zabránenie konaniu neprispôsobivých cestujúcich. Na základe odpovedí respondentov by bolo vhodné navýšiť rozsah a úroveň praktickej časti výcviku za účelom nadobudnutia požadovaných zručností palubnými sprievodcami.

Posledným bodom tejto diplomovej práce bolo navrhnutie nových odporúčaní pre výcvik palubných

sprievodcov. Nové odporúčania sme navrhli na základe analýzy predpisovej základne EASA a FAA a na základe vyhodnotenia odpovedí respondentov z dotazníka. Všetky nové opatrenia majú mať za cieľ zabrániť protiprávnemu zasahovaniu proti leteckej doprave a spáchaniu trestných činov na palube lietadla a napomôcť tak zvýšiť úroveň bezpečnosti leteckej dopravy a osôb na palubách lietadiel. Dnešné technológie napredujú veľmi rýchlo. Preto očakávame, že v budúcnosti bude prichádzať k ešte lepšiemu a podrobnejšiemu výskumu technológií, ktoré môžu výraznou mierou pozitívne prispieť k zvyšovaniu bezpečnosti civilnej leteckej dopravy. Bolo by vhodné aby sa boj s protizákonným zasahovaním voči leteckej doprave zapojili všetky metódy a prostriedky, ktoré sú dostupné v dnešnej dobe ale aj tie, ktoré budú dostupné v budúcnosti bez ohľadu na finančné prostriedky. Očakávame aj modernizáciu výcvikových metód pre členov palubného personálu, čo určite pomôže zvýšiť bezpečnosť a komfort nás všetkých, ktorí či už za prácou alebo na dovolenku cestujeme lietadlom.

POĎAKOVANIE

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

REFERENCIE

- [1] ROSTÁŠ, J. 2014. Program bezpečnostnej ochrany. Bratislava: QuickDuck s.r.o., 2014. 412 s.
- [2] BERNÁTOVÁ, J. 2014. Cabin Crew Operations Manual. Bratislava: QuickDuck s.r.o., 2014. 338 s.
- [3] EASA, Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Annex III – Part-ORO [online]. Dostupné na internete: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Consolidated%20unofficial%20AMC%26GM_Annex%20III%20Part-ORO.pdf (citované 2020-03-21)
- [4] INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION: Doc 10002: Cabin Crew Safety Training Manual. - 1. vyd. - Montréal : ICAO, 2014. -218 s. - ISBN 978-92-9249-627-2
- [5] Part 121: OPERATING REQUIREMENTS: DOMESTIC, FLAG, AND SUPPLEMENTAL OPERATIONS, Subpart N: Training program [online]. Dostupné na internete: https://rgl.faa.gov/regulatory_and_guidance_library/rgfar.nsf/farsbysectlookup/121.402 (citované 2020-03-28)
- [6] Common Technical Requirements and Administrative Procedures for the Qualification and the Related Attestation to Civil Aviation Cabin Crew [online]. Dostupné na internete: https://www.arlis.am/Annexes/4/GT1.1_2016N280mas6.pdf (citované 2020-03-21)
- [7] Nariadenie (ES) č. 965/2012 [online]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:296:0001:0148:EN:PDF> (citované 2020-03-06)
- [8] Nariadenie (ES) č. 300/2008 [online]. Dostupné na internete: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:097:0072:0084:EN:PDF> (citované 2020-03-06)

- [9] GALIERIKOVÁ, A., MATERNA, M., SOSEDOVÁ, J. 2018. Analysis of risks in aviation. Transport Means 2018 [print, electronic] : proceedings of 22nd International Scientific Conference. - ISSN 1822-296X. - 1. vyd. - Kaunas: Kaunas University of technology, 2018. - s. 1427-1431 [print, online].
- [10] NOVÁK, A., TOPOLEČÁNY, R., BRACINÍK, T. 2009. Výcvik leteckých posádok s využitím nových technológií. Žilinská univerzita, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, 2009. - 94 s. ISBN 978-80-554-0108-9.
- [11] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.

Bc Jakub Pajdlhauser - narodený 10.02.1996 v Bratislave. Stredoškolské vzdelanie získal na Gymnáziu Alberta Einsteina v Bratislave. Po úspešnom absolvovaní strednej školy v roku 2015 začal študovať odbor letecká doprava na Žilinskej univerzite v Žiline. V roku 2018 začal pracovať v Letových prevádzkových službách Slovenskej republiky, štátny podnik ako pseudopilot.

EKONOMICKO-PRÁVNE ASPEKTY REGIONÁLNYCH LETÍSK SR V PODMIENKACH EÚ

ECONOMIC AND LEGAL ASPECTS OF REGIONAL AIRPORTS IN CONDITIONS OF SLOVAK REPUBLIC AND EUROPEAN UNION

Tatiana Remencová

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
remencova.tatiana@gmail.com

Alena Novák Sedláčková

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
Alena.Sedlackova@fpedas.uniza.sk

Abstract - This paper is focused on economic and legal aspects of regional airports. There is analyzed the legal regulation of the issue of regional airports in the EU with regard to their financing from state sources. The paper describes the European Union's position on regional airports, its main challenges and the strategies applied in this area. Subsequently, it focuses on the regional airports of the Slovak Republic, analyses its current business models and its actual situation. Through this analysis, it tries to determine a suitable model for airports in the Slovak Republic. The output of this paper is a comprehensive summary of the issue of regional airports and the selection of a suitable business model for airports in the Slovak Republic.

Key words – regional airports, state aid, airports strategies, airport business models, airport financing.

I. ÚVOD

Letiská považujeme za kľúčové prvky v odvetví leteckej dopravy. Keby táto hustá sieť letísk neexistovala, nebolo by možné spojenie medzi vzdialenými mestami a miestami. Ľudia by neboli schopní cestovať za prácou, za rodinou a dokonca ani na dovolenku. Ohrozená by bola aj preprava tovaru, pretože prostredníctvom iných druhov dopravy by trvala oveľa dlhšie. Letiská nám teda poskytujú štandard, bez ktorého si nevieme predstaviť dnešný rýchly život. Poskytujú nám spojenie, pohodlie, bezpečnosť a pocit, že cestovanie je pomerne ľahké a jednoduché. Aká je však realita? Aká je situácia na letiskách?

Letiská nám síce poskytujú jedinečné spojenie, vysoký štandard, pohodlie a bezpečnosť, ale ich prevádzka a financovanie nie je vôbec jednoduché. Všetky letiská, či už veľké, malé alebo regionálne, čelia rôznym problémom a výzvam. Niektoré zápasia s existenčnými problémami, iné s nedostatočnou kapacitou, nízkymi príjmami, klesajúcim počtom cestujúcich a neschopnosťou vytvárať zisk. Práve regionálne letiská sú tie, ktoré často zápasia s existenčnými problémami, a preto sa stali aj predmetom rôznych diskusií o tom, či sú alebo nie sú potrebné pre tento svet. Pravda je taká, že regionálne letiská

majú vysoké prevádzkové náklady, ktoré je veľmi ťažké pokryť. Zdroje príjmov sú pre nich veľmi obmedzené a často sa spoliehajú na štátnu pomoc vo forme dotácií alebo inej podpory. Preto sa zameriavame na ich význam a analyzujeme súčasnú legislatívu v rámci letísk v EÚ. Predstavujeme dôležité usmernenia a nariadenia Európskej komisie týkajúce sa financovania a podpory letísk. Zaujímajú nás tiež názory a postoje EÚ k týmto letiskám. V nadväznosti sa zaoberáme situáciou letísk v Slovenskej republike. Analyzujeme ich obchodné modely, ktoré súvisia s organizačnou a vlastníckou štruktúrou týchto letísk, a snažíme sa zistiť, ako tieto letiská fungujú a v akej situácii sa nachádzajú. Na základe vykonanej analýzy sa snažíme určiť najvhodnejší obchodný model pre regionálne letiská na Slovensku.

II. ANALÝZA PRÁVNEJ ÚPRAVY PROBLEMATIKY REGIONÁLNYCH LETÍSK V PODMIENKACH EÚ

Problematika regionálnych letísk spočíva v ich financovaní, preto sa vývoj v tejto oblasti rozdeľuje do troch fáz:

- Fáza 1 (1984 - 2005): v tejto viac ako dvadsaťročnej etape neexistovali pravidlá o štátnej pomoci v oblasti letectva.
- Fáza 2 (2005 - 2014): Táto fáza priniesla uplatňovanie pravidiel týkajúcich sa financovania letísk a štátnej pomoci. Oznámenie Komisie: Usmernenia týkajúce sa financovania letísk a štátnej pomoci na začatie činnosti pre letecké spoločnosti s odletom z regionálnych letísk (2005/C312/01).
- Fáza 3 (2014 - súčasnosť): pravidlá vzťahujúce sa na štátnu pomoc letiskám a leteckým spoločnostiam. Oznámenia Komisie: Usmernenia o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti (2014/C99/03)[1].

Počas uplynulých rokov prijal Európsky parlament niekoľko uznesení o leteckej doprave ako celku. V tomto prípade zameriavame pohľad na jednotlivé Usmernenia a Nariadenia EÚ, ktoré stanovujú podmienky a pravidlá poskytovania štátnej pomoci letiskám a leteckým spoločnostiam v EÚ. Zodpovednosť za poskytovanie štátnej pomoci je na strane Komisie a hlavným

cieľom je zabezpečiť spravodlivú hospodársku súťaž pre všetkých.

oblasti veľmi vzdialené, prípadne izolované od EÚ, v tom zmysle ak vzdialenosť zabraňuje rozvoju oblasti, kde sa letisko nachádza.

Usmernenia a nariadenia EÚ:

1. Oznámenie Komisie 2014 / C 99/03 Usmernenia o štátnej pomoci pre letiská a letecké spoločnosti zo 4. apríla 2014.
2. Oznámenie Komisie o koncepcii štátnej pomoci uvedenej v článku 107 ods. 1 bode 1 Zmluvy o fungovaní Európskej únie z 19. júla 2016 (2016/C262/01).
3. Nariadenie Komisie (EÚ) 2017/1084 zo 14. júna 2017, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie (EÚ) č. 182/2011 651/2014, pokiaľ ide o pomoc prístavnej a letiskovej infraštruktúre.

Podľa usmernení EÚ je možné poskytovať:

- investičnú pomoc,
- prevádzkovú pomoc,
- pomoc leteckým spoločnostiam na začatie činnosti,
- štátnu pomoc vo forme náhrady za služby vo verejnom záujme [2].

Investičná pomoc predstavuje verejnú pomoc na financovanie investícií na letiskách. Komisia vzhľadom na pravidlá investičnej pomoci rozdelila letiská do 5 kategórií a to: letiská s počtom cestujúcich do 200 000 za rok, letiská s počtom cestujúcich od 200 000 až 1 milión za rok, letiská s počtom cestujúcich 1 až 3 milióny za rok, letiská s počtom cestujúcich 3 až 5 miliónov za rok a letiská s počtom cestujúcich viac ako 5 miliónov za rok. Stanovila sa aj maximálna intenzita investičnej pomoci, ktorá je považovaná za prípustnú. Pohybuje sa v rozmedzí od 25% do 75% a priamo súvisí s veľkosťou letiska.

Prevádzková pomoc je určená na pokrytie medzier vo financovaní, buď vo forme zálohových platieb alebo vo forme pravidelných splátok na pokrytie očakávaných prevádzkových nákladov. Aj v tomto prípade Komisia rozdelila letiská do 5 kategórií, a to: letiská s počtom cestujúcich do 200 000 za rok, letiská s počtom cestujúcich od 200 000 až 700 000 za rok, letiská s počtom cestujúcich od 700 000 až 1 milión za rok, letiská s počtom cestujúcich 1 až 3 milióny za rok a letiská s počtom cestujúcich viac ako 3 milióny za rok. Kľúčovým prvkom pre hodnotenie prevádzkovej pomoci Komisiou je obchodný plán letiska ex ante, ktorý zabezpečí, aby spoločnosť ktorá spravuje letisko bola schopná pokryť všetky prevádzkové náklady na konci 10-ročného prechodného obdobia.

V prípade leteckých spoločností je možné obdržať pomoc na začatie činnosti. Letecká spoločnosť musí splniť ale povinnosť poskytnúť svoj podnikateľský plán, kde dostatočne preukáže životaschopnosť trasy v budúcnosti. Komisia rozdelila letiská do 3 kategórií: letiská, kde je počet cestujúcich viac ako 5 miliónov za rok, letiská kde je počet cestujúcich 3 až 5 miliónov za rok a letiská, kde je počet cestujúcich do 3 miliónov za rok.

Štátna pomoc vo forme náhrady za služby vo verejnom záujme je poskytovaná napríklad tým letiskám, ktoré obsluhujú

III. EKONOMICKO – POLITICKÉ ASPEKTY POLITIKY EÚ V OBLASTI REGIONÁLNYCH LETÍSK

Politika EÚ v oblasti letísk sa zameriava najmä na harmonizáciu rôznych postupov, stratégií a politik. Práve vďaka správne zavedeným stratégiám EÚ dokážu regionálne letiská konkurovať iným väčším letiskám. Generálny riaditeľ ACI Europe Olivier Jankovec sa na túto tému vyjadril: „Regionálne letiská umiestňujú stovky miestnych komunít nielen na európsku mapu, ale aj na globálnu. Sú nevyhnutnými a vo väčšine prípadov nenahraditeľnými motormi hospodárskej obnovy a rozvoja.“ Práve tu sa zdôrazňuje ich dôležitosť nielen pre región Európy, ale dôležitosť pre celý svet.

Doteraz sa EÚ snažila implementovať mnohé dopravné politiky v oblasti leteckej dopravy, bolo to napríklad vymedzenie trans-európskej dopravnej siete, vďaka ktorej sa európskym občanom umožnil rýchly a efektívny pohyb po EÚ. V prípade zamerania EÚ na samotné letiská boli taktiež vyvinuté mnohé stratégie, ktoré sa týkali predovšetkým pomoci týmto letiskám. V roku 2014 sa uskutočnila konferencia regionálnych letísk ACI Europe v meste Reykjavík na Islande. Hlavnou témou bola úloha regionálnych letísk v budúcej stratégii rastu a taktiež analýza problémov a následné hľadanie riešení pre túto skupinu letísk. Regionálne letiská v tom čase zaznamenávali rast počtu cestujúcich. Tento rast okomentoval Olivier Jankovec: „Regionálne letiská konečne dohánajú svojich väčších kolegov a teraz zaznamenávajú dynamickejší rast cestujúcich. Toto je dobrá správa. Ale ako vždy, regionálne letiská žijú vo svete extrémov, pokiaľ ide o výkonnosť dopravy. Pre všetky zlepšenia obchodných podmienok je rast na mnohých letiskách spôsobený rovnou alebo klesajúcou prevádzkou na iných letiskách. Konkurencia v udržiavaní existujúcich trás a vývoji nových trás je tvrdá, pričom letecké spoločnosti diktujú podmienky, za ktorých sa rozhodnú prevádzkovať dané linky.“ Situácia regionálnych letísk bola vo všeobecnosti pozitívna ako sa vyjadril, letiská prosperovali svojimi číslami, no napriek tomu nezabudol poznamenať, že konkurencia je naozaj tvrdá a podnikanie v tejto oblasti vôbec nie je jednoduché. Výsledkom konferencie bolo zavedenie európskej stratégie rastu v roku 2015.

Táto európska stratégia v oblasti letectva predstavuje míľnikovú iniciatívu na podporu rastu európskych podnikov, podporu inovácií a umožnenie cestujúcim ťažiť z bezpečnejších, čistejších a lacnejších letov a samozrejme ponúknuť viac spojení. Stratégia rastu priamo prispieva k prioritám Komisie v oblasti zamestnanosti, jednotného digitálneho trhu, energetickej únie a EÚ ako globálneho hráča. V širšom slova zmysle letecká stratégia umožňuje európskemu letectvu prosperovať na celom svete [3].

Stratégia je rozdelená do 3 fáz:

1. Fáza návrhu:
 - Ambiciózná vonkajšia politika EÚ v oblasti letectva.

- Riešenie obmedzení rastu vo vzduchu ale aj na zemi.
 - Zachovanie vysokých štandardov EÚ.
 - Inovácie, investície a digitálne technológie.
2. Rokovacia fáza:
- Rokovania s Európskym Parlamentom a Radou.
3. Realizačná fáza:
- Realizačná fáza opisuje realizáciu stratégie EÚ v oblasti letectva na úrovni EÚ a na vnútroštátnej úrovni po prijatí návrhu alebo iniciatívy[4].

Hlavnou úlohou tejto stratégie je, že by mala výrazne prispievať k realizácii hlavných priorit Európskej komisie. Uvádza sa v nej tri oblasti zamerania. Prvá časť sa zameriava na zaručenie rovnakých podmienok pre všetkých s cieľom zlepšiť prístup na trh s tretími krajinami v kombinácii s rôznymi investičnými príležitosťami. Druhá časť stanovuje ambície aktívne presadzovať opatrenia na prekonanie kapacitných rozdielov vo vzduchu, ale aj na zemi v kombinácii so zvyšujúcou sa efektívnosťou a prepojitelnosťou. Posledná časť zdôrazňuje potrebu spoločného úsilia a potrebu jednotnosti v tejto oblasti. Investície a digitalizácia predstavujú hnací motor pre rozvoj letectva. Identifikuje taktiež možnosti prechodu na riziko a výkon zodpovedajúce zachovaniu vysokých bezpečnostných štandardov EÚ.

Európska stratégia rastu nebola jedinou vyvinutou stratégiou. Pre zlepšenie vážnej situácie jednotlivých letísk sa objavili aj ďalšie vhodné alternatívy - stratégie, ktoré môžu letiskám výrazne pomôcť. Išlo o stratégie špecializácie a stratégie diverzifikácie. Stratégie špecializácie sa používajú na rozvoj leteckej činnosti letiska. Niektoré sa zameriavajú na leteckú infraštruktúru, iné sa zameriavajú na zvýšenie úrovne ponúkaných služieb alebo zlepšenie komunikácie a marketingu s klientmi. Cieľom špecializačných stratégií je rozvíjať hlavne príjmy z leteckej dopravy. Stratégie diverzifikácie zase spočívajú v rozvoji činností, ktoré nesúvisia s jej hlavným predmetom podnikania. Táto stratégia môže pomôcť k zníženiu vystavenia firmy riziku, a to napríklad vtedy, ak je hlavné podnikanie firmy zasiahnuté krízou. Prostredníctvom tejto stratégie sa tak môžu vytvárať zisky. Najbežnejšou stratégiou diverzifikácie je rozvoj komerčných aktivít prostredníctvom zväčšovania plôch pre obchody, reštaurácie a požičovne áut na letisku. Hlavným cieľom stratégií diverzifikácie je zvyšovať príjmy z leteckej dopravy a je možné ich uplatniť na akékoľvek letisko [5].

Prostredníctvom uvedených stratégií je možné zlepšiť letiskám situáciu. Napriek tomu registrujeme, že regionálne letiská majú stále vážne problémy. Tie sú spojené predovšetkým s vysokými fixnými nákladmi, ktoré vyplývajú z prevádzky letiska. Regionálne letiská nie sú schopné pokryť tieto náklady, aj z dôvodu nízkeho objemu dopravy a obmedzeného potenciálu rastu. Nízku ziskovosť týchto letísk ovplyvňujú ale aj iné faktory. Napríklad množstvo regionálnych letísk sa nachádza mimo metropolitných oblastí, kde môže byť obmedzený potenciál cestujúcich, malá prevádzka potom brzdí návratnosť nákladov, nedostatok cestujúcich a taktiež pokusy nízko-nákladových dopravcov platiť minimálne poplatky na letiskách. Vysoké náklady na investície do letiskovej infraštruktúry a nízke príjmy

z leteckej dopravy následne vedú k vytváraniu strát. Olivier Jankovec o tomto probléme povedal: „Ekonomická udržateľnosť zostáva stále na mnohých regionálnych letiskách problémom, najmä v čase keď Komisia skúma svoje usmernenia o štátnej pomoci. Prieskum ukázal, že 61% letísk vybavujúcich menej ako 5 miliónov cestujúcich ročne sú stratové [9].

IV. ANALÝZA SÚČASNÝCH MODELOV PODNIKANIA REGIONÁLNYCH LETÍSK A VÝBER VHODNÉHO MODELU PRE LETISKÁ V SR

Na Slovensku máme spolu 86 letísk. Trinásť z nich považujeme za verejné a šesť z nich má status medzinárodného verejného letiska. Patrí sem:

- Letisko Milana Rastislava Štefánika (Letisko Bratislava),
- Letisko Košice,
- Letisko Poprad-Tatry,
- Letisko Žilina ,
- Letisko Sliač,
- Letisko Piešťany [6].

Slovenské letiská čelia takým istým problémom ako letiská vo svete. Sú to najmä problémy a výzvy z hľadiska ich financovania. Poskytovanie podpory zo strany štátu je dosť limitované a súvisí s organizačno-vlastníckym modelom letísk. Tieto modely letísk vo svete doposiaľ neboli dostatočne preskúmané a situácia je taká, že sú dosť roztrieštené z hľadiska ich organizačného vlastníctva a taktiež modelu financovania. Podľa organizácie ACI Europe existuje dlhodobý rozdiel vo vlastníctve, organizácii a financovaní letísk, taktiež európske regionálne letiská majú odlišný organizačno-vlastnícky štatút, čo naznačuje, že existuje niekoľko obchodných modelov letísk.

Na Slovensku boli letiská vo verejnom vlastníctve, teda považovali sme ich za štátne, štát ich aj podporoval a spadali pod rôzne sekcie ministerstiev (napríklad Ministerstvo obrany, dopravy, školstva). Vzhľadom na ich vlastnícku štruktúru možno povedať, že je iná, ale právna forma zostáva rovnaká, a to akciová spoločnosť v súlade so zákonom č. 513/1991 Zb. Obchodného zákonníka, zriadené v roku 2005 v súlade so zákonom č. 136/2004 Z. z. o letiskových spoločnostiach v znení neskorších predpisov[7].

Otázka vlastníctva slovenských letísk sa ale v priebehu rokov neustále menila. Doposiaľ neexistoval ani v súčasnosti neexistuje žiadny univerzálny model z hľadiska organizácie vlastníctva letísk v SR, pretože každé letisko je špecifické. Najprv to bola myšlienka 100% štátneho vlastníctva, neskôr však prišiel nápad zahrnúť do vlastníctva aj vyššie územné celky a mestá, keď zákon o letiskových spoločnostiach označil vyššie územné celky za vlastníkov letiskovej infraštruktúry, ktorá potom prenajala tento majetok za symbolickú cenu akciovým spoločnostiam. Z toho vyplýva, že letiská opakovane menili vlastnícku štruktúru, ktorá sa vyvíjala vždy podľa súčasných politických ideí. Bol to poriadny zmätok. V prípade bratislavského letiska sme zaznamenali veľkú snahu o privatizáciu, ktorá žiaľ nikdy nebola dokončená. V súčasnosti iba letisko Bratislava a letisko Sliač sú vo výhradnom vlastníctve

Slovenskej republiky. V prípade ostatných letísk je štruktúra vlastníctva zmiešaná, nájdeme tam aj podiely vyšších územných celkov a miest. Napríklad letisko Piešťany, kde má Ministerstvo podiel 20,65%, Trnavský samosprávny kraj 59,31% a mesto Piešťany 20,04%. V prípade letiska Poprad-Tatry Ministerstvo disponuje podielom 97,61%, mesto Poprad 1,67% a mesto Vysoké Tatry 0,72%. Na Letisku Žilina-Dolný Hričov sa otázka reorganizácie vlastníctva riešila nedávno. V súčasnosti akcionármi letiska sú: Ministerstvo s podielom 34,01% a Žilinský samosprávny kraj s podielom 65,99%. Letisko Košice bolo ako jediné úspešne privatizované. V súčasnosti je vlastníkom letiska spoločnosť KSC HOLDING so 66% podielom a Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky s podielom 34%. Odvtedy letisko zaznamenalo výrazné zlepšenie situácie, aj keď boli v tejto „novej ére“ aj slabšie obdobia [8].

V. ZÁVER

Regionálne letiská sú dôležité nielen pre nás ako klientov, ale aj pre fungovanie svetového hospodárskeho systému. Taktiež dokonale spájajú každú oblasť sveta na mape. Majú svoj význam, a preto by sme na ne nemali zabúdať.

Zistili sme, že väčšina týchto letísk nie je schopná generovať zisk. Tento fakt spôsobil to, že mnoho organizácií sa začalo touto témou viac zaoberať. Na základe vážnej situácie týchto letísk sa EÚ pokúsila vytvoriť stratégie, ktoré predstavovali dokonalý jednotný plán fungovania týchto letísk tak, aby boli ziskové. V súčasnosti však unifikovaný model fungovania neexistuje. Dôvodom je skutočnosť, že každé letisko je špecifické a musí čeliť svojim konkrétnym problémom.

Aj keď vieme, že tieto letiská je náročné prevádzkovať, dá sa im pomôcť formou štátnej pomoci. Tá je právne vymedzená v usmerneniach a nariadeniach EÚ, ktoré presne určujú všetky dôležité náležitosti štátnej pomoci a jasné pravidlá poskytovania podpory. Zdá sa, že v súčasnosti letiská nemajú inú možnosť, ako sa spoliehať na túto formu podpory. Sami so svojimi príjmami si nevystačia, a preto je pre nich štátna pomoc častokrát jediná forma záchrany. Dôležité je, že táto pomoc sa potom štátu vráti v rozvoji regiónu, zvýšeného HDP ako aj investíciách zahraničných investorov, ktorí do regiónu, ktorý nemá letecké spojenie so svetom neprídu. Podobná situácia je aj na Slovensku. V poslednej časti sme sa venovali letiskám v SR a analýze ich situácií. Tieto letiská čelia takým istým problémom, ako regionálne letiská vo svete. Problémy s nedostatkom financií, malá alebo žiadna prevádzka, nízke alebo žiadne zisky.

Na Slovensku je situácia podobná. Vyskytoval sa tu tradičný organizačno-vlastnícky model a počas uplynulých rokov prebehli procesy ako korporatizácia, decentralizácia, a to v prípade letiska Žilina a Piešťany, ale v niektorých prípadoch aj privatizácia - Letisko Košice, ktorá dopadla pomerne úspešne. Letisko Bratislava stále svoju najvhodnejšiu formu hľadá, pretože práve na osud tohto letiska má veľký dopad politický zámer a zmena v politických smerovaniach SR. Obchodné modely našich letísk sú preto veľmi zaujímavé a rozmanité. Môžeme ich opísať, analyzovať, ale nie sme schopný určiť presný názov. Preto nemôžeme ani jednoznačne určiť najlepší a optimálny obchodný model pre letiská v Slovenskej Republike. Keby sme ho za istých podmienok aj dokázali správne určiť a vybrať pre nejaké

konkrétne letisko, nebol by použiteľný a vhodný ako univerzálny model pre všetky.

POĎAKOVANIE

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **VEGA 1/0624/18** s názvom "*Modely podnikania regionálnych letísk v kontexte dopravnej politiky štátu a Európskej únie*".

REFERENCIE

- [1] ŠVECOVÁ, D. 2018. Ekonomicko – prevádzkové aspekty letiska Piešťany a návrh opatrení na jeho revitalizáciu. Diplomová práca. Žilina. 2018. 123 strán.
- [2] TOMOVÁ, A. a kol. 2016. *Ekonomika letísk*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline EDIS-vydavateľské centrum ŽU. 2016. 219 strán. ISBN 978-80-554-1257-3.
- [3] POSTORINO, M.N. 2010. *Development of regional airports*. University of Reggio Calabria, Italy. 2010. 175 strán. ISBN 978-1-84564-143-6.
- [4] EUROPEAN COMMISSION, 2015. *An aviation strategy for Europe*. [online]. 2015. [cit. 2020-02-26]. Dostupné na internete: https://ec.europa.eu/transport/modes/air/aviation-strategy_en#package_detail
- [5] BADÁNIK, B., LAPLACE, I., LENOIR, N., MALAVOLTI, E., 2010. Future strategies for airports. [online]. 2010. [cit. 2020-03-10]. Dostupné na internete: <https://hal-enac.archives-ouvertes.fr/hal-01022230/file/214.pdf>
- [6] Letiská na Slovensku, [online]. [cit. 2020-03-11]. Dostupné na internete: <https://www.nadosah.sk/letiska/letiska-na-slovensku>
- [7] NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A., ŠVECOVÁ, D., 2019. Do the Slovak Airports need the State Economic Framework for financial Support? [online]. 2019. [cit. 2020-03-27]. Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519303321>
- [8] TOMOVÁ, A., 2011. Privatising Bratislava: Small Airport – Big problem. [online]. 2011. [cit. 2020-04-02]. Dostupné na internete: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/34618/1/MPRA_paper_34618.pdf
- [9] ČERVINKA, M. 2019. *Is a regional airports business a way to make a profit?* [online]. 2019. [cit. 2020-02-10]. Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146519305897>
- [10] TOMOVÁ, A., MATERNA, M. 2018. Miscellaneous “modi vivendi” of regional and network airlines. INAIR 2018 [electronic] : Aviation on the Growth Path. - ISSN 2352-1465. - 1. vyd. - Hainburg: Elsevier, 2018. - s. 305-314 [online].
- [11] BADÁNIK, B., LAPLACE, I., LENOIR, N., MALAVOLTI, E., TOMOVÁ, A. & KAZDA, A. 2010. Future strategies for airports. 27th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences 2010, ICAS 2010, volume 6, pages 4416-4425

- [12] LAPLACE, I., KAZDA, A., TOMOVÁ, A., BADÁNIK, B., LENOIR, N., & MALAVOLTI, E. 2009. FAST: Future airport strategies. Paper presented at the 8th Innovative Research Workshop and Exhibition Proceedings, pages 19-28.
- [13] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & NOVÁK, A. 2010. Simulation at the bratislava Airport after application of directive 2009/12/EC on Airport charges. Transport and Telecommunication 11(2), pages 50-59.

RIEŠENIE VTOL PRE UAV S FIXNÝMI NOSNÝMI PLOCHAMI

SOLUTION OF VTOL FOR UAV WITH FIXED BEARING SURFACES

Tomáš Sisák

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
sisak@stud.uniza.sk

Filip Škultéty

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
filip.skultety@fpedas.uniza.sk

Abstract – This paper focuses on solving the problem of vertical takeoff and landing of an unmanned aerial vehicle with fixed bearing surfaces. The introduction describes the two most commonly used types of UAVs, emphasizing the positive and the negative properties of the UAVs. Furthermore, the work describes vertical takeoff and landing of aircraft and the design of the arrangement of airfoils and fuselage for individual UAV. The next chapter focuses on the selection of correct material and the process of building a UAV. The following chapter is devoted to the used electronics, describing each component separately, but at the same time, describing the electronic components necessary for the vertical takeoff and landing of the so-called pixhawk precisely. The main idea is to introduce the functioning of the sole component and the correct setting using a computer program. At the end of the work, there are calculations that are necessary to determine the operating values such as the speed range and the multiples for safe operations of the UAVs. These calculations are obtained computationally but also by simulation, using the XFLR5 program. With the help of this paper, reader can build, set up and fly with an unmanned aerial vehicle with fixed surfaces and vertical takeoff and landing by himself.

Key words – Drone. UAV. VTOL. Unmanned aerial vehicle. Pixhawk. Vertical take-off and landing.

I. ÚVOD

Témou diplomovej práce je riešenie vertikálneho vzletu a pristátia pre UAV s fixnými nosnými plochami.

Existuje celá rada bezpilotných leteckých prostriedkov. Rozdeliť ich možno do dvoch základných skupín. Bepilotné letecké prostriedky s fixnými nosnými plochami a bepilotné letecké prostriedky s rotujúcimi nosnými plochami. Práve tie s rotujúcimi nosnými sú menej využívané hlavne pri dlhších letoch, ako je tomu napríklad počas armádneho využitia alebo mapovaní veľkých území. Hlavným nedostatkom tohto typu dronov v porovnaní s bepilotnými prostriedkami s fixnými nosnými plochami je práve menší dolet. Naopak drony s fixnými nosnými plochami vyžadujú komplikovanejšie podmienky pre vzlet a pristátie.

Táto diplomová práca je zameraná na kompletnú stavbu, nastavenie a konfiguráciu dronu s fixnými nosnými plochami a možnosťou využívať vertikálny vzlet a pristátie. Práve takýto typ dronu rieši nedostatky spojené s krátkym doletom UAV s rotujúcimi nosnými plochami a komplikovanosť vzletu UAV s fixnými nosnými plochami. Využíva len kladné vlastnosti oboch typov UAV. V prvej kapitole sú porovnané výhody a nevýhody oboch typov UAV. Nasleduje samotná stavba, použité materiály a skladba jednotlivých častí UAV – trup, krídlo, chvostové plochy. Pri použitej elektronike sú popísané všetky súčiastky využité v UAV – motor, regulátor, servá, batéria. Samostatnú kapitolu tvorí funkcia a nastavenie pixhawk, čo je elektronická súčiastka nevyhnutná pre vertikálny vzlet UAV. V závere práce sa čitateľ môže oboznámiť s hodnotami rýchlostí násobkov a uhlov nábehu, pri ktorých UAV dokáže operovať počas letu. Tieto údaje sú získané výpočtovo pomocou vzorcov ale aj simulované v počítačovej simulácii XFLR5. Pomocou tejto diplomovej práce dokáže čitateľ zhotoviť, nastaviť a lietať s bepilotným prostriedkom s fixnými plochami, ktorý využíva vertikálny vzlet a pristátie.

II. POROVNANIE UAV S PEVNÝMI NOSNÝMI PLOCHAMI A UAV S ROTUJÚCIMI NOSNÝMI PLOCHAMI

POROVNANIE UAV S PEVNÝMI NOSNÝMI PLOCHAMI

UAV s pevným krídlom sa využívajú väčšinou v profesionálnej sfére, či už ide o presné topografické snímkovanie veľkých území s vysokým rozlíšením a vyhotovením 3D objektu alebo na vojenské účely.

Ak by sme v porovnaní s kvadroptérou (multikoptéra so štyrmi rotormi) hľadali výhody UAV s pevným krídlom išlo by hlavne o tieto výhody.

Dlhší dolet

UAV s pevnými nosnými plochami majú vďaka tvorbe vztlaku na krídlach a udržiavania dopredného horizontálneho letu len vďaka jednému motoru oveľa dlhší dolet. Takéto UAV dosahuje väčšie rýchlosti a dokáže na jedno nabitie batérií zaletieť a zmapovať oveľa väčšie územia. Dokáže zmapovať až tisíce metrov štvorcových na jedno nabitie, čo by s klasickou kvadroptérou vyžadovalo oveľa viac medzipristátí na dobitie alebo výmenu batérií [1].

Dlhšia vytrvalosť letu

Dlhšia vytrvalosť letu podobne ako dolet súvisí s menšou spotrebou – len na jeden elektromotor a servá. Ostatná elektronika v UAV s pevnými plochami je porovnateľná s UAV kvadroptérou. Bežná vytrvalosť - výdrž batérií kvadroptéry sa obvykle pohybuje od 10 do 20 minút, pričom UAV podobných rozmerov a nosnosťou s pevnými nosnými plochami dokáže vydržať v horizontálnom lete 45 minút až hodinu [1].

Kvalitnejšie mapovanie veľkých území

Vďaka absencii častých medzipristátí je snímok kvalitný bez akýchkoľvek prechodov. V prípade prerušenia záberu a následného pokračovania ako je to nutné pri nabíjaní kvadroptéry je snímok častokrát nekvalitný. Naopak pri snímokovaní menších plôch je UAV s pevnými nosnými plochami menej obratné a snímok je nekvalitný. Pri momentálnej legislatíve a možnosti letu UAV len do vzdialenosti 1000 m a na viditeľnosť UAV bude pre všeobecné využitie viac využívaná klasická kvadroptéra [1].

Vyššia bezpečnosť letu

V prípade výpadku jedného motora (poškodenie vrtule) sa stáva UAV s pohyblivými nosnými plochami – ak ide napríklad o kvadroptéru úplne neovládateľnou. Šesť a viac ramenné UAV sú bezpečnejšie a dokážu častokrát bezpečne pristáť bez poškodenia. V dnešnej dobe sa používajú aj rôzne záchranné padáky. Ak systém vyhodnotí že UAV nie je schopný pokračovať v lete, vystrelí bezpečnostný padák [1].

Na druhej strane UAV s pevnými nosnými plochami dokáže aj bez ťahu motorov pokračovať a bezpečne pristáť kľzavým letom. Kľzavý let sa nepoužíva len v prípade výpadku motora ale aj pri snímokovaní zvuku. UAV dokáže bez hluku motorov nasnímkovať kvalitnejšie aj zvuk [1].

POROVNANIE UAV S ROTUJÚCIMI NOSNÝMI PLOCHAMI

Naopak UAV s rotujúcimi nosnými plochami sú na rozdiel UAV s nosnými plochami využívanéjšie z nasledujúcich hľadísk.

Jednoduchší vzlet a pristátie

Tento typ UAV podobe ako je to v leteckej pri vrtuľníku potrebuje na vzlet minimálnu plochu. Vzlet a pristátie je vertikálne, pričom väčšina UAV disponuje funkciou „return to home“ (návrat na vopred zvolené miesto) alebo funkciou „return to land“ (návrat na miesto vzletu). Pri UAV s pevnými nosnými plochami je vzlet a pristátie oveľa náročnejšie. Či už ide o veľkosť plochy využitej na vzlet alebo pristátie alebo spôsob vzletu a pristátia. Na vzlet potrebujú tieto UAV častokrát vzletovú rampu s voľným priestorom pred rampou alebo je samotný vzlet riešený z ruky pomocníka. Nevýhodou v tomto prípade je, že bezpilotný prostriedok vyžaduje náročnejšiu obsluhu a viacčlenný personál. Podobne je to aj s pristátím UAV s pevnými nosnými plochami. Je nutná dostatočná plocha bez prekážok (pristávacia dráha), keďže má UAV pri pristátí doprednú rýchlosť potrebnú na udržanie vztlaku [1].

Lepšia manévrovateľnosť

UAV s rotujúcimi nosnými plochami nepotrebuje pre let doprednú rýchlosť, to umožňuje UAV rôzne režimy ktoré UAV s pevnými plochami nedokáže. Jednou z nich je aj režim visu. Pri tomto režime dokáže UAV nepretržite stáť na jednom mieste až po dobu vybitia batérií. Dá sa tak neustále monitorovať jeden objekt bez nutnosti pohybu UAV. Bezpilotný prostriedok s rotujúcimi nosnými plochami sa dokáže bez problémov otočiť okolo zvislej osi bez zmeny polohy, čo by UAV s pevnými plochami len sotva dokázal [1].

III. POUŽITIE VERTIKÁLNEHO VZLETU PRE UAV

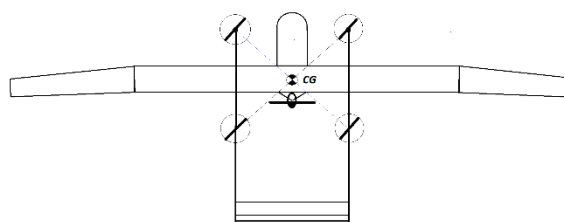
Pri navrhovaní samotného UAV sa brala do úvahy jednoduchosť systémov, hmotnosť a letové vlastnosti v horizontálnom lete UAV.

Pre vertikálny vzlet a pristátie bude využitý princíp vzletu a letu UAV.

Princíp letu UAV sa najjednoduchšie popisuje na kvadroptéru, pretože má štyri vrtule a štyri motory na štyroch rozličných ramenách. Každá z vrtuľ vytvára vztlak a zároveň krútiaci moment. Čiže ak sa vrtuľa otáča v smere hodinových ručičiek, tak potom podľa tretieho Newtonovho zákona bude mať rameno tendenciu otáčať sa v protismere. Toto je dôvod prečo klasické vrtuľníky potrebujú chvostový rotor. Avšak v prípade UAV sa používajú dve pravotočivé a dve ľavotočivé vrtule, umiestnené diagonálne proti sebe, vďaka čomu sa tento efekt ruší. Vďaka tomuto sa UAV dokáže veľmi dobre vznášať na mieste. Ak chceme s UAV letieť dopredu, tak predné motory svoje otáčky znížia a naopak, zadné zvýšia. Takým istým spôsobom vytvára UAV aj náklon. Ak chceme UAV otočiť okolo vertikálnej osi tak pridáme výkon buď naľavo alebo pravotočivých motoroch, podľa toho do akej strany sa chceme otáčať [2].

Motory pre vertikálny vzlet budú umiestnené na predĺžených ramenách trupu, pričom sa uhlopriečky budú pretínať v ťažisku UAV.

Pre horizontálny let bude využité klasické usporiadanie letúna – trup, krídlo a chvostové plochy.



Obrázok 1: Návrh typu UAV [Zdroj: autor]

IV. STAVBA UAV

TRUP

Tvar priečneho rezu trupu je do istej miery ovplyvnený účelom použitia. Pri voľbe tohto tvaru na daný typ UAV bola použitá elipsa s rovnakým prierezom v prednej aj zadnej časti

trupu. Dĺžka trupu bola navrhnutá tak , aby bola dostatočná na umiestnenie batérie, systému autopilota, prijímača a regulátora

Samotný trup sa skladá z prednej časti, ktorá nesie užitočné zaťaženie a zadnej časti zloženej z dvoch uhlíkových trubiek pokračujúcich až k chvostovým plochám.

Predná časť je vyrobená z polystyrénu a je zložená zo 4 častí vyrezaných cez šablónu pomocou odporového drôtu. Hlavná časť je valcového tvaru s elipsovým prierezom. Práve v tejto časti bude uložená elektronika a batéria bezpilotného prostriedku. Samotný trup je pološkrupinovej polystyrenovo-balzovo-uhlíkovej konštrukcie o celkovej dĺžke 80 cm. Jednotlivé časti sú spájané lepidlom na polystyrén. Polystyrénové časti sú povrchovo upravené balzou o hrúbke 0,6 mm, ktorá je prilepená priamo na polystyrénový trup a spevňuje jednotlivé časti. Balzový povrch trupu je ďalej potiahnutý nažehlovacou fóliou.

KRÍDLA

Krídlo je zostavené zo štyroch častí. Každá časť má polystyrénové jadro, ktoré je potiahnuté balzou.

Jadro krídla je podobne ako trup vyrezané cez šablónu profilu krídla pri koreni a profilu na konci krídla pomocou odporového drôtu. Toto jadro je spevnené smrekovým nosníkom, pričom nosník je použitý na spevnenie len dvoch vnútorných častí. Vonkajšie celky krídiel nosník nemajú. Hlavné časti, teda vnútorné časti krídiel sú jednoduchého obdĺžnikového tvaru a nemajú voči trupu žiadne vzopätie. Hlavný nosník spája tieto časti a je z jedného kusu bez zmeny uhla. Samotné jadro tvorí okrem polystyrénu aj balzová nábežná a odtoková hrana. Na povrchové spevnenie krídla bola ako plášť krídla použitá balza hrúbky 0,8 mm. Koncové 400 mm dlhé časti krídel sú podobne ako hlavné časti tvorené polystyrenovým jadrom, balzovou nábežnou a odtokovou hranou, potiahnuté balzou, avšak smrekový nosník nie je použitý. Na rozdiel od vnútorných častí, koncové časti majú zužujúci charakter a teda ide o lichobežníkové krídlo. Pre lepšiu stabilitu okolo pozdĺžnej osi bolo medzi hlavnou a koncovou časťou krídla použité vzopätie 20°. Toto vzopätie je použité aj preto, že lietadlo nedisponuje krídelkami [3].

CHVOSTOVÉ PLOCHY

Horizontálny stabilizátor

Horizontálny stabilizátor je jednoduchého obdĺžnikového tvaru so symetrickým profilom. Jeho rozmery boli navrhnuté s ohľadom na veľkosť a hmotnosť UAV. Horizontálny stabilizátor je zhotovený z balzovej doštičky o hrúbke 5mm, pričom nábežná a odtoková hrana sú upravené do požadovaného tvaru, aby bol zabezpečený čo najnižší škodlivý odpor. Samotný horizontálny stabilizátor je povrchovo upravený fóliou tak, ako zvyšok modelu. Kormidlo na horizontálnom stabilizátore, výškovke, má možnosť vychýlky 30 stupňov na obe strany. To zabezpečí UAV dostatočnú ovládateľnosť okolo bočnej osi v konfigurácii UAV s pevnými nosnými plochami. Rozmery horizontálneho stabilizátora sú 340 mm x 140 mm s celkovou plochou 476 cm².

Vertikálny stabilizátor

Pre použitie stability okolo kolmej osi letúňa boli navrhnuté dva vertikálne stabilizátory. Tieto stabilizátory sú

umiestnené na koncoch horizontálneho stabilizátora, pričom sú pevne spojené na predĺžených častiach trupu. Vertikálne stabilizátory sú jednoduchého lichobežníkového tvaru. Podobne ako je to pri horizontálnom aj vertikálny stabilizátor je zhotovený z 5 mm balzovej doštičky. Hotová nábežná a odtoková hrana je nalepená na symetrickom stabilizátore, pričom zabezpečuje zníženie škodlivého odporu. Odtoková hrana v celkovej dĺžke 125 mm. slúži u oboch vertikálnych stabilizátoroch ako smerové kormidlo. Smerové kormidlo je súčasne vychýľované u oboch vertikálnych stabilizátoroch naraz, pričom nie je využívaná žiadna diferenciácia. Rovnomerné vychýlenie oboch vertikálnych stabilizátorov zabezpečí tiahlo medzi kormidlami.

Časti UAV sú spojené podobne ako je tomu na obrázku.



Obrázok 2: Finálna verzia UAV bez elektroniky [Zdroj: autor]

V. POUŽITÁ ELEKTRONIKA PRI STAVBE UAV

POUŽITÉ MOTORY

Pre pohon vertikálneho vzletu budú slúžiť štyri rovnaké motorčeky, pričom 2 budú napájané polaritou pre otáčanie rotora doprava a dva doľava.

V prípade tohto konkrétneho UAV boli zvolené s ohľadom na rozmery a MTOW modelu motory T-motor Professional Series MN2212 KV780.

POUŽITÝ ESC

Pre pohon všetkých motorov v UAV bol zvolený regulátor SPEDIX ES30.

Spedix ES30 je vysokovýkonný micro regulátor otáčok s maximálnym trvalým prúdom 30 A. Ide o najľahší regulátor vo svojej kategórii s hmotnosťou len 7,3 g . Regulátor je navrhnutý tak aby lepšie odolával prepätiu , prevádzkovému zaťaženiu , rýchlej zmene prúdov a aby dokonale odvádzal teplo. Tým pádom nemusí byť regulátor otáčok umiestnený priamo pod vrtuľou , ale dokáže sa chlaďiť aj mimo vrtuľového prúdu. Filtračný obvod sa skladá až z dvanástich kondenzátorov, čo znamená že vytvára menšie prúdové vlny, menej ruší signál medzi vysielacom a prijímačom a dodáva väčšiu stabilitu celého systému [4].

VYSIELAČ

Moderné vysielacie pracujú na frekvencii 2,4 GHz a pred prvým použitím je potrebné spárovať prijímač a vysieláč, čím sa zabráni interferencii a tomu, aby prijímač prijímal signály z iného vysieláča. Vysieláče sa líšia aj počtom kanálov, najčastejšie sa využívajú vysieláče v rozsahu 4 až 12 kanálov. Pre

let s UAV sú nutné najmenej 4 kanály, aby sme dokázali ovládať pohyb okolo všetkých 3 osí a vertikálny pohyb zariadenia. Viac kanálové vysielacie sa používajú napr. pri veľkých modeloch lietadiel, kde je potrebné ovládať aj vztlakové klapky a zasúvanie a vysúvanie podvozku. Každý z týchto úkonov má priradený svoj vlastný kanál. Vysielače sa rozdeľujú aj podľa tzv. módu, najčastejšie sa využíva mód 1 a mód 2, ktoré sa navzájom od seba líšia rozložením ovládacích prvkov na vysielaci (mód 1 má ovládanie ľahu naľavo, mód 2 napravo).

Pre ovládanie VTOL UAV je zvolená šesťkanálová súprava Spectrum DX6.

DX6 je počítačová 6-kanálová vysielacia pracujúca v pásme 2,4 GHz. Je využívaná na lietanie s RC modelmi lietadiel, vrtuľníkov, prípadne iných modelov. Vysielač je vybavený hlasovými signálmi – telemetria – letové prístroje – rýchlosť, výška, stav batérií a podobne. V našom prípade budú pri vertikálnom vzlete využité štyri kanály – pohyb okolo všetkých osí UAV a vertikálny pohyb. Na zmenu konfigurácie UAV z VTOL na letún bude využitý jeden voľný kanál – spínač prepnutia konfigurácie. Pri konfigurácii – letún (značná časť letu UAV) budú využité len tri kanály. Prvý kanál na ovládanie otáčok motora, druhý kanál pre smerové kormidlo a posledný tretí kanál pre výškové kormidlo.

PRIJÍMAČ

Podobne ako vysielateľ aj prijímač je 6-kanálový značky SPECTRUM. Svojou hmotnosťou a plným dosahom vytvára mikroprijímač Spektrum DSMX - 6CH AR610 ideálnu súčasť na ovládanie UAV. Jeho hmotnosť je len 9 g, pričom dokonalý príjem signálu vďaka 190 mm dlhej 2,4 GHz anténe zostáva zachovaný. Prijímač bude napájaný priamo z riadiacej jednotky Pixhawk. Napájacie napätie je 3,5 – 9,6 V.

VI. POUŽITÁ ELEKTRONIKA PRI STAVBE UAV

PIXHAWK

Jedná sa o „open-source“ riadiacu dosku určenú hlavne pre amatérske autonómne lietadla, UAV, lode a ponorky. Relatívne nízka cena, dostupnosť a spoľahlivosť umožňuje využívať túto riadiacu dosku v malých neriadených lietadlách / UAV. Na zabezpečenie letu Pixhawk využíva senzory na určenie a následne vyhodnotenie stavu v akom sa lietadlo nachádza tieto údaje následne využíva pre stabilizáciu, prípadne autonómny let. Pixhawk na tento účel využíva senzory ako gyroskop, akcelerometer, magnetomer (kompas) a barometer, ktoré sú už priamo implementované na doske. Tieto senzory sú neodmysliteľnou súčasťou pre správny priebeh letu. Avšak pre maximálne využitie je potrebné k Pixhawk pripojiť GPS alebo iný pozíčný systém a tým umožniť využívanie všetkých automatických alebo asistenčných módov. Ďalej je možné k Pixhawk pripojiť rôzne senzory od snímaču vzduchu rýchlosti (využite pre presné meranie rýchlosti, hlavne u UAV s pevnými nosnými plochami lietadiel a VTOL) až po LiDAR (vyhýbanie sa prekážkam) [5] [6].

ZAPOJENIE VTOL DO PIXHAWK

Zapojenie motorov / serv

Pri navrhovaní UAV bol zvolený typ quad X VTOL, v tomto prípade sa signál z ESC (motorov) pripája na piny AUX OUT 5 až 8 (1 až 4 budú použité pre servá) v tomto poradí:

Output 5: Právý predný motor, otáča sa proti smeru hodinových ručičiek (CCW)

Output 6: Ľavý zadný motor, otáča sa proti smeru hodinových ručičiek (CCW)

Output 7: Ľavý predný motor, otáča sa po smere hodinových ručičiek (CW)

Output 8: Právý zadný motor, otáča sa po smere hodinových ručičiek (CW)

Servá sa zapoja podľa toho aký mód vysielacky sa bude používať do AUX Out 1 až 4 (Pre mód 2 je to: Aux 1 smerovka, Aux 2 výškovka, Aux 3 plyn, Aux 4 krídlečka) [5].

KONFIGURÁCIA VTOL

Inštalácia firmwaru

Pri konfigurovaní VTOL je potrebné v prvom rade nainštalovať firmware pre UAV s pevnými nosnými plochami. Po pripojení Pixhawk k PC sa prejde na záložku Initial Setup, po odkliknutí na možnosť Install Firmware sa vyberie možnosť ArduPlane V4.0.5 (verzia sa môže líšiť). Po kliknutí Mission planner automaticky stiahne príslušný firmware pre riadiacu dosku a nainštaluje ho. Po nainštalovaní Mission planner vyzýva, aby sa počkalo na hudobné tóny a až potom sa odklikne OK (v prípade že nie je pripojený „buzzer“ nie je počuť nič, zvyčajne stačí počkať cca 1 min a kliknúť na OK) [7].

Zapnutie podpory VTOL

Na začiatku v Full parameter list sa vyhľadá pomocou vyhľadávania vpravo parameter Q_ENABLE – Tento parameter je nastavený na hodnotu 0 pri ktorej je vypnutá podpora VTOL, zmenou tohto príkazu na hodnotu 1 sa zapne podpora VTOL. Obnovíme parameter list kliknutím na tlačidlo refresh params, od tohto momentu sú viditeľné všetky parametre pre VTOL sú rozpoznateľné tým že začínajú znakom Q [7].

Výber typu konštrukcie

Na výber správneho typu konštrukcie ktorá bude použitá slúžia parametre Q_FRAME_CLASS a Q_FRAME_TYPE.

Q_FRAME_CLASS môže byť:

- 1 pre quad
- 2 pre hexa
- 3 pre octa
- 4 pre octaquad
- 5 pre Y6
- 7 pre Tri
- 10 pre Tailsitter

V tomto prípade je potrebné zmeniť hodnotu na 1 (quad).

Parameter Q_FRAME_TYPE určuje typ usporiadania motorov.

- 0 pre plus frame
- 1 pre X frame
- 2 pre V frame
- 3 pre H frame
- 11 pre FireFly6Y6 (for Y6 only)

Pre tento typ UAV opäť zmena na hodnotu 1 (X frame).

Ďalšie kľúčové parametre

Q_M_SPIN-ARM parameter je dôležitý pre dosiahnutie správnej rýchlosti motorov po „odarmovaní“ VTOL, príliš vysoká hodnota spôsobí to, že ihneď po zapnutí motorov sa VTOL vznesie do vzduchu (hodnota 0.1 by mala byť dostačujúca) [7].

Q_A_RAT_RLL-P a Q_A_RAT_PIT-P tieto parametre sú najkritickejšie parametre pri ladení VTOL, hodnota je nastavená na 0,25, avšak je možné že bude potreba túto hodnotu zvýšiť (prílišné zvýšenie hodnoty bude mať za následok veľmi ostré reakcie UAV a UAV sa bude celkovo chvieť, príliš nízkych bude UAV reagovať veľmi spomalene a lenivo) [7].

RTL_AUTOLAND

Parameter ktorý určuje ako sa má VTOL správať pri prepnutí do módu RTL

Hodnota 0 – vypnuté RTL

Hodnota 1 – Zapnuté, UAV pôjde na miesto vzletu a tam pristane

Hodnota 2 – Zapnuté, UAV začne okamžite pristávať

Nakoľko v tomto UAV nebude použitý GPS snímač použije sa hodnota 2 aby VTOL prešlo okamžite na pristátie. (toto nastavenie je dôležité pre prípadný výpadok signálu (failsafe) [16].

FS_LONG_ACTN

Tento parameter určuje ako sa má VTOL zachovať v prípade Failsafe.

Hodnota 0 – Bude pokračovať v lete

Hodnota 1 – prepne sa do módu RTL

Hodnota 2 – začne kĺzať

Hodnota 3 – otvorí padák

Ideálne pre tento typ UAV bude hodnota 1 nakoľko ide o najbezpečnejšiu z vyššie uvedených možností.

Q_OPTIONS je „bitmaska“ ktorá určuje správanie sa funkcie VTOL.

Bitmask 0 – VTOL vzlietne ako UAV s rotujúcimi nosnými plochami - multikoptéra

Bitmask 1 – VTOL vzlietne ako UAV s pevnými nosnými plochami - letún

Bitmask 2 – VTOL bude pristávať UAV s pevnými nosnými plochami - letún

Ostatné „bitmasky“ nie sú pre užívateľa dôležité, nakoľko nemajú význam pre daný typ UAV.

„Bitmaska“ sa ponechá v tomto prípade na hodnotu 0.

VII. PROGRAM XFLR5

Nasledovná časť je zameraná dizajnu a niektorým charakteristikám nosných plôch UAV v konfigurácii letún. Program XFLR5 je modelovací program, pomocou ktorého je možné uskutočniť určité merania a analýzy súvisiace s problematikou rozličných krídel a ich profilov. V prípade krídla UAV bol navrhnutý profil, ktorý svojimi vlastnosťami v najväčšej miere odpovedal požiadavkám pre letové charakteristiky letúňa. Po porovnávaní a zvažovaní rôznych možností a druhov zo širokej škály profilov, odpovedal týmto požiadavkám najlepšie tvar profilu s typovým označením NACA 4412.

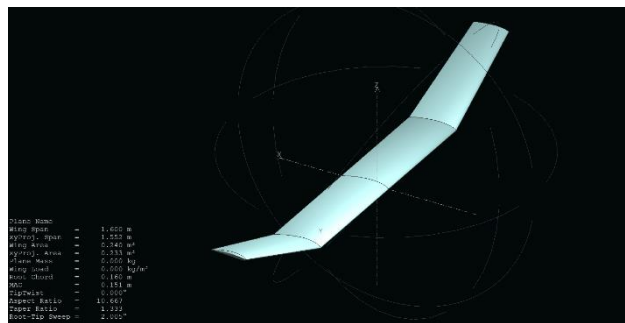
MODELÁCIA KRÍDLA V PROGRAME XFLR5

Program XFLR5 taktiež poskytuje funkciu modelácie krídla pre UAV v konfigurácii letún. Pri zadaní základných parametrov krídla, program vymodeluje krídlo, tak ako je zobrazené na obrázku. Rozpätie krídla dosahuje hodnotu 1,6 metra a pri dĺžke tetivy 0,16 m na koncoch krídla 0,12 m program vyrátal plochu krídel 0,24 m². Pri odhadovanej hmotnosti modelu bude plošné zaťaženie krídla 5,4 kg/m². Tetiva na koreni krídla má dĺžku 0,16m, na koncoch krídel 0,120 m. Hodnota Strednej aerodynamickej tetivy (M.A.C) je 0,151 metra.

Z dôvodu jednoduchšej stavby, skrútenie krídla nie je použité. Geometrické a aerodynamické skrútenie krídla by zlepšilo hlavne pádové vlastnosti. Pádové vlastnosti pre typ obdĺžnikového v spojení s lichobežníkovým krídlom sú vyhovujúce. Odtrhávajúce prúdnic na povrchu krídla nastáva od koreňa a šíri sa ďalej ku krídelkám. Tým pádom existuje pri páde stále možnosť kontroly lietadla.

Ďalším významným prvkom v tabuľke je „aspect ratio“ – v preklade štíhlosť krídla. Je to pomer rozpätia krídel ku strednej aerodynamickej tetive krídla. Program vypočítal hodnotu tohto pomeru ako 10,667:1. Je možné tvrdiť, že čím vyšší tento pomer štíhlosti k strednej aerodynamickej tetive lietadlo má, tak tým má aj lepšie aerodynamické vlastnosti – lepšiu kĺzavosť [8].

„Taper ratio“ predstavuje pomer lomenia krídla. UAV má lomené krídlo presne od polovice a jeho hodnota je 1,333.



Obrázok 3 - Modelácia krídla v XFLR5 [Zdroj: autor]

KRÍDLO A POLOHA C_p

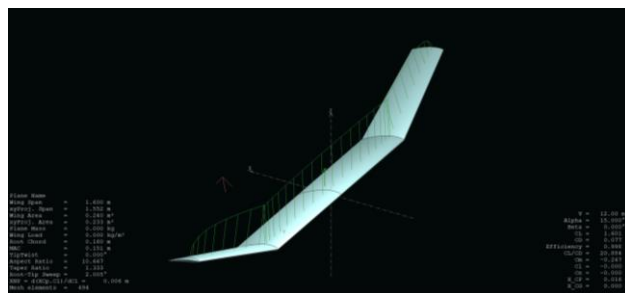
V tejto v programe XFLR5 pozorovaný priebeh zmeny pôsobiska vztlaku so zmenou uhla nábehu naprogramovanom krídle UAV. Pôsobisko vztlaku je priesečnica výslednej aerodynamickej sily s tetivou krídla. V tomto bode je vplyv momentu aerodynamických síl na profile nulový. Pri nesymetrických profiloch býva pôsobisko vztlaku približne v jednej tretine strednej aerodynamickej tetivy. Pri postupnom zvyšovaní uhla nábehu sa pri správne navrhnutom krídle musí pôsobisko vztlaku posúvať smerom dopredu, čiže k nábežnej hrane krídla. Pri symetrických profiloch je situácia odlišná. Pôsobisko vztlaku sa v prípade týchto profilov nachádza v jednej štvrtine dĺžky tetivy a v tomto mieste aj počas letu zotrúva. Z daného vyplýva, že je pri zmenách uhlov nábehu nemenné.

Pre profil sa stanovili štyri základné hodnoty uhla nábehu, a to -5, 0, 4 a 15 stupňov. Tieto hodnoty sú takmer identické aj pre samotné krídlo. V modelovacom programe XFLR5 sa analyzoval pohyb pôsobiska vztlaku pri určených štyroch hodnotách. Pokiaľ sa zadefinovali náležité hodnoty a krídlo správne v programe navrhlo, malo by vychádzať, že pôsobisko vztlaku sa nachádza najviac vzadu práve pri uhle nábehu -5 stupňov a najviac vpredu, skoro pri nábežnej hrane, pri hodnote uhla nábehu 15 stupňov. Aby sa mohli spustiť simuláciu pohybu pôsobiska vztlaku po krídle, je potrebné zadefinovať v programe ďalšie hodnoty. Jednou z nich je rýchlosť letu. Rýchlosť letu pre UAV s pevnými nosnými plochami sa určila na 12 m/s v prepočte 42 km/h. Uhol náklonu a vybočenie sa zadefinovalo nulovými hodnotami [8].

Podľa simulácie sa pôsobisko vztlaku pohybuje smerom k nábežnej hrane s narastajúcim uhlom nábehu, tak ako sa očakáva. Pre každý zo štyroch zvolených uhlov nábehu, od nula do pätnásť stupňov, je vyhotovený obrázok, v ktorom sa nachádza aj tabuľka hodnôt. Sú tu hodnoty koeficientov vztlaku CL , odporu CD , závislosti vztlaku a odporu CL/CD , koeficient momentu C_m a koeficient $X-C_p$ predstavujúci vzdialenosť pôsobiska vztlaku od nábežnej hrany. Hodnoty koeficientov a závislosti CL , CD , CL/CD a C_m sa líšia od hodnôt, ktoré boli vypočítané pre profil krídla. Tieto hodnoty sú rozličné z toho dôvodu, že prúdenie na krídle a na profile je rozdielne. Hodnoty závislosti CL/CD sú podstatne nižšie ako tomu bolo pri samotnom profile, no napriek tomu sú vysoké. V prípade použitia trupu UAV v simulácii, by sa hodnoty znížili ešte viac [8].

ROZLOŽENIE VZTLAKU NA KRÍDLE

Modelovací program XFLR5 poskytuje taktiež funkciu vykreslenia a následnej simulácie rozloženia vztlaku po krídle pri zmene uhlov nábehu. V tomto obdĺžnikovo-lichobežníkového krídla sa rozloženie vztlaku mení od konca krídla ku koreňu s rastúcim trendom. Tento spôsob rozloženia vztlaku je pre návrh prijateľnou voľbou. V situácii, kedy sa lietadlo nachádza v páde, nastáva na krídle odtrhnutie prúdenia vzduchu najprv pri koreni krídla a až postupne sa dostáva do oblasti krídeliek. Tento jav je viac ako žiaduci. Pre porovnanie, pokiaľ by bolo zvolené krídlo eliptického tvaru, rozloženie vztlaku by bolo v tvare obdĺžnika, čo znamená, že od konca krídla až ku koreňu by bolo rovnaké. V prípade pádu sa odtrháva prúd vzduchu rovnomerne po celej odtokovej hrane, čo predstavuje nežiaduci stav [8].



Obrázok 4 - Rozloženie vztlaku v XFLR5 [Zdroj: autor]

V teoretickej rovine aerodynamiky je možné hovoriť o dvojrozmernom obtekaní krídla. V teoretickej rovine preto, lebo v reálnej praxi sa takýmto obtekaním môžeme stretnúť len pri profiloch, alebo krídlach veľkej štihlosti, ako napríklad pri vetroňoch. Vplyvom konečnosti krídla je však jeho skutočné obtekanie priestorové.

Pokiaľ je uhol nastavenia krídla letúna kladný, tak potom pri jeho obtekaní prúdom vzduchu vzniká nad jeho hornou časťou oblasť nižšieho tlaku, alebo podtlaku a na spodnej naopak vzniká oblasť vyššieho tlaku, tiež nazývaná pretlak. Práve toto je dôvodom, prečo vzduch prúdi nielen v smere nabiehajúceho prúdu, ale aj pozdĺž celého rozpätia krídla.

Z dôvodu existencie rozdielnych tlakov nad a pod krídlom, dochádza k pretekaniu vzduchu zo spodnej, pretlakovej časti, do hornej časti kde je tlak nižší, čo je spôsobené tvarom profilu. Poskladaním vektorov rýchlosti pozdĺžneho prúdenia na spodnej časti krídla a rýchlosti prúdenia nabiehajúceho prúdu vzduchu vytvoríme obraz skutočného obtekania krídla, ktoré je charakteristické vznikom vírivého prúdenia vzduchu na koncoch krídel. Tieto okrajové víry postupne vplyvom viskozity prostredia zanikajú.

Efekt vírov bude na UAV znížený pomocou zúžených koncových častí krídel, ktoré síce nie sú také účinné ako winglety, ale svoj účel plnia. V prípade letu UA v konfigurácii letún by pri cestovných rýchlostiach produkovali prípadné winglety väčšiu zložku škodlivého odporu ako je zložka indukovaného odporu bez použitia metód na zníženie indukovaného odporu.

PRÁCA V PROGRAME AIRCRAFT SUPER CALCULATOR

Pre vypočítanie nových hodnôt a pre overenie už predtým získaných, sa použil program Aircraft supercalculator. Pre nasimulovanie UAV týmto programom je nutné doň na začiatku zadať parametre typu: dĺžka tetivy pri koreni na krídle a na horizontálnom stabilizátore, dĺžku tetivy na konci krídla a horizontálneho stabilizátora, polovicu rozpätia krídla a horizontálneho stabilizátora, vzdialenosť od nábežnej hrany krídla ku nábežnej hrane stabilizátora. Všetky údaje sa vkladajú v centimetroch. Ako posledný parameter sa zvolila aká zásoba statickej stability je požadovaná. Hodnoty sú odporúčané od 7-10 percent. Pre tento typ UAV sa zvolila hodnota 8 percent.

Po výpočtoch je potrebné overiť správnosť jednotlivých výsledkov. Z modelovacieho programu XFLR5 sú už predtým získané hodnoty plochy krídla, štihlosti krídla a zalomenia krídla. Individuálne hodnoty z oboch programov sa zhodujú, čo potvrdzuje funkčnosť programov.

Jednou z najdôležitejších hodnôt, ktorá je potrebná pre návrh a rozloženie elektroniky v UAV, je aj poloha ťažiska CG. Program ho vypočítal ako najideálnejšie v polohe 18 percent SAT, čiže 27,1 mm od nábežnej hrany SAT. Pre konvekčné lietadlo by sa poloha mala nachádzať niekde medzi 25 – 35 percent. Ďalšou dôležitou veličinou je neutrálny bod. Program určil jeho polohu ako 26 percent strednej aerodynamickej tetivy. Záloha stability teda predstavuje 1,13 cm. Ostatné programom vypočítané hodnoty je možné skontrolovať na priloženom obrázku [8].

VIII. ZÁVER

Využívanie lietadiel sa stáva v dnešnej dobe čoraz viac a viac špecializované len na prepravu osôb a nákladu a to primárne na dlhé vzdialenosti. Vo väčšine leteckých prác hlavne tam kde sa nevyžaduje prevoz ťažkého materiálu sú využívané bezpilotné letecké prostriedky. To súvisí hlavne so znižovaním nákladov, znižovaním emisií, jednoduchosti obsluhy a v konečnom dôsledku širšou škálou využitia, či už ide o poľnohospodárstvo, kinematografiu, armádne využitie alebo dokonca pátracie a záchranné akcie. Pri tomto všetkom museli byť v minulosti použité vrtnútky alebo lietadlá.

Cieľom diplomovej práce bolo vytvorenie podrobného plánu a analýzy pre stavbu bezpilotného leteckého prostriedku. Bezpilotné letecké prostriedky existujú rôzneho druhu. Ide o celú radu typov a kategórií rozdelených aj v prvých kapitolách diplomovej práce. Pre stavbu bolo vybraté v celku ojedinelé UAV ktoré svojou konštrukciou a nakonfigurovaním má väčšinu kladných vlastností. Išlo o návrh bezpilotného leteckého prostriedku s možnosťou vertikálneho vzletu a pristátia. V prvých kapitolách je popísaný samotný postup stavby, konkrétny výber materiálu, jeho požitie a spracovanie do jednotlivých častí UAV. Nasleduje výber správnej elektroniky, vhodné elektromotory, servá, batéria, RC sústava a v neposlednom rade riadiaca jednotka v podobe Pixhawk. Pre Pixhawk je venovaná celá nasledovná kapitola, pri ktorej sa čitateľ oboznámi s presným nastavením nevyhnutným pre vertikálny vzlet a pristátie UAV. Podobne ako vzletu a pristátia sa kapitola zaoberá aj veľmi dôležitým nastaveniu a tým je prechod konfigurácie z UAV s rotujúcimi nosnými plochami na UAV s pevnými nosnými plochami. Vďaka tejto práci dokáže čitateľ v amatérskych podmienkach zostaviť letún z dostupných materiálov, zabudovať a nastaviť elektroniku vhodnú pre daný typ prevádzky a nakonfigurovať UAV pre vertikálny vzlet a pristátie. Výpočty slúžia na určenie prevádzkových limitov, konkrétne o škálu rýchlostí a násobkov v ktorých možno UAV bezpečne používať. Tento typ bezpilotného leteckého zariadenia má širokú škálu využitia. Rozmery trupu a krídiel sú prispôbené následnému zabudovaniu kamier alebo iných prostriedkov, ktoré možno neskôr využívať pri leteckých prácach.

POĎAKOVANIE

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

REFERENCIE

- [1] PECHO, P., ŠKVAREKOVÁ, I., AŽALTOVIČ, V., BUGAJ, M. UAV usage in the process of creating 3D maps by RGB spectrum. In Transportation Research Procedia. Volume 43, 2019 [2020-02-20]. Pages 328-333. ISSN 2352-1465.
- [2] DroneBot Workshop. How does a Quadcopter Work? [online]. Dostupné na internete: https://dronebotworkshop.com/how-does-a-quadcopterwork/?fbclid=IwAR06_sqdKbx6Gt9ugBIC061XxU7EwWddnP_ugl1Q03s_AoArJuIXTiq2UFM (citované 2020-03-01)
- [3] PECHO, P., AŽALTOVIČ, V., KANDERA, B., BUGAJ, M. Introduction study of design and layout of UAVs 3D printed wings in relation to optimal lightweight and load distribution. In Transportation Research Procedia. Volume 40, 2019 [2020-02-20]. Pages 861-868. ISSN 2352-1465.
- [4] Quadcopters drone racing specialists. SPEDIX ES30 HV LITE 30A 3-6S BLHELI_S ESC [online]. Dostupné na internete: <https://www.quadcopters.co.uk/spedixes30-hv-lite-30a-2-4s-blhelis-esc2778?fbclid=IwAR0XIcS2bibDO69J5w6LKIBRgYnClfRvA4N490ZiqxMR7ee76pLX931xnT8> (citované 2020-03-29)
- [5] Pixhawk. Pixhawk [online]. Dostupné na internete: https://pixhawk.org/?fbclid=IwAR0L_wNxXDVjQPv8pGNNIrT0593cZx4vfxXwVkgQqYmB5MJIDcJE8G1_FdM (citované 2020-03-01)
- [6] Kang Yang, Guang You Yang, S Isi Huang Fu. Research of Control System for Plant Protection UAV Based on Pixhawk. In Procedia Computer Science. Volume 166, 2020 [2020-04-15]. Pages 371-375. ISSN 1877-0509.
- [7] Adupilot. Mission Planner Home [online]. Dostupné na internete: <https://ardupilot.org/planner/?fbclid=IwAR1yQxzisiYhrrJh9fU29pCwnY15V7qfFJ1KRJcPZqhGjpRabM2PiOIFw> (citované 2020-03-01)
- [8] Guidelines for QFLR5. XFLR5 Analysis of foils and wings operating at low Reynolds numbers [online]. Dostupné na internete: https://engineering.purdue.edu/~aerodyn/AAE333/FALL10/HOMEWORKS/HW13/XFLR5_v6.01_Beta_Win32%282%29/Release/Guidelines.pdf (citované 2020-03-01)
- [9] ŠKULTÉTY, F., BADÁNIK, B., BARTOŠ, M. & KANDERA, B. 2018. Design of Controllable Unmanned Rescue Parachute Wing. Transportation Research Procedia 35, pages 220-229
- [10] KURDEL, P., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A., LUBUN, J. 2019. UAV flight safety close to the mountain massif. Transportation Research Procedia, Volume 43, 2019, Pages 319-327, ISSN 2352-1465
- [11] BUGAJ, M., NOVÁK, A. 2010. Všeobecné znalosti o lietadle : drak a systémy, elektrický systém. - 1. vyd. - Žilina : Žilinská univerzita, 2004. - 247 s. - ISBN 80-8070-210-1.

Tomáš Sisák – narodený dňa 27.06.1997 v Kežmarku absolvoval v roku 2015 Osemročné gymnázium na Ulici Dominika Tatarku v Poprade, následne od roku 2015 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava. Od roku 2018 pokračoval v inžinierskom štúdiu na Žilinskej univerzite v Žiline v odbore technológia údržby lietadiel. Absolvoval letecký výcvik na získanie kvalifikácie SPL a PPL.

MOŽNOSTI VYUŽITIA ODNÁMRAZOVACIEHO POOLU NA LETISKU LKPR

POSSIBILITIES OF USING THE DEFROST POOL AT LKPR AIRPORT

Silvia Straková

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
silviastrakova93@gmail.com

Antonín Kazda

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
antonin.kazda@fpedas.uniza.sk

Abstract –The paper deals with the possibilities of using the the de-icing pool at a selected airport. The selected airport for this paper was Prague / Ruzyňe Airport. The current state of de-icing is not ideal. In the winter, there are situations when icing forms on aircraft and it is necessary to remove it. The problem arises when there are more aircraft to be cleaned from icing, but they can only be de-iced by companies which they had concluded contracts. This causes inefficient use of de-icing vehicles. The final work describes the current method of de-icing on the airport. Part of the work is the characteristics of the airport, including information about de-icing stands, de-icing fluid warehouses and de-icing providers. From the information provided by Prague Airport, a comprehensive overview of information on the current capacities of providers, their vehicles and employees is created. The work also present data on the amounts of liquid used. The following are the legislative requirements for the de-icing pool and some examples of pooling from other areas. The work also provides the reader with specific proposals for de-icing pools, and based on what-if analysis, their benefits and risks associated with their implementation are evaluated. The last part presents a proposal for an optimal model of the de-icing pool for Prague Airport.

Key words: Menzies Aviation, Czech Airlines Handling, Prague Airport, aircraft de-icing, handling company, de-icing pool, de-icing

I. ÚVOD

Za hlavnú prioritu v letectve sa považuje bezpečnosť. Jedným z hlavných faktorov, ktorý vplýva na bezpečnosť letectva sú nebezpečné meteorologické javy, ako napríklad búrky, turbulencie, dážď, strih vetra, ale aj sneh a námraza. Ku vzniku námrazy najčastejšie dochádza v spojení vysokej vlhkosti vzduchu s teplotou pod bodom mrazu. Nahromadenie námrazy alebo snehu na jednotlivých častiach lietadla môže zvýšiť jeho hmotnosť až o stovky kilogramov, čo spôsobuje zmenu jeho aerodynamických vlastností. Preto je potrebné najmä v zimnom období pristúpiť k odnámrazovaniu lietadla (Obrázok 1).



Obrázok 1: Odnámrazovanie lietadla

Odnámrazovanie lietadiel pre leteckých dopravcov poskytujú špeciálne kvalifikovaný personál na žiadosť kapitána lietadla. V prvom kroku odnámrazovania sa vykonáva de-icing, kde sa pomocou zmesi odnámrazovacej kvapaliny a teplej vody odstraňuje námraza. V druhom kroku sa lietadlo postrekuje protinámrazovou kvapalinou, ktorá slúži na ochranu povrchu pred opätovným vznikom námrazy. So znižujúcou sa teplotou vzduchu, rastie pravdepodobnosť snehových zrážok a vzniku námrazy. Tým rastie potreba odnámrazovania lietadiel, čo môže spôsobiť problém v zabezpečení plynulej prevádzky na letisku. K tomu môže prispievať aj neefektívne využitie dostupných odnámrazovacích zariadení na letisku, čo má za následok meškanie letov a nespokojnosť cestujúcich. Preto je potrebné vykonať kroky, ktoré zabezpečia zlepšenie služieb odnámrazovania. Jedným z prípadov, kde je vhodné uvažovať o zefektívnení odnámrazovania je aj Letisko Praha/Ruzyň.

II. SUČASNÝ STAV ODNÁMRAZOVANIA NA LKPR

V súčasnosti na letisku Praha poskytujú službu odnámrazovania lietadiel dve handlingové spoločnosti:

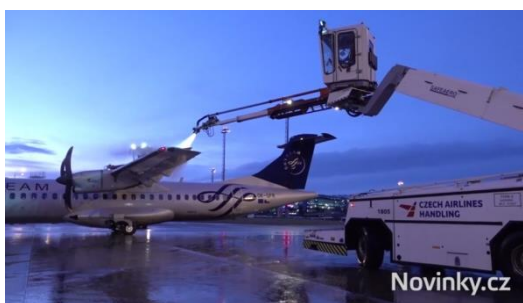
- Spoločnosť Czech Airlines Handling, a.s. a
- Spoločnosť Menzies Aviation (Czech), s.r.o.

ČSAH vlastní šesť odnámrazovacích vozidiel pomocou, ktorých vykonáva odnámrazovanie. Štyri vozidlá Safeaero a dve staršie vozidlá Vestergaard Elephant Beta. Vozidlá Safeaero sú vybavené na obsluhu jednou osobou a Vestergaard Elephant Beta na obsluhu dvoma osobami.

Spoločnosť Mneziés Aviation vlastní sedem vozidiel Vestergaard Elephant Beta. Dve z nich je možné obsluhovať jednou osobou, zvyšných päť vyžaduje obsluhu dvomi osobami vodičom a operátorom. Spolu majú k dispozícii 13 odnámrazovacích zariadení. Údaje o počte a type vozidiel sú zhrnuté v Tabuľke 1.

Tabuľka 1: Počet a typy vozidiel handlingových spoločností

	Typ zariadenia	Počet	Počet osôb obsluhujúcich jedno vozidlo
ČSAH	Vestergaard Elefant Beta	2	2
ČSAH	Safeaero	4	1
MA	Vestergaard Elefant Beta	2	1
MA	Vestergaard Elefant Beta	5	2



Obrázok 2: Odnámrazovacie vozidlo

Spoločnosť ČSAH používa na odnámrazovanie kvapaliny typu I (na ošetrovanie lietadla proti námraze) a kvapaliny typu II (ako prevenciu). Menziés používa iba kvapaliny typu II na oba kroky.

Aby sa zabezpečilo, že nedôjde ku kontaminácii kvapalín musia byť správne uskladnené. Na letisku Praha je vybudovaný jeden sklad odnámrazovacích kvapalín. Ide o neverejný sklad určený iba pre potreby letiska. Zahŕňa súbor zariadení určených pre stáčanie odnámrazovacích a protinámrazových kvapalín z cisterien do skladovacích nádrží a z nádrží do mobilných rozmrazovacích prostriedkov.

Handlingové spoločnosti majú k dispozícii 6 nádrží odnámrazovacích kvapalín, označené N1-N6, ktoré sú vo vlastníctve letiska. N1-N3 využíva spoločnosť Czech Airlines Handling a zvyšné tri nádrže N4-N6 spoločnosť Menziés Aviation. Objem každej z nádrží je $30m^3$. Sú plastové, dvojplášťové.

Okrem nádrží, ktoré sú pod správou letiska majú spoločnosti aj vlastné kapacity. Spoločnosť Menziés používa pre navýšenie kapacity svoje dve nádrže a spoločnosť ČSAH, IBC kontajnery. Ide o plastové prepravné kontajnery s kapacitou 1000 litrov. V prípade potreby z nich prečerpávajú kvapalinu do nádrží.

Pre zaistenie plynulej a bezpečnej prevádzky na letisku je odnámrazovanie lietadiel a ich postrek proti vzniku námrazy povolené vykonávať iba na vymedzených plochách. Tieto plochy sú označované v Leteckej informačnej príručke ako DE-ICING AREA. Je to plocha, ktorá zahŕňa vonkajší priestor určený na pohyb dvoch alebo viacerých odnámrazovacích vozidiel a vnútorný priestor pre parkovanie lietadla, kde dochádza k odnámrazovaniu a protinámrazovému ošetrovaniu lietadla.

Na letisku sa nachádza šesť miest určených na odnámrazovanie lietadiel (de-icing area 1-6). V mimoriadnych prípadoch, po dohode medzi handlingovými spoločnosťami s centrálnym dispečingom, je možné odmrazovať aj na iných vymedzených miestach.

NEVÝHODY SÚČASNÉHO SPÔSOBU ZABEZPEČENIA ODNÁMRAZOVANIA

Vzhľadom na to, že spoločnosti môžu vykonávať odnámrazovanie lietadiel iba pre dopravcov s ktorými majú uzavretú zmluvu, môže dochádzať k omeškaniam letov. Je to z dôvodu neefektívneho využitia odnámrazovacích vozidiel, prípadne nepriepustnosti stojísk počas vyššej intenzity snehových zrážok.

Na letisku nastávajú situácie, kedy jedna handlingová spoločnosť má svoje zariadenia plne nasadené, zatiaľ čo sa zariadenia druhej spoločnosti nevyužívajú napriek tomu, že iné lietadlá čakajú na odnámrazovanie. Druhá handlingová spoločnosť ich nemôže odnámrazovať z dôvodu neuzavretých zmlúv. Návrhom na riešenie a zefektívnenie odnámrazovania na letisku môže byť takzvaný de-icing pool. Význam de-icing poolu spočíva v zdieľaní odnámrazovacieho a môže mať viacero podôb. Základom je zdieľanie prostriedkov, kvapalín alebo nádrží. Cieľom zdieľania skupiny zariadení na odnámrazovanie by mala byť optimalizácia väzieb a kapacít medzi handlingovými a leteckými spoločnosťami, zlepšenie služieb odnámrazovania a optimalizácia časov pre letecké spoločnosti.

III. DE-ICING POOL –LEGISLATÍVNE POŽIADAVKY

Z legislatívneho hľadiska neexistuje žiadny špecifický právny rámec, ktorý by upravoval požiadavky na vytvorenie de-icing poolu (zdieľaného odnámrazovania). Usmernenia a požiadavky sa zaoberajú spôsobom odnámrazovania vo všeobecnosti a nie spôsobom riešenia de-icing poolu. Usmernenia sa nachádzajú v niektorých ICAO dokumentoch, ako napríklad v Príručke pre de-icing/anti-icing - Doc9640. Dokumenty sa zaoberajú metódami odnámrazovania, minimálnymi požiadavkami potrebnými na vykonávanie odnámrazovania, kvapalinami, počtom poskytovateľov, postupmi, a podobne. Preto ak budú splnené tieto požiadavky, nie je nutné vytvárať legislatívne opatrenia pre deicing pool. Navyše prevádzkovateľ letiska môže podľa svojho uváženia zaviesť

opatrenie o združovaní (poolingu) zariadení pozemnej obsluhy. Zabezpečí sa tým vyššia účinnosť, vyššia kvalita služieb, zníženie nákladov a čo najlepšie využitie dostupného priestoru.

ODBAVENIE LIETADIEL VERZUS ODNÁMRAZOVANIE LIETADIEL

V súčasnosti existuje zdieľanie/pool zariadení vo viacerých oblastiach, napr. bikesharing, carsharing. Najbližším pre de-icing pool je však z oblasti pozemného odbavenia lietadiel. Ide o zdieľanie pozemných podporných zariadení (GSE pool). Jedným z prvých letísk, kde bol GSE pool zavedený je letisko London Luton. Pozemné podporné zariadenia (schody na nástup, výstup, cestujúcich, ťahače, batožinové pásy...), ktoré pôvodne patrili spoločnostiam v súčasnosti spravuje letisko a podľa potreby prenajíma handlingovým spoločnostiam. Pre letisko a spoločnosti to prinieslo množstvo výhod. Počet zariadení sa znížil, čím sa zvýšila priepustnosť stojísk a znížili náklady na servis a obsluhu zariadení. Zvýšila sa aj efektívnosť odbavenia lietadiel. Keďže odnámrazovanie patrí do odbavenia lietadiel a majú niekoľko spoločných znakov, je GSE pool inšpiráciou pre de-icing pool.

Spoločné znaky :

- Zmluvy sa riadia IATA SGHA
- Zvyčajne obe služby vykonávajú rovnaké handlingové spoločnosti
- Musí byť zabezpečená údržba, servis, modernizácia zariadení
- Na vykonávanie služby a manipuláciu so zariadeniami je potrebný vyškolený personál
- Personál musí mať vodičský preukaz pre obsluhujúci typ vozidla

V spôsobe zabezpečenia odnámrazovania a odbavenia však existuje aj niekoľko rozdielov, ktoré by mohli mať vplyv na zavedenie de-icing poolu.

Rozdiely:

Prostredie odnámrazovania je špecifické tým, že odnámrazovanie nie je celoročná služba a jeho potreba závisí od špecifických meteorologických podmienok. Meteorologické podmienky sa menia v priebehu roka a zároveň nie sú každý rok rovnaké. Tým sa každoročne odlišuje aj obdobie trvania zimnej prevádzky. Počasie sa nedá s úplnou presnosťou predpovedať ani deň vopred, preto je ťažké zhodnotiť potrebu nasadenia vozidiel, personálu a množstva kvapalín. Na rozdiel od odbavenia lietadiel, ktoré sa plánuje na základe plánovanej prevádzky, je prostredie odnámrazovania nestále a dynamické.

Ak porovnáme prostredie pozemného odbavenia/GSE pool a de/anti-icing je potrebné porovnať aj cieľ a spôsoby riešenia. Cieľ je v oboch prípadoch rovnaký, a to zlepšenie systému. Spôsoby riešenia sú však odlišné. V prípade GSE pool bol pre zlepšenie systému zvolený spôsob zníženia celkového počtu pozemného vybavenia. Tým bol na niektorých letiskách napr. London Luton, dosiahnutý efekt odstránenia „zápch“ na odbavovacej ploche a obslužných komunikáciách, zníženie zdržaní, zvýšenie bezpečnosti.

V prípade de-icing pool nie je zvolený spôsob dosiahnutia zlepšenia systému pomocou zníženia prostriedkov (de-icerov) ale efektívnejším využitím vozidiel a personálu.

V Tabuľke 2 je uvedených niekoľko rozdielov medzi prostredím pozemného odbavenia lietadiel a odnámrazovania lietadiel. Tieto rozdiely môžu byť základnými faktormi ovplyvňujúcimi rozdielnosť pri zavedení GSE poolu a DE-ICING poolu.

Tabuľka 2: Rozdiely medzi odbavením a odnámrazovaním

ROZDIELY	
ODBAVENIE	ODNÁMRAZOVANIE
Celoročná služba.	Sezónna služba (odnámrazovanie sa vykonáva v zimnom období počas zimnej prevádzky).
Pokiaľ je to možné, odbavenie musí byť zabezpečené za akýchkoľvek meteorologických podmienok.	Potrebu odnámrazovania určujú špecifické meteorologické podmienky (teplota, snehové zrážky, námraza)
Vykonáva sa na odbavovacej ploche.	V prípade LKPR sa vykonáva na určených de-icing area.
Odbavovacia plocha sa nachádza väčšinou blízko terminálu.	De-icing area sa nachádza blízko vzletovo pristávacej dráhy.
Odbavenie lietadla sa vykonáva na odbavovacom stojisku bez spustených motorov.	Odnámrazovanie prebieha na de-icing stojisku so spustenými motormi.
Čas na odbavenie nie je závislý od doby účinnosti kvapalín.	Aby bola zabezpečená účinnosť odnámrazovacích kvapalín, je čas na odnámrazovanie podstatne kratší.
Potrebný počet pracovníkov a zariadení sa mení v závislosti od prevádzky.	Potrebný počet pracovníkov a zariadení sa mení v závislosti od prevádzky a meteorologických podmienok - potreby odnámrazovania.
Rozdielne požiadavky na kvalifikáciu personálu	

IV. KAPACITNÉ KALKULÁCIE PRE VYUŽITIE POOLU – POROVNANIE SO SÚČASNÝM STAVOM

Posúdenie kapacity vzhľadom na rôzne možnosti riešenia de-icing poolu :

MODEL I- FIRST COME, FIRST SERVED

Základným problémom súčasného modelu je, že handlingové spoločnosti obsluhujú lietadlá iba zazmluvnených dopravcov. Preto je časté, že lietadlá čakajú na svojho handlera, zatiaľ čo druhý handler nepracuje a jeho prostriedky stoja, jeho kapacity sú nevyužitú. Preto by systém mohol byť zmenený na „first come – first served“.

Model first come - first served by znamenal, z pohľadu leteckého prevádzkovateľa „kto prvý príde, ten bude prvý vybavený“, pričom by nezáležalo na tom, ktorý z handlerov by obsluhu lietadla vykonal. Lietadlo bude odmrzené handlerom, ktorý má v danom čase k dispozícii svoje voľné prostriedky. Tým by sa zabránilo čakaniu lietadiel, čo by zabezpečilo plynulosť prevádzky.

Hlavnou prekážkou uvedenej zmeny by teda nebol počet prostriedkov alebo personálu ale zmluvné zaistenie. Zmena by vyžadovala mať uzavreté dohody a podpísané zmluvy každý s každým. To znamená, že všetci leteckí dopravcovia by museli mať zmluvy s oboma handlermi, Menzies a ČSAH.

Ak porovnáваме kapacitu navrhovaného modelu so súčasným, teoreticky by sa výrazne nezmenila. Z pohľadu dopravcov by sa však zvýšila disponibilita. Pri plánovaní kapacít by mohlo dôjsť k celkovému zníženiu nasadzovaných prostriedkov a pracovníkov. Rozdiel by bol v nasadení vozidiel a pracovníkov najmä počas denných zmien. Obe spoločnosti by mali zmluvu so všetkými dopravcami, preto by museli vždy pokryť potrebu odnámrazovať ktorékoľvek „čakajúce“ lietadlo.

MODEL 2 – JEDNOTNÝ VOZOVÝ PARK

Druhým modelom, je model jednotného vozového parku. Cieľom modelu by bolo odkúpenie všetkých vozidiel (de-icerov) od handlingových spoločností letiskom s tým, že by za použitie (zapožičanie) prostriedkov platili, pričom by handleri ďalej vykonávali obsluhu lietadiel iba zazmluvnených dopravcov. Ak by bol objem prevádzky vyšší a nemali by dostatok prenajatých prostriedkov, mohlo by im letisko poskytnúť ďalšie.

Platba za použitie prostriedkov by bola zabezpečená formou operatívneho leasingu. Je to forma leasingu, kedy by spoločnosti splácali určitú sumu za prenájom prostriedkov, zatiaľ čo prostriedky ostávajú vo vlastníctve letiska alebo prevádzkovateľa de-icing poolu. Letisko alebo prevádzkovateľ poolu by zatiaľ niesol zodpovednosť za údržbu, modernizáciu a inováciu prostriedkov. Zamestnanci handlingových spoločností sa tak nebudú musieť zaoberať ich správou, a teda nebudú zaťažení nákladmi s tým spojenými.

V praxi by navrhovaný model vyzeral tak, že by letisko svoje kapacity (vozidlá) mohlo presúvať podľa dohody a potreby medzi jednotlivými handlermi.

Po odkúpení vozidiel by nasledovala postupná obnova a unifikácia prostriedkov, a to na základe ich životnosti. S tým by bolo spojené plánovanie a odhad termínu nutnej opravy a modernizácie. Dôležitá bude aj analýza do kedy bude ekonomicky výhodné staré stroje opravovať a kedy bude nevyhnutné nakúpiť nové.

Z kapacitného hľadiska by sa oproti súčasnému stavu mohol takto počet prostriedkov ale aj zamestnancov postupne znižovať. Znižovanie by záviselo od objemu prevádzky, vyťaženia vozidiel, personálnych zdrojov a súčasne využitia vozidiel s obsluhou jedným pracovníkom.

DOPLNKOVÝ MODEL – CENTRÁLNA NÁDRŽ

Posledný model nerieši základný problém neefektívneho využitia prostriedkov, ale mohol by byť prínosom ako doplnkový model de-icing poolu.

Model „centrálnej nádrže“ by pozostával zo zrušenia/demontáže súčasných nádrží na de/anti icing kvapaliny a vybudovania novej separátnej nádrže s dostatočnou kapacitou. Aby sa pokryla spotreba všetkých užívateľov a zároveň zabezpečilo, že sa kvapalina neminie, musí mať nová nádrž dostatočnú kapacitu. Teoretická kapacita by tak mohla byť približne 200m³ na nádrž. Za centrálnu nádrž by bolo zodpovedné letisko alebo prevádzkovateľ poolu. Nákup kvapaliny by bol zabezpečovaný prevádzkovateľom poolu, od ktorého by si spoločnosti potom kvapalinu kupovali a čerpali do vozidiel z centrálnej nádrže.

Výhodou poolu formou centrálnej nádrže by boli nižšie ceny v nákupe kvapaliny, vďaka zvýšeniu objemu jednorázovo nakupovaných kvapalín jedným subjektom (letiskom alebo prevádzkovateľom poolu).

Kapacita skladu odnámrazovacích kvapalín by sa v porovnaní so súčasným stavom zvýšila.

ZHRNUTIE

Ak porovnáваме súčasný stav zabezpečovania odnámrazovania so systémom plánovaného de-icing poolu v počte prostriedkov, personálu a množstve kvapalín môžeme odhadovať, že pre akýkoľvek navrhnutý model nebude potrebné kapacitu zvyšovať. Je to z toho dôvodu, že zmenou súčasnej situácie na niektorí z navrhovaných modelov budú kapacity efektívnejšie využité, pre dopravcov sa zlepši disponibilita a znížia sa zdržania.

Možné znižovanie kapacity sa vzhľadom na nepredvídateľnosť nasledujúcej zimnej sezóny, nedá presne odhadnúť. Ale napríklad v prípade zvýšenia počtu pracovných zmien, kedy by boli nasadené vozidlá s obsluhou jednou osobou, sa počty pracovníkov znížia a tým aj s nimi spojené náklady.

V. VYHODNOTENIE PRÍNOSOV – WHAT-IF ANALÝZA

Pri rozhodovaní pre jeden najvhodnejší model, sa musia zvážiť všetky prínosy, nevýhody, a riziká tak, aby model nevedol k nežiaducim výsledkom. Vyššie popísané modely otvárajú množstvo otázok. Odpovede na tieto otázky môžu napomôcť pri posúdení jednotlivých rizík modelov a stanoviť optimálny model pre de/anti icing pool na LKPR.

Na posúdenie rizík sa použila metóda what-if analýzy. What-if analýza je analytická technika, ktorá sa používa pri rozhodovaní a určovaní možných dopadov spôsobených rôznymi zmenami. Jej podstatou je hľadanie možných dopadov pre rôzne situácie. Na základe kladenia otázok „what-if...?“ (čo sa stane ak...?), otvára možné riziká v modelových situáciách.

MODEL I

Základným problémom modelu 1 je už spomínaná zmluvná základňa.

- Čím by mohli byť leteckí dopravcovia motivovaní na uzavretie zmlúv s oboma spoločnosťami?

Motiváciou na uzavretie zmlúv by mohol byť prínos daného modelu. Najväčším prínosom tohto modelu je pre dopravcov odstránenie čakania/meškania lietadiel. Motiváciou by mohla byť aj cena služby. Vzhľadom na rozdielnu cenovú politiku oboch spoločností sa zdá tento spôsob v súčasnosti nemožný.

- Čo sa stane ak by sa aj spoločnosti na cenovej politike dohodli?

Rôzni leteckí dopravcovia by pravdepodobne aj tak preferovali rôznych poskytovateľov. Dôvodom by mohla byť nejednotnosť používanej techniky medzi Menzies a ČSAH.

- Čo ďalšie by ovplyvňovalo leteckých dopravcov?

Ďalším faktorom, ktorý by pri rozhodovaní ovplyvňoval rôznych leteckých dopravcov je kvapalina a zaužívané postupy spoločností. Obe spoločnosti by museli zjednotiť druhy a typy používaných kvapalín a používaných postupov. S čím by handlingové spoločnosti pravdepodobne nesúhlasili.

Model first come-first serve sa vzhľadom na vyslovené otázky zdá nereálny. Spoločnosti by museli zjednotiť svoju celkovú politiku, čo by ovplyvnilo konkurencioschopnosť spoločností. Zisk spoločností by sa tak mohol znížiť. Napriek tomu by dopravcovia aj tak preferovali rôznych poskytovateľov a systém by tak z hľadiska zachovania plynulosti prevádzky nemohol fungovať. Ďalej by na navrhovaný model nemusela pristúpiť najmä handlingová spoločnosť, ktorá má zazmluvnených viac dopravcov.

MODEL 2

V modeli 2 je hlavným problémom otázka:

- Čo by prinútilo spoločnosti odpredať svoje vozidlá?

Motiváciou/prínosom odpredania prostriedkov, by bolo zníženie nákladov na údržbu a modernizáciu prostriedkov a tiež zníženie celkových personálnych nákladov.

- Ak by svoje vozidlá odpredali neboli by počiatočné náklady pre letisko príliš vysoké?

Počiatočné náklady na vozidlá by boli vysoké a s malou ziskovosťou. Rovnako by sa mohol znížiť koncový zisk aj pre súčasných poskytovateľov vzhľadom k nákladom s prenájmom.

- Akým spôsobom by si poskytovatelia prenajímali vozidlá?

Riešením prenájmu vozidiel by bol už spomínaný operatívny leasing. Táto forma leasingu je vhodným spôsobom ako prevádzkovať „vozový park“, pretože letisko preberá zodpovednosť za množstvo služieb a spoločnosti sa môžu sústrediť na svoju hlavnú obchodnú činnosť (odnámrazovanie).

- Ak by si vozidlá prenajímali, kto by bol zodpovedný za škodu?

Zodpovednosť za škodu by závisela od druhu, spôsobenej škody. Či bola spôsobená opotrebovaním, teda stratou životnosti jednotlivých častí prostriedkov alebo neodbornou manipuláciou zo strany handlerov.

- Ak by si vozidlá prenajímali, nebol by problém s kvalifikáciou personálu vzhľadom na rozdielnu techniku medzi Menzies a ČSAH?

Vzhľadom na rozdielnu techniku spoločností, by museli mať obe spoločnosti vyškolený personál pre všetky typy vozidiel.

DOPLNKOVÝ MODEL

Doplnkovým modelom je centrálna nádrž.

- Otázkou je: Čo by viedlo spoločnosti k súhlasu so zavedením tohto modelu?

Hlavnou motiváciou pre spoločnosti by bolo zníženie cien nákupu kvapalín. Teda zaručené zníženie nákladov spojených s kvapalinami.

- Ďalšou otázkou však je, čo s druhom a typom kvapalín?

Vieme že spoločnosti nepoužívajú iba jeden typ kvapaliny, čo by mohol byť hlavný problém tohto modelu. Riešením by mohla byť dohoda o zjednotení kvapalín pre všetkých poskytovateľov. Čo by mohol byť ďalší problém, pretože niektorí leteckí dopravcovia vyžadujú iný typ kvapaliny, a tak by so zjednotením kvapalín spoločnosti nemuseli súhlasiť.

Druhým riešením by mohlo byť vybudovanie separátnych nádrží na oba typy kvapalín. Tým by sa síce zvýšili náklady na vybudovanie nádrží, no stále by cena za nákup bola nižšia a kapacita skladu vyššia.

Na posúdenie de-icing poolu je potrebné poznať dostupnú infraštruktúru poskytovateľov, prevádzkové postupy, obchodné hľadisko (zmluvy, zisk, náklady ceny), ale aj rolu dopravcov v celom systéme. Vzhľadom na to, že niektoré informácie nie sú verejne dostupné a neexistuje žiadny ucelený materiál, je ťažké zhodnotiť realnosť zavedenia poolu. Na zhodnotenie je preto potrebné poznať aj názor handlingových spoločností.

Jednotlivé navrhované modely boli konzultované so zástupcom spoločnosti Menzies Aviation. Z pohľadu handlingovej spoločnosti je teda zavedenie poolu zatiaľ riešiteľné iba v teoretickej rovine. Systém „first come-first serve“, ako bolo spomenuté, vyžaduje zmluvy každý s každým. Toto je podľa zástupcu handlingovej spoločnosti vzhľadom na rozdielnu cenovú politiku nemožné. Nie je spôsob akým by mohli byť dopravcovia prinútení uzavrieť zmluvy s oboma poskytovateľmi. Posádke je jedno kto lietadlo odmrazi, avšak zmluvy uzatvárajú dopravcovia.

Model s odkúpením vozidiel by pre letisko predstavoval príliš vysoké náklady s malou ziskovosťou. Handlingové spoločnosti by pravdepodobne tiež s odkúpením nesúhlasili, kvôli zníženiu koncového zisku.

Jediná forma poolu, ktorá je v súčasnosti vzhľadom na české prostredie trhu pre handlingové spoločnosti zaujímavá, je model centrálna nádrž.

VI. NÁVRH OPTIMÁLNEHO MODELU LKPR

Optimálny model pre letisko Praha by mohol byť kombináciou navrhovaných modelov Zavedenie poolu by prebiehalo v troch fázach.

FÁZA 1 - DOHODA

Prvá fáza by pozostávala z dohody zúčastnených strán na zlepšení stavu, spoločnom postupe, na znížení oneskorení, zlepšení využitia kapacít a znížení prevádzkových nákladov. Predpokladom je uzatvorenie dohody „každý s každým“.

Už v tejto fáze by bolo prínosom pre dopravcov zníženie meškanií, a teda zvýšenie kapacity v špičke.

FÁZA 2 – VYTVORENIE POOLU

Táto fáza by zahŕňala vytvorenie poolu pozemných prostriedkov na odmrázovanie odkúpením všetkých existujúcich vozidiel (de-icerov), ktoré vlastní handlingové spoločnosti letiskom alebo vytvoreným prevádzkovateľom poolu. Z dôvodu pokrytia služby počas zimnej špičky by sa počet vozidiel v prvom období neznižoval. Zároveň, aby nedochádzalo k neefektívnemu využitiu vozidiel, by sa ich počet nemusel zvyšovať. Celková kapacita vozového parku by sa v prvej fáze nezmenila. Vozový park by sa skladal z 13 existujúcich vozidiel, z toho štyri vozidlá Safaero s vybavením aj na obsluhu jednou osobou, dve vozidlá Vestergard Elephant Beta s vybavením na obsluhu jednou osobou a sedem vozidiel Vestergard Elephant Beta s obsluhou dvomi osobami.

V tejto fáze sa bude sledovať či je počet odmrázovacích vozidiel postačujúci. Po dôkladnom preskúmaní situácie môže dôjsť k dvom záverom, počet vozidiel je postačujúci alebo nepostačujúci. Predpokladá sa však, že počet vozidiel sa bude skôr znižovať ako zvyšovať. V prípade, ak by LKPR alebo prevádzkovateľ poolu vozidlá odkúpil a vieme určiť, že ich potrebný počet nebude rovnaký, lebo sa zlepši ich využitie, tak sa ich počet bude predsa len znižovať. Výhodou bude, že prebytočné vozidlá môžu odpredať, čím sa zníži počet vozidiel a tým aj počet pracovníkov. Prínosom toho bude zníženie celkových investičných nákladov.

V tejto fáze by mohli byť pozorovateľné zmeny v plynulosti prevádzky. Tým, že by vozidlá neboli vo vlastníctve handlingovej spoločnosti by sa zabezpečilo, že v prípade, že by spoločnosť mala lietadlá zazmluvnených dopravcov čakajúce na odmrázovanie, prenajala by si ďalšie vozidlá z de-icing poolu. Týmto spôsobom by sa teoreticky nemuselo riešiť zmluvné zaobstaranie. Obe spoločnosti by mohli obsluhovať len zazmluvneného dopravcu ako doteraz a vďaka možnosti prenájmu vozidiel handlingovými spoločnosťami by dopravcovia už nemuseli čakať na de/anti icing.

V druhom kroku by sa sledovala životnosť zariadení s cieľom zabezpečiť ich modernizáciu vyradenie alebo výmenu za nové vozidlá. Z dôvodu vysokých počiatkových nákladov pri odkúpení vozidiel by sa zhodnotila potrebná celková kapacita a prebytočné vozidlá by sa odpredali. Cieľom postupnej výmeny a unifikácie vozidiel by bolo vytvoriť jednotný vozový park, ktorý by sa skladal z vozidiel rovnakého typu, ktorá zabezpečí napr. zníženie nákladov na údržbu, školenia, uľahčenie kvalifikácie

personálu atď.. V praxi by mohol ktorýkoľvek zamestnanec s kvalifikáciou na daný typ vozidla obsluhovať, ktorékoľvek odmrázovacie vozidlo.

Rovnako by sa vozidlá buď modernizovali alebo vymenili za nové. Najvýhodnejšie z pohľadu počtu pracovníkov by bolo vymeniť vozidlá, ktoré obsluhuje vodič a operátor za vozidlá s obsluhou jednou osobou. Prínosom obnovy a unifikácie vozidiel za novšie s plným vybavením na obsluhu jednou osobou, by bolo zníženie počtu pracovníkov. Čo znamená zníženie nákladov na plat, prípadne nákladov spojených s kvalifikáciou personálu.

FÁZA 3 – CENTRÁLNA NÁDRŽ

Cieľom tretej fázy by bolo vybudovanie centrálnej nádrže na odmrázovacie kvapaliny, ktorá bude pod správou Letiska Praha/Ruzyně. O nákup kvapaliny by sa staralo Letisko Praha s tým, že by potom handlingové spoločnosti nakupovali kvapalinu od nich a čerpali z tejto centrálnej nádrže.

Vzhľadom na zvýšenie objemu kvapaliny v jednorázovom nákupe, jedným subjektom (letiskom Praha), by sa v tejto fáze znížila cena nákupu. V súčasnej dobe sa na zistenie zásob kvapalín odčítavajú stavy z rôznych zdrojov a nádrží. Ak by existovala separátna nádrž, prínosom by bola lepšia kontrola a prehľad o zásobách kvapaliny. Rovnako tak by sa zvýšila skladovacia kapacita.

Tento model by mohol viesť k efektívnejšiemu nákupe a využitiu kvapalín. Keďže sa nedá vopred stanoviť presné množstvo odmrázovacej kvapaliny ktoré sa v nasledujúcej zimnej sezóne spotrebuje, preto sa nakúpi viac ako je potrebné. Vďaka lepšiemu prehľadu o zásobe kvapalín by sa mohlo nakúpiť menej kvapaliny, čím by zminimalizovali náklady spojené s likvidáciou nespotrebovanej kvapaliny.

Návrh optimálneho modelu je vzhľadom na súčasný stav, popísaný len v teoretickej rovine. Navrhované fázy modelu by mohli byť zrealizované iba za predpokladu ideálnych podmienok. Ideálnymi podmienkami, by bola napr. dohoda dopravcov s handlingovými spoločnosťami, súhlas handlingových spoločností s odkúpením vozidiel, prípadne dohoda o zjednotení kvapalín pre centrálnu nádrž.

VII. ZÁVER

Hlavným cieľom diplomovej práce bolo zväziť možnosti využitia odmrázovacieho poolu na letisku Praha/Ruzyně. Súčasťou bolo oboznámenie sa s prostredím odmrázovania, analýza súčasného stavu a kapacity letiska s cieľom navrhnúť optimálny model de-icing poolu.

V práci navrhujem dve možné riešenia modelov s jedným doplnkovým modelom. Vzhľadom na množstvo otázok a rizík, ktoré z jednotlivých modelov vyplývajú nie je jednoduché určiť jeden optimálny model. Keďže proces odmrázovania závisí nie len od letiska ale aj od handlingových spoločností a leteckých dopravcov, je potrebné modely posúdiť z pohľadu všetkých subjektov podieľajúcich sa na procese. Handlingové spoločnosti a letisko alebo budúci prevádzkovateľ poolu sa musia dohodnúť na svojich službách a cenách a navrhnúť optimálny pre všetky zúčastnené strany. Navrhované varianty musia

konzultovať s rozhodujúcimi leteckými dopravcami, pretože cieľom odnámrazovania je najmä ich spokojnosť s poskytovanými službami a so zabezpečením plynulej prevádzky.

Zo všetkých modelov je najmenej rizikovým doplnkový model vybudovania centrálnej nádrže, ktorý prináša viacero výhod. Zavedenie tohto modelu by z dôvodu nákupu väčšieho objemu kvapalín jedným subjektom prinieslo zníženie nákladov handlingových spoločností spojených s nákupom kvapaliny a tiež lepší prehľad o kapacite nádrže/nádrží. Na základe zistenia, že navrhovaný model už letisko s poskytovateľmi konzultovalo je pravdepodobné, že je zo všetkých modelov najviac priechodný. Doplnkový model však nerieši problém neefektívneho využitia prostriedkov ale mohol by byť základnou motiváciou pre uvažovanie o rozšírení de-icing poolu o združovanie/pooling nie len nádrží ale aj vozidiel.

Nadviazaním na výskum práce je mojím odporúčaním pri riešení možnosti de-icing poolu na letisku Praha, snaha o dohodu medzi subjektmi podieľajúcimi sa na tomto procese. Dôležité je poznať vstupné dáta (náklady, zisk, životnosť prostriedkov, cenu služby), aby bolo možné určiť úsporu respektíve celkový prínos pre letisko i handlingové spoločnosti.

POĎAKOVANIE

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

REFERENCIE

- [1] Airbus Industrie. Getting to grips with cold weather operations. s.l. : AI/SR A007-01/00, 2000.
- [2] Association of European Airlines. AEA. *Recommendations for De-icing/Anti-icing Aeroplanes on the Ground*. [Online] júl 2014. [Dátum: cit. 7. Január 2020.] 29th Edition. www.aea.be.
- [3] Úřad pro civilní letectví. *Letecký předpis Letiště L14*. [Online] 2009. [Dátum: cit.5. Február 2020.] https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14/data/print/L-14_cely.pdf. 641/2009-220-SP/4.
- [4] Czech Airlines. *Airplane De-Icing/Anti-Icing Manual. CSA-MN-10/EN*. 17.1. 2018, s. 63.
- [5] Aeronautical Information Publication. *AIP (Czech Republic)*. [Online] https://aim.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm.
- [6] Czech Airlines Handling. *Handling na letišti Praha*. [Online] 2013-2018. [Dátum: cit. 8. Január 2020.] <http://www.czechairlineshandling.com/>.
- [7] Vestergaard company. *Elephant BETA*. [Online] [Dátum: cit. 8. Január 2020.] <https://vestergaardcompany.com/product/aircraft-deicing/the-elephant-beta/>.
- [8] Letište Praha. *Sklad odmrazovací kapaliny*. [Online] 13. Máj 2013. [Dátum: cit.9. Január 2020.] Dátový súbor.
- [9] The rise of ground support equipment (GSE) pooling. *AIQ consulting*. [Online] 2017. <https://www.aiqconsulting.com/hot-topics/the-rise-of-ground-support-equipment-gse-pooling/>.
- [10] ICF. *Redefining ground handling in the era of pooling and technological innovation*. [Online] 2019. <https://www.icf.com/insights/transportation/redefining-ground-handling?fbclid=IwAR2VlpM45yzDwd9yxH0c3TF5QRk wPomHhRfGZ9kugozO04fprPjmXEDRIU0>.
- [11] Airports council international. *Guidance to members template on ground handling service*. [Online] 1.0, 2018. <https://aci.aero/wp-content/uploads/2018/09/Ground-Handling-Service-Provider-Agreement-Final-2.pdf>
- [12] TOMOVÁ, A. a kol. 2016. *Ekonomika letísk*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline EDIS-vydavateľské centrum ŽU. 2016. 219 strán. ISBN 978-80-554-1257-3.
- [13] LAPLACE, I., KAZDA, A., TOMOVÁ, A., BADÁNIK, B., LENOIR, N., & MALAVOLTI, E. 2009. FAST: Future airport strategies. Paper presented at the 8th Innovative Research Workshop and Exhibition Proceedings, pages 19-28.
- [14] KAZDA, A., CAVES, R.E. 2007. *Airport Design and Operation*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6.
- [15] KAZDA, A. 1995. *Letiská design a prevádzka*. Žilina: Edičné stredisko VŠDS 1995. 377 s. ISBN 80-7100-240-2
- [16] BADÁNIK, B., LAPLACE, I. LENOIR, N., MALAVOLTI, E., TOMOVÁ, A. & KAZDA, A. 2010. Future strategies for airports. 27th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences 2010, ICAS 2010, volume 6, pages 4416-4425
- [17] KAZDA, A., BADÁNIK, B., TOMOVÁ, A., LAPLACE, I. & LENOIR, N. 2013. Future airports development strategies *Komunikácie* 5(2), pages 19-24
- [18] NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A., NOVÁK, A. 2010. Economic regulation of airport charges in Europe after directive 2009/12/EC. In: *Logistika : príloha Logistika -nauka : artykuly recenzowane*. - ISSN 1231-5478. - Nr 4 (2010),

Bc. Silvia Straková – narodená v Bojniciach, v roku 2014 absolvovala štúdium na Gymnáziu Vavrinca Benedikta Nedožerského v Prievidzi, následne od roku 2014 začala študovať na Žilinskej univerzite v Žiline odbor Letecká doprava. Od roku 2018 začiatok inžinierskeho štúdia na Žilinskej univerzite v Žiline odbor Technológia údržby lietadiel.

NÁVRH A REALIZÁCIA SPÚŠŤACIEHO SYSTÉMU EXPERIMENTÁLNEHO MOTORA SHAKER

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE SHAKER EXPERIMENTAL ENGINE STARTING SYSTEM

Filip Šlenker

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
slenker@stud.uniza.sk

Jozef Čerňan

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
jozef.cernan@fpedas.uniza.sk

Abstract – The aim of this paper is to design and construct a starting system for the experimental single-jet engine SHAKER. The first chapter is devoted to theoretical knowledge about turbine engines. It provides information on the principle of engine operation, working cycle and individual parts of the turbine engine. The second chapter describes turbine engine systems. It specifically focuses only on systems that are necessary for the operation of such a small experimental engine. The third chapter describes the design of the SHAKER engine and its parts. The fourth part of the paper includes the methodology and the design of the starting system modeled on a computer with a 3D CAD software *Creo Parametric*. The actual implementation of the design as well as the testing of the starting system are described and documented in the last chapter.

Key words – single jet engine, SHAKER, starting system, ignition, turbine engine

I. ÚVOD

Dizajnéri sa už v minulosti zaujímali o možnosti využitia reakčného prúdového pohonu ako pohon lietadla. Prvé lietadlá s piestovými motormi však dosahovali nízke rýchlosti. Práve malé rýchlosti prúdenia vzduchu spôsobili pri konštrukcii prvých prúdových motorov problémy, keďže takýto motor potrebuje pre svoje fungovanie vysokú rýchlosť prúdu vzduchu na vstupe do motora.

V roku 1913 francúzsky inžinier René Lorin patentoval prvý prúdom poháňaný motor, avšak v tom období nebolo možné vyrobiť alebo použiť takýto typ motora, pretože neboli vyvinuté vhodné žiaruvzdorné materiály a prúdový pohon bol veľmi neefektívny pri nízkych rýchlostiach ktoré dosahovali lietadlá v tej dobe. Súčasný náporový motor je však veľmi podobný pôvodnej Lorinovej koncepcii. Až v roku 1941 Sir Frank Whittle zostrojil prúdový motor, ktorý bol prvý krát použitý pre let. Tento motor tvorí základ dnešných moderných turbínových motorov.

Cieľom tejto diplomovej práce je prispieť ďalšou časťou do navrhnutého malého experimentálneho turbínového

motora SHAKER, ktorý bol navrhnutý a zostrojený na pôde Technickej univerzity v Košiciach. Ide o malý jednorúrovňový experimentálny motor, skonštruovaný podľa vzoru bežného leteckého jednorúrovňového motora, no jeho konštrukcia bola značne jednoduchšia. Okrem samotného tela motora, ktoré tvorí vstupné ústrojenstvo, kompresor, spaľovacia komora, turbína avýstupná dýza, mal tento model doposiaľ navrhnutú a skonštruovanú iba jednoduchú palivovú sústavu.

Táto diplomová práca je zameraná na návrh a zostrojenie spúšťacej sústavy, ktorá by mala zaistiť bezpečné spustenie motora. Pri navrhovaní budeme využívať 3D modelovací CAD softvér, v ktorom navrhujeme úpravy, ktoré bude nutné na motore vykonať a domodelujeme nové súčiastky. Druhou časťou práce bude zostrojenie sústavy v praxi použitím doplnujúcich súčiastok a následné otestovanie, či takto skonštruovaná spúšťacia sústava aj naozaj funguje.

ZÁKLADNÉ PRINCÍPY POHONU MOTORA S PLYNOVOU TURBÍNOU

Princíp motora s plynovou turbínou je v zásade rovnaký ako princíp kombinácie piestového motora s vrtuľou, oba princípy poháňajú lietadlo tlačením určitej hmotnosti vzduchu smerom dozadu. Výsledkom tohto je reakcia, ktorá pôsobí v smere dopredu. Tento jav poznáme ako ťah.

Ťah pohonnej jednotky vzniká pôsobením účinných častí propulznej sústavy pohonnej jednotky na propulznú látku. Propulznou látkou lietadlových piestových a turbínových motorov je atmosféricky vzduch. V raketových motoroch je propulznou látkou palivo a kyslíčovadlo.

Pri prietoku vzduchu účinnými časťami propulznej sústavy (vrtuľa, vstupná sústava prúdového motora, dúchadlo, kompresor, spaľovacia komora, turbína, výstupná dýza), pôsobí sústava na vzduch aerodynamickými silami. Pôsobením týchto síl na pracovnú látku sa vo výslednom účinku pracovná látka pretekajúca motorom urýchli tak, že na výstupe zo sústavy je rýchlosť vzduchu väčšia ako rýchlosť vstupujúceho vzduchu do propulznej sústavy. Vstupná rýchlosť vzduchu pretekajúceho sústavou je daná rýchlosťou letu.

Motor s plynovou turbínou je v podstate tepelný stroj, ktorý využíva vzduch ako pracovnú látku na vytvorenie ťahu. Aby sa to dosiahlo je potrebné zrýchliť vzduch prechádzajúci motorom, to znamená, že treba zvýšiť rýchlosť alebo kinetickú energiu vzduchu. Najskôr sa musí zvýšiť tlaková energia, po ktorej nasleduje pridané tepelnej energie a nakoniec konverzia na kinetickú energiu vo forme výstupných plynov ktoré vystupujú z motora vysokou rýchlosťou.

Pracovný cyklus motora s plynovou turbínou je veľmi podobný ako pracovný cyklus štvortaktného piestového motora. Obe pracovné cykly pozostávajú zo štyroch cyklov: nasávania, kompresie, spaľovania a výfuku. V motore s plynovou turbínou sa však spaľovanie uskutočňuje pri konštantnom tlaku, zatiaľ čo v piestovom zážihovom motore nastáva pri konštantnom objeme. V prípade piestového motora sú tieto procesy prerušované, zatiaľ čo v turbínovom motore prebiehajú nepretržite.

SPŮŠŤACIA SÚSTAVA

Spúšťacia sústava motora slúži na zabezpečenie spúšťania motora na zemi a vo všetkých fázach letu. Podľa veľkosti motorov a zložitosti lietadla sa navrhuje spúšťacia sústava od najjednoduchšej formy s ručným ovládaním až po formu plne automatizovanú. Musí zaistiť niekoľko násobné spustenie motorov bez pumpáže (nestabilnej práce kompresora), bez odtrhnutia plameňa vspaľovacej komore alebo prehriatia turbíny. Spúšťacia sústava musí spĺňať určité podmienky, čo sa týka jej hmotnosti a rozmerov aby zbytočne nenavýšovala hmotnosť motora.

Spúšťaciu sústavu tvorí:

- spúšťač,
- spúšťací palivový obvod regulátora paliva,
- elektrická sústava pre zapálenie paliva,
- časový automat spúšťania,
- sústava ochrany motora pred prehriatím,
- kontrolné a meracie prístroje.

Úlohou spúšťačov je roztočiť rotor motora na otáčky potrebné pre zapálenie plameňa vspaľovacej komore a spustenie motora. Po dosiahnutí týchto požadovaných otáčok a zapálení paliva sa spúšťač odpojí a motor sa rozbehne na voľnobežné otáčky. Každý spúšťač má určitý pracovný cyklus spúšťania, po ktorého dokončení zvyčajne nasleduje prestávka na ochladenie spúšťača pred začiatkom nového spúšťacieho cyklu.

Pre spúšťanie dnešných turbínových motorov sa najčastejšie využívajú elektrické spúšťače, vzduchové spúšťače, či malé spaľovacie motory alebo malé turbínové motory s voľnou turbínou.

a. elektrické spúšťače

- Použitie elektrických spúšťačov je výhodné najmä pri štartovaní malých motorov kde výkon potrebný pre roztočenie rotora nie je príliš veľký. Využívajú sa aj vo veľkých motoroch ako dynamospúšťač, ktorý roztáča motor cez pomocnú prevodovku. Po dosiahnutí voľnobežných otáčok sa doterajšia funkcia elektrického motora zmení na funkciu

dynama a začne dodávať prúd do palubnej siete lietadla.

b. vzduchové spúšťače

- Vzduchový spúšťač je asi najpoužívanejším zdrojom mechanickej energie pre roztočenie rotora. Vzduchový spúšťač je vzduchová turbína s redukčným, ktorá je mechanicke pripojená cez spojku k náhonu pomocnej prevodovky a tým aj k rotoru motora. Ako zdroj stlačeného vzduchu pre turbínu slúži externý pozemný zdroj stlačeného vzduchu, pomocná palubná energetická jednotka (APU) alebo už spustený motor. Vzduchový spúšťač sa po spustení motora automaticky odpojí.

c. turbínové motory s voľnou turbínou

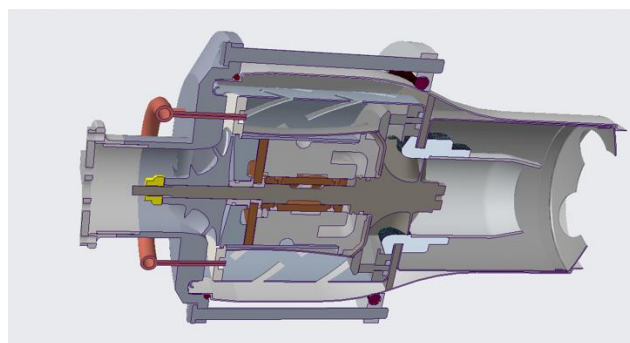
- Malý turbínový motor s voľnou turbínou tiež možno použiť ako zdroj mechanickej energie na spustenie motora. Voľná turbína cez redukčnú pomocnú prevodovku roztáča rotor motora. Výhodou takéhoto spúšťača je, že lietadlo je tak úplne nezávislé na pozemnom vybavení. Tento spôsob spúšťania motora je rozšírený najmä vo vojenskom letectve.

ZAPAĽOVANIE

Pre zapálenie zmesi paliva vspaľovacej komore sa používajú sviečky. Rozoznávame dva typy sviečok – žhviace a zapáľovacie. Sviečky sú umiestnené priamo v spaľovacej komore, ideálne v blízkosti palivových dýz, alebo do špeciálnych zariadení, ktoré ústia do spaľovacej komory.

II. TURBÍNŮVY MOTOR SHAKER

Experimentálny motor SHAKER je malý jednorúřový motor, ktorý je veľmi podobný turbínovému motorom využívaným pre pohon modelárskych lietadiel.



Obrázok 31: Rez motora SHAKER [Zdroj: autor]

KONŠTRUKCIA MOTORA

Motor je konštrukčne podobný veľkým jednorúřovým motorom, avšak je oveľa jednoduchší. Vzduch vstupuje do motora cez vstupnú sústavu, ktorá má zužujúci tvar.

Po prechode zo vstupnej sústavy smeruje vzduch do kompresora. Kompresor použitý v tomto motore je odstredivý jednostupňový kompresor. Lopatky na obežnom kolese

kompresora sú zahnuté smerom dopredu. Obežné koleso je polozakrytého typu. Difúzor použitý v tomto motore je lopatkový s pevnými lopatkami. Stupeň stlačenia v tomto type kompresora dosahuje hodnotu v rozmedzí 1,2 až 1,5.

Vzduch stlačený v kompresore ďalej prechádza do spaľovacej komory. Vo vnútri tohoto motora sa nachádza prstencová spaľovacia komora. Horúce plyny, vystupujúce zo spaľovacej komory, prechádzajú cez usmerňovacie lopatky, ktoré slúžia na usmernenie prúdu horúcich plynov prúdiacich zo spaľovacej komory na lopatky turbíny. Poslednou časťou pred výstupnou dýzou je dostredivá turbína, ktorá slúži na expanziu horúcich plynov. Ďalej sa na expanzii podieľa aj výstupná dýza.

Obežné koleso kompresora je s turbínou spojené jedným hriadeľom, ide teda o jednohriadeľový motor. Oba tieto komponenty pochádzajú z turbodúchadla, ktoré sa používa na prepĺňanie motorov. Hriadeľ je uložený v klzných ložiskách, do ktorých je privádzaný olej, keďže sú to veľmi namáhané časti. Avšak tento motor zatiaľ nedisponuje olejovou sústavou pre ich mazanie. Horúce plyny dokážu roztočiť turbínu až na 200 000 otáčok za minútu.

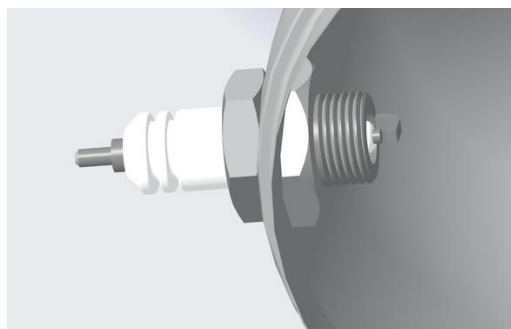
Palivovú sústavu tvorí 8 palivových dýz vložených do spaľovacej komory. Dýzy sú uložené na jednej spoločnej palivovej rampe. Ako palivo sa používa zmes propánu a butánu, ktorá je do motora privádzaná pomocou hadice s regulačným kohútom.

III. METODIKA PRÁCE

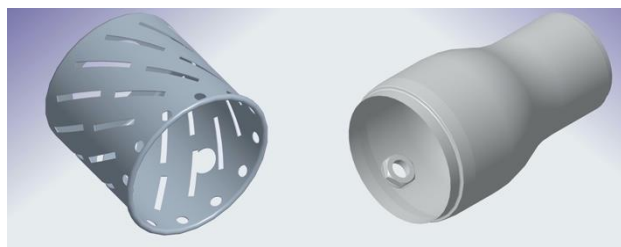
Náplňou tejto práce bolo navrhnutie spúšťacej sústavy pre malý experimentálny jednorúrovňový turbínový motor SHAKER a následná realizácia návrhu spúšťacej sústavy v praxi. Prvá časť práce zahŕňala prácu s modelovacím CAD softvérom. Keďže tento motor už bol v tomto programe navrhnutý a skutočne zostrojený, bolo potrebné domodelovať len potrebné časti spúšťacej sústavy. Na vymodelovanie jednotlivých častí bola použitá študentská verzia softvéru Creo Parametric 6.0., ktorá je študentom bezplatne dostupná online na stránke výrobcu softvéru. Druhou časťou práce bolo navrhnuté súčiastky nainštalovať do zostrojeného motora. Niektoré súčiastky potrebné k inštalácii sú bežne dostupné a bolo možné ich zakúpiť, ale niektoré bolo nutné na mieru vyrobiť či inak modifikovať aby vyhovovali našim potrebám. Takto upravený model bolo treba otestovať a zistiť či spúšťacia funkcia spĺňa svoju funkciu.

NÁVRH SPÚŠŤACEJ SÚSTAVY

Do originálneho návrhu bolo nutné navrhnuť a pridať štyri nové súčiastky a dve už existujúce súčiastky modifikovať. Keďže navrhujeme spúšťaciu sústavu, bolo potrebné navrhnuť umiestnenie zapalovacej sviečky do plášťa motora, s čím súvisela aj modifikácia plášťa a prstenca spaľovacej komory. Do oboch týchto častí bolo nutné vytvoriť otvor pre vloženie sviečky, ktorý má priemer 14 mm. Pre uchytenie zapalovacej sviečky v plášti bolo nutné navrhnuť ďalšiu súčiastku, ktorou bola matica. Matica bola vložená do vnútornej steny plášťa.



Obrázok 32: Návrh umiestnenia zapalovacej sviečky a matice v plášti motora [Zdroj: autor]



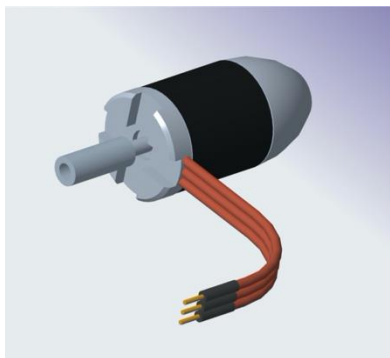
Obrázok 33: Upravená spaľovacia komora a plášť motora [Zdroj: autor]

Ďalšou súčasťou spúšťacej sústavy je spúšťáč, pre ktorý bolo nutné navrhnuť aj jeho uchytenie na motor. Najskôr sme si v programe vytvorili súčiastku v tvare kríža so štyrmi otvormi, každý na jednom ramene kríža, pre uchytenie na vonkajšiu časť vstupného ústrojenstva motora. A potom sme do stredu kríža vyrezali ďalšie otvory pre uchytenie spúšťáča k nášmu motoru ako je zobrazené na obrázku nižšie.



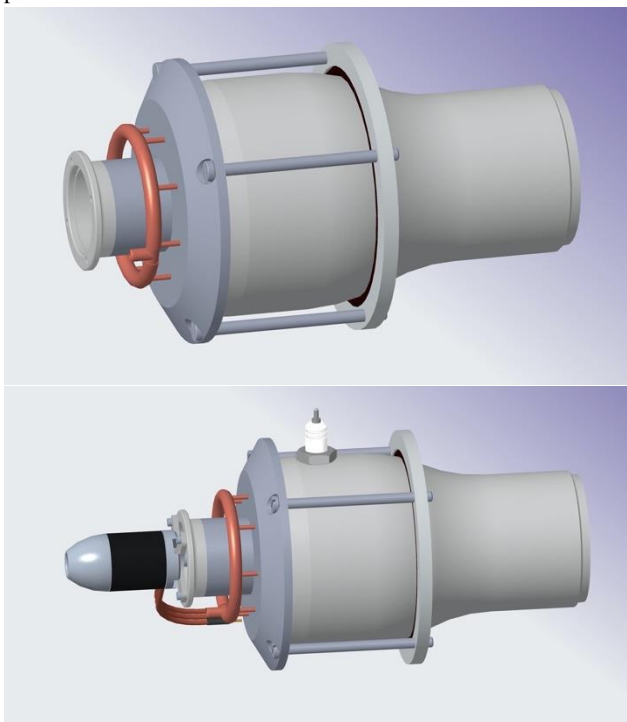
Obrázok 34: Kríž pre uchytenie spúšťáča [Zdroj: autor]

Samotný spúšťáč je uchytený v štyroch stredových otvoroch kríža a väčší stredový otvor je pre hriadeľ spúšťáča, ktorý je spojený hriadeľom motora pre roztočenie kompresora a turbíny pri spúšťaní. Nami navrhnutý spúšťáč sa typom zaraďuje medzi elektrické spúšťáče – generátory (môže fungovať aj ako zdroj elektrickej energie) a bol navrhnutý tak aby mohol byť napojený na externý zdroj energie – batériu. Súčasťou je aj regulátor pre reguláciu otáčok spúšťáča.



Obrázok 35: Návrh spúšťacieho elektromotora [Zdroj: autor]

Po pridaní všetkých týchto súčiastok k pôvodnému návrhu motora, nám vznikol nový vylepšený návrh so spúšťacou sústavou. Spúšťaciu sústavu bolo nutné pridať, lebo pôvodný návrh disponoval len palivovou sústavou a zapálenie zmesi paliva a spustenie motora tak nebolo možné. Porovnanie pôvodného návrhu motora s novým návrhom môžeme vidieť na obrázkoch pod textom.



Obrázok 36: Porovnanie pôvodného a nového návrhu [Zdroj: autor]

IV. REALIZÁCIA NÁVRHU SPÚŠŤACEJ SÚSTAVY

Princíp činnosti takto navrhnutého motora spočíva vo využití energie elektromotora ako spúšťáča pre roztočenie experimentálneho motora SHAKER. Pridaním zapalovacej sviečky si zaistíme, že zmes paliva a vzduchu v spaľovacej komore začne horieť. Inštalácia zapalovacej sviečky spolu s elektromotorom by teda mala zaistiť, že motor bude možné bezpečne spustiť. Túto teóriu je však nutné v praxi riadne otestovať.

Druhou časťou diplomovej práce bolo ideový návrh vytvorený v počítačovom programe premeniť na skutočnosť a

navrhnutý model realizovať v praxi. Pri zostavovaní modelu bolo použitých niekoľko súčiastok, z ktorých niektoré bolo možné si zakúpiť a iné, ktoré neboli bežne dostupné, bolo nutné vyrobiť. Všetky časti, ktoré sme použili pri zostavovaní motora sú zobrazené na obrázku nižšie.



Obrázok 37: Motor a súčiastky spúšťacej sústavy [Zdroj: autor]

Ako prvé bolo nutné zakúpiť zapalovaciu sviečku, ktorá je potrebná pre zapálenie zmesi paliva a vzduchu v spaľovacej komore. Na zapálenie zmesi sa v obvyčajne používajú dva typy sviečok, a to zapalovacie a žhaviace sviečky.

Žhaviaca sviečka je elektrické vyhrievacie zariadenie zaisťujúce spoľahlivé naštartovanie motora za všetkých poveternostných podmienok. Používa sa najmä vo vznetových motoroch. Je to dlhý a tenký kus kovu s vyhrievacím prvkom na špičke. Je vyrobené z materiálov odolných voči oxidáciám a vysokým teplotám. Žhaviaci proces prebieha v troch fázach. Prvou je predžhavenie sviečky, druhou je štartovanie motora a treťou a zároveň poslednou fázou je dožhavenie už po naštartovaní motora. Na rozdiel od zapalovacích sviečok, žhaviace sviečky pracujú len počas žhaviaceho procesu.

Zapalovacie sviečky sú malé elektrické zariadenia vretenovitého tvaru so závitom na konci. Sú umiestnené do zapalovacieho priestoru tak, že doňho vyčnieva len koniec sviečky, ktorý iskří a nazýva sa iskrište. Do spaľovacieho priestoru ju treba umiestniť tak, aby zmes plynov horela čo najrýchlejšie. Tvoria ju dve elektródy, stredná a vonkajšia, uzemňovacia. Stredná elektróda je obklopená izolátorom a jeho stredná časť je zalisovaná do plášťa sviečky. Tam je závit na upevnenie sviečky. Na spodnej časti závitú sa nachádza vonkajšia elektróda. Dôležitým atribútom je vzdialenosť medzi týmito elektródami. Ak je vzdialenosť medzi nimi príliš malá, iskra je slabá, avšak pri veľkej vzdialenosti sviečka vynecháva. Ideálna vzdialenosť medzi elektródami je od 0,5 až do 1,2 mm. Na rozdiel od žhaviacej sviečky sa zapalovacia sviečka používa v benzínových motoroch počas celej doby spaľovania.

Pre potreby nášho projektu sme si ako vhodnejšiu alternatívu zvolili zapalovaciu sviečku typu NGK BPM7A, ktorá je bežne používaná v menších benzínových motoroch (napríklad záhradných kosačiek, motocykloch a podobne). Tento typ sviečky sme vybrali vďaka jej veľkosti, ktorá najlepšie spĺňala naše požiadavky, keďže je pre jej montáž iba málo priestoru vo vnútri motora.



Obrázok 38: Zapaľovacia sviečka NKG BPM7A [Zdroj: autor]

Ďalšou pridanou súčiastkou bolo malé elektrické zariadenie, ktoré vytvára iskru medzi elektródami zapaľovacej sviečky. Na tento účel sme použili zapaľovač z grilu vzhľadom na jeho kompaktnosť a jednoduchosť zapojenia a použitia. Napájaný je 1,5 V batériou typu AA a je v ňom zabudované tlačidlo pre vytvorenie iskry. Najskôr sme pomocou dvoch káblov otestovali či bude vytvárať dostatočnú iskru na zapaľovacej sviečke.

Po otestovaní a presvedčení sa, že takto zapojený obvod bude vytvárať dostatočne veľkú iskru na zapálenie zmesi, bolo nutné nájsť správne umiestnenie sviečky do plášťa motora a jej následné uchytenie pomocou matice. Keďže zapaľovacia sviečka použitá v našom motore má závit s netradičným stúpaním bežne dostupných matic (1,25 mm), bolo potrebné si takúto maticu nechať vyrobiť na mieru. Maticu vyrobenú na mieru však bolo pred samotnou inštaláciou ešte nutné upraviť tak, aby ju bolo možné vložiť do vnútra plášťa motora, keďže priestor medzi plášťom a prstencom spaľovacej komory je príliš úzky. Maticu sme museli zrezať na približne 1/3 jej pôvodnej hrúbky a prispôsobiť ju tak, aby presne kopirovala okrúhly vnútorný tvar plášťa motora.

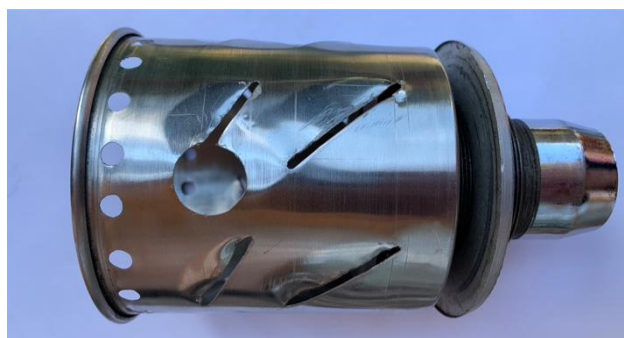


Obrázok 39: Pôvodná a upravená matica pre uchytenie zapaľovacej sviečky [Zdroj: autor]

Maticu do plášťa musíme umiestniť tak, aby bola zapaľovacia sviečka čo najbližšie k palivovým dýzám a preto sme si museli v rámci plášťa namerať ideálnu vzdialenosť pre jej inštaláciu. Ďalším krokom bolo vyvrtanie otvorov do plášťa motora a spaľovacej komory o priemere 14 mm.



Obrázok 40: Plášť motora s vyvrtaným otvorom pre zapaľovaciu sviečku [Zdroj: autor]



Obrázok 41: Spaľovacia komora s vyvrtaným otvorom pre zapaľovaciu sviečku [Zdroj: autor]

Do takto upraveného plášťa sme následne museli nainštalovať našu zrezanú maticu. Jednou možnosťou bolo maticu do plášťa navariť ale z dôvodu úzkej steny plášťa sme sa obávali, že dôjde k jeho zdeformovaniu a prepáleniu v dôsledku vysokej teploty. Preto sme si pre inštaláciu zvolili metódu vlepene matice do vnútornej strany plášťa, keďže táto metóda je pre uchytenie našej matice dostatočná. Použili sme univerzálne dvojzložkové lepidlo na spájanie kovov, ktoré je odolné voči vode, benzínu, oleju a mnohým ďalším chemikáliám a zriedeným kyselinám. Má dobrú priľnavosť na mnohé povrchy (oceľ, zliatiny, hliník, keramika, betón). Výhodou tohto lepidla je jeho rýchle vytvrdenie, vysoká pevnosť, možnosť mechanického opracovania a odolnosť voči vysokým teplotám.



Obrázok 42: Uloženie matice v plášti motora [Zdroj: autor]

Po vytvrdnutí lepidla sme mohli vložiť naspäť do plášťa motora spaľovaciu komoru a vložiť zapalovaciu sviečku a skontrolovať jej umiestenie v spaľovacej komore.

Pre zapojenie zapalovača ku zapalovacej sviečke sme použili dva vodiče, ktoré sme z jednej strany pripevnili na kontakty zapalovača a ich konce sme napojili jeden priamo na sviečku a druhý na telo motora, aby sa tak vytvoril elektrický obvod a zaistili tak iskrenie medzi elektródami zapalovacej sviečky vo vnútri spaľovacej komory.

Pre takto zhotovený motor aj s jednoduchým spúšťacím systémom bolo treba vykonať testovanie a zistiť či nami navrhnutá a zhotovená spúšťacia sústava naozaj funguje. Pre tieto účely bolo nutné zhotoviť skúšobný „stend“, na ktorý sa motor namontuje a bude možné ho otestovať. Ako skúšobný stend sme si zvolili jednoduchú drevenú dosku s rozmermi 30x30 cm a hrúbkou 3 cm, do ktorej sme vyfrézovali dve polkruhové diery pre uloženie motora a jeho uchytenie pomocou hadicovej sťahovacej pásky. Ďalej sme naň upevnili zapalovač spolu s vodičmi a fľašu so zmesou propánu a butánu.

Testovanie prebiehalo nasledovne. Fľašu sme pripojili ku hadici s regulačným kohútom, ktorého úlohou je regulovať množstvo dodávaného paliva do palivových dýz. Otvorili sme kohút a tým zabezpečili prívod palivovej zmesi do motora. Pre roztočenie obežného kola kompresora sme využili stlačený vzduch z externého zdroja - kompresora. Keďže je turbína priamo hriadeľom napojená na kompresor, tak sa roztáča zároveň s ním. Súčasne s dodávaním paliva a vzduchu do motora, sme stlačili zapalovač, ktorý bol napojený vodičmi ku sviečke a uzatváral obvod pripojením ku motoru. Sviečka tak vytvárala v spaľovacej komore iskrú a keďže sme mali zabezpečenú iskrú, dodávku paliva do motora a aj dostatok vzduchu z rotujúceho kola kompresora, motor sa nám podarilo úspešne spustiť. Fotografie z testovania sú zobrazené nižšie.



Obrázok 43: Testovanie spúšťacej sústavy [Zdroj: autor]



Obrázok 44: Testovanie spúšťacej sústavy [Zdroj: autor]

SPÚŠŤANIE POMOCOU ELEKTROMOTORA

Na spustenie motora možno využiť viacero metód. Môžeme použiť niekoľko druhov spúšťáčov – piestový motor, generátor, vzduchový spúšťáč, turbokompresorový spúšťáč alebo elektrický motor. Pri testovaní sme využili pre spustenie stlačený vzduch, teda sme využívali princíp vzduchového spúšťáča. Vzhľadom na veľkosť nášho modelu sme sa snažili vybrať čo najefektívnejšiu možnosť.

Ďalšou vhodnou alternatívou spúšťania takéhoto malého experimentálneho motora, je roztočiť obežné koleso kompresora pomocou spúšťacieho elektromotora. Stačí nám na to malý elektromotor bežne dostupný v modelárskych obchodoch, ktorý sa využíva na pohon malých modelov lietadiel. Výhodami takéhoto elektrického motora sú malé rozmery, možnosť pracovať aj ako zdroj elektrického prúdu po naštartovaní motora, jednoduchosť prívodu elektrickej energie a jednoduchosť automatizácie spúšťacieho cyklu.

Pre napojenie elektromotora k nášmu motoru však bolo potrebné vykonať ešte jednu úpravu. Bolo treba navrhnuť a vytvoriť dodatočnú súčiastku, ktorá je zobrazená na obrázku nižšie. Táto súčiastka bude nainštalovaná na vstupe do motora a bude na ňu prichytený elektromotor.



Obrázok 45: Kríž pre uchytenie spúšťača [Zdroj: autor]

Z hliníkovej platne sme si najskôr vyrezali štvorec veľkosti 52x52 mm a hrúbkou 3 mm. Následne sme pomocou pílkou na železo z tejto hliníkovej platničky vytvorili štvoramenný kríž so šírkou ramena 10 mm a okraje sme potom dobrúsili ručným pilníkom na železo. Do každého ramena bolo potrebné navítať jednu diery pre uchytenie kríža na telo motora. Nakoniec sme vyvítali do stredu kríža jeden väčší otvor pre umiestnenie hriadeľa pre roztáčanie motora a štyri menšie otvory pre uchytenie elektromotora ku konštrukcii. Takto nachystaný kríž sme upevnili na motor a pripojili naň zakúpený elektromotor Turnigy L2855-2800 EDF Outrunner. Je to striedavý (brushless) motor s výkonom 730 wattov a s maximálnym ťahom 1200 gramov. Tento motor sme použili ako spúšťač pre roztočenie kompresora a turbíny pri spúšťaní.

Na spustenie nášho motora však nestačí iba pripojiť naň tento elektromotor. Ďalšou nevyhnutnou súčiastkou je aj regulátor otáčok, ktorý slúži zároveň aj ako výkonový menič napätia pre spúšťač elektromotor. Regulátor je napájaný z batérie z jednej strany a z druhej strany je napojený na elektromotor, v ktorom mení otáčky podľa potreby prostredníctvom ovládača. Vybrali sme si regulátor rovnakej značky ako elektromotor Turnigy, typ Multistar BLheli_32 ARM 51A Race Spec ESC. Výhodou tohoto regulátora je jeho jednoduchá inštalácia a nastavenie, hladké a lineárne ovládanie plynu, kalibrácia rozsahu plynu pre dokonalé prispôbenie sa riadiacemu signálu, ochrana motora voči preťaženiu a bezpečné zapnutie.

Na ovládanie regulátora sme využili 5 kanálový prijímač Turnigy 5RX 5Ch Mini 2.4GHz FHSS Receiver, ktorý je prijímačom až 2,4 GHz v plnom rozsahu. Tento prijímač je veľmi dobre skonštruovaný a ľahko ovládateľný, vďaka integrovanej LED kontrolke stavu zariadenia. Ku prijímaču je samozrejme potrebný aj vysielač. Ako vysielač môžeme použiť Turnigy 9X 9Ch. Je to digitálna plne programovateľná 9 kanálová páková vysielačka v pásme 2,4 GHz. Ponúka mnoho funkcií ale zároveň je veľmi prehľadná a zrozumiteľná. Vďaka LCD displeju je jej nastavovanie veľmi jednoduché. Na displeji sú zobrazené okamžité informácie o nastavení.

Takéto napojenie je samozrejme nutné znovu otestovať, či bude do motora dodávané požadované množstvo vzduchu, ktoré je nevyhnutné pre proces horenia v spaľovacej komore.

V. ZÁVER

Cieľom tejto diplomovej práce bolo navrhnuť spúšťačiacu sústavu pre malý experimentálny jednorúrovňový motor SHAKER. Najskôr bolo potrebné si sústavu navrhnuť v počítačovom programe pre 3D modelovanie a upraviť už existujúci návrh o nové súčiastky. Takto navrhnutý model sme v praxi zostrojili a otestovali jeho funkčnosť.

Nami navrhnutú spúšťačiacu sústavu tvorila zapalovacia sviečka umiestnená do spaľovacej komory, dva vodiče, ktoré spájali sviečku so zapalovačom a s upevnením na motor vytvárali elektrický obvod a tlaková fľaša so zmesou paliva napojená hadicou k motoru. Poslednou časťou, ktorá bola pre testovanie potrebná bol skúšobný stend na upevnenie motora a dosiahnutie tak jeho stability pri procese testovania.

Proces testovanie prebiehal nasledovne. Na predpripravený upravený stend sme si pripojili motor s už zapojeným zapalovačom. Zapalovač sme dobre pripojili k stendu. Poslednou chýbajúcou zložkou bola tlaková nádoba s propán-butánovou zmesou, ktorá nám slúžila ako palivo. Dodávka paliva do motora bola zabezpečená prostredníctvom hadice s regulačným kohútom, ktorá bola súčasťou motora. Otvorili sme prívod paliva a postupne regulovali jeho množstvo dodávané do spaľovacej komory. Súčasne sme držali tlačidlo zapalovača, čím sme vytvárali v spaľovacej komore na elektródach sviečky iskru. Keď sme začuli, že palivo v komore bolo úspešne zapálené, použili sme externý zdroj stlačeného vzduchu na roztočenie kompresora a zároveň aj turbíny, keďže kompresor a turbína sú v tomto motore vzájomne prepojené hriadeľom. Týmto spôsobom sa nám podarilo úspešne spustiť tento experimentálny jednorúrovňový motor SHAKER. Motor však nemôže byť dlho spustený, keďže nemá navrhnutú olejovú sústavu, ktorá je nevyhnutná pre správny a bezpečný chod akéhokoľvek motora.

Nami navrhnutá zapalovacia sústava teda funguje, no takéto zapalovanie by v praxi nebolo veľmi efektívne. Preto navrhujeme pre spustenie motora využiť elektrický motor, ktorý je výhodný najmä z hľadiska jeho malých rozmerov a jednoduchosti zapojenia i používania. Elektrický motor by bol zapojený ku vstupnému ústrojenstvu motora a slúžil by na roztáčanie obežného kolesa kompresora a turbíny. Elektromotor, ktorý by bol z hľadiska veľkosti nášho modelu dostačujúci je možné zakúpiť v akomkoľvek modelárskom obchode.

Problémom pri takomto riešení spúšťačej sústavy by ale mohol byť práve vstup do motora, ktorý má pomerne malý priemer a tak by sa mohlo stať, že motor nebude nasávať dostatočné množstvo vzduchu, ktoré je potrebné pre proces horenia v spaľovacej komore.

POĎAKOVANIE

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **KEGA 048ŽU-4/2020** s názvom "Zvyšovanie kľúčových kompetencií v oblasti technológie údržby lietadiel prostredníctvom transferu progresívnych metód do vzdelávacieho procesu".

REFERENCIE

- [1] ROLLS ROYCE. 1986. The Jet engine. 5. vyd. United Kingdom, 1986. 292s. ISBN 0902121 235
- [2] KŘÍŽ J. 2008. Pohonná jednotka: JAA ATPL výcvik. Žilina: EDIS, 2008. 285 s. ISBN 978-80-8070-872-6
KOCÁB J. – ADAMEC J. 2000. Letadlové motory. 1. vyd. Praha: KANT cz s. r. o., 2000. 176 s. ISBN 80-902914-0-6
- [3] HUNECKE K. 2000. Jet Engines: Fundamentals of theory, desing and operation. 4. vyd. USA: Motorbooks International Publishers & Wholesalers, 1997. 233 s. ISBN 0-7603-0459-9
- [4] CAE OAA – 04: Aircraft General Knowledge 3: Powerplant: CAE Oxford Aviation Academy (UK) Limited, 2014. 454 s. ISBN 978-1906202675
- [5] HANUS D. – MARŠÁLEK J. Turbinový motor: studijní modul 15. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 207 s. ISBN 80-7204-369-2.
- [6] OTT A. 1977. Základy teorie a konstrukce leteckých lopatkových motorů, Brno: VA. 476 s.
- [7] BPM7A NGK 7321 Spark Plug [Online]. Dostupné na internete: <https://www.ngk.com/product.aspx?zpid=9431> (citované 2020-05-15)
- [8] ČERŇAN, J., PECHO, P., CÚTTOVÁ, M. & SEMRÁD, K. 2018. Structural analysis of centrifugal compressor impellers with different blade shapes. Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October, pages 972-977
- [9] ČERŇAN, J., JANOVEC, M., HOCKO, M., & CÚTTOVÁ, M. 2018. Damages of RD-33 Engine Gas Turbine and their Causes. Transportation Research Procedia 35, pages 200–208. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.028>

Bc. Filip Šlenker – narodený dňa 25.03.1995 v Handlovej, absolvoval v roku 2014 Obchodnú akadémiu v Prievidzi, následne od roku 2015 študoval leteckú dopravu na Žilinskej univerzite v Žiline, druhý stupeň vysokoškolského štúdia bol zameraný na odbor technológia údržby lietadiel.

IMPLEMENTÁCIA PALIVOVÝCH ČLÁNKOV V ALTERNATÍVNEJ POHONNEJ SÚSTAVE LETÚNOV

IMPLEMENTATION OF FUEL CELLS IN THE ALTERNATIVE AIRCRAFT PROPULSION SYSTEM

Laura Valentovičová

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
valentovicova.laura@gmail.com

Jozef Čerňan

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
jozef.cernan@fpedas.uniza.sk

Abstract – This paper is focused on the research of the implementation of fuel cells in an alternative aircraft propulsion system. Regarding the fact that the world's population is growing and fossil fuel reserves are gradually depleting, the aviation industry considers fuel cells as a substitute for traditional aircraft propulsion systems. The first chapter deals with the generation of thrust in aircraft propulsion units, where the principle of thrust generation is defined as well as the factors affecting it. This chapter further compares engine thrust generation with jet propulsion and propeller propulsion and includes division of aircraft propulsion units, too. The second chapter begins with the history of the origin, development, analysis, and principle of operation of fuel cells. The chapter also includes information about the hydrogen fuel cell, description of hydrogen production and its fundamental information, and the use of hydrogen or fuel cells in aviation. The possibilities of using fuel cells in the creation of alternative aircraft propulsion, where the analysis of the issue is defined from the point of view of several companies, are discussed in the third chapter. The fourth chapter is devoted to the socio-economic problem of an alternative aircraft propulsion system based on fuel cells. Comparison of the overall effectiveness of two propulsion units (namely turboprop engine and fuel cell combined with electric motor) resulting in the fuel cell being favourable due to its greater efficiency is included as well. The chapter defines the application of fuel cells not only in aircraft propulsion system but emphasises their other advantageous functions. The fourth chapter is concluded with the description of the role of hydrogen and fuel cells from an environmental point of view as well as economic challenges in commercialisation. In conclusion, although the costs of the implementation of fuel cells are significantly higher than combustion engine costs, the overall costs should be comparable after a longer period of fuel cell operation due to their higher efficiency and thus lower fuel consumption.

Key words – Fuel cell. Hydrogen. Propulsion. Electrical energy. Fuel.

ÚVOD

Prvá významná aplikácia palivových článkov v letectve bola už v 50. rokoch minulého storočia, keď boli použité ako zdroj energie vo vesmírnom programe. Palivový článok predstavuje zariadenie v ktorom dochádza k priamej premene chemickej energie paliva na elektrickú energiu pri vysokej účinnosti. Cieľom ich využitia by malo byť zníženie nákladov na pohonné hmoty, zvýšenie bezpečnosti a samozrejme pozitívny dopad na životné prostredie, ktoré Európska komisia definovala ako zníženie emisií oxidu uhličitého o 75 %, zníženie emisií oxidov dusíka o 90 % a taktiež zníženie hluku o 65 %.

Keďže sa odhaduje, že zásoby fosílnych palív v dohľadnej budúcnosti dôjdu a globálne otepľovanie sa stáva rastúcim problémom, hľadanie alternatívneho paliva pre dopravu je nanajvýš dôležité. Musí sa nájsť udržateľné, ekologické a cenovo dostupné riešenie, ktoré bude v nasledujúcich desaťročiach podporovať letecký priemysel. Vodík ako palivo je v priemysle predmetom záujmu takmer tridsať rokov.

V civilnom letectve sa palivové články poháňané vodíkom považujú za najlepšiu možnosť poskytovania energie s nulovými emisiami, vzhľadom k tomu, že ich jedinými vedľajšími produktami je teplo a voda. Letecký priemysel v budúcnosti plánuje použiť práve vodíkové palivové články ako náhradu za tradičné pohonné systémy lietadiel.

Polymérne elektrolytické palivové články sú najvhodnejšie typy palivových článkov vďaka ich vysokej hustote energie či vysokej účinnosti. V porovnaní s tradičnými spaľovacími motormi dokážu vyprodukovať podstatne viac využiteľnej energie z rovnakého množstva paliva, čím poskytujú až o 30 % vyššiu účinnosť ako bežné benzínové spaľovacie motory.

Technológia palivových článkov by sa však mohla uplatniť najprv v sekundárnych systémoch výroby energie, ako sú napríklad pomocné energetické jednotky a až neskôr by mali poskytovať primárnu energiu pre veľké komerčné lietadlá, kde sú potrebné ďalšie výskumy.

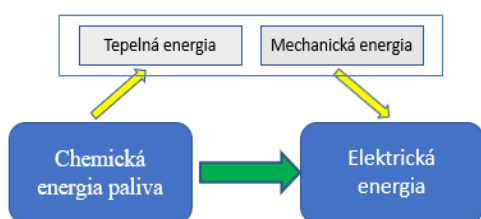
Táto diplomová práca sa venuje výskumu implementácie palivových článkov v alternatívnej pohonnej

sústave letúnov. Práca obsahuje aj teoretické poznatky o vzniku, vývoji a princípe činnosti palivových článkov a ich možnostiach použitia v letectve, kde rozbor tejto problematiky je definovaný z pohľadu viacerých spoločností. Pre pochopenie sociálno-ekonomického problému, práca obsahuje výpočet celkovej efektivity vodíkového palivového článku v kombinácii s elektrickým motorom a porovnáva ho s výsledkom výpočtu efektivity turbovrtulového motora. Na základe ekonomických faktorov, ktoré sa stávajú výzvou pri komercializácii palivových článkov, je možné ich výrazne vyššie náklady porovnať po dlhšom období prevádzky s nákladmi na spaľovacie motory, a to práve vďaka ich vyššej účinnosti a nižšej spotrebe paliva.

I. ROZBOR A PRINCÍP ČINNOSTI PALIVOVÝCH ČLÁNKOV

Pojem palivový článok predstavuje čistú technológiu výroby elektrickej energie pri vysokej účinnosti. V tomto zariadení dochádza k priamej premene vnútornej energie paliva na elektrickú energiu na základe elektrochemických procesov, bez potreby tepelného či mechanického prechodného medzistupňa (viď. obr. 1). Môžeme ich teda považovať za podobné k primárnym a sekundárnym článkom – batériám. Avšak medzi palivovým článkom a batériou existujú zásadné rozdiely.

Prvý rozdiel spočíva v tom, že aktívne chemické látky v palivovom článku nie sú súčasťou anódy a katódy, ale sú k nim priebežne privádzané z vonkajška. Obe elektródy pôsobia výlučne ako katalyzátor chemických premien a počas činnosti článku sa takmer vôbec neopotrebovávajú a nemení sa ani ich chemické zloženie. Článok môže prakticky pracovať neobmedzenú dobu, pokiaľ sú aktívne látky (palivo a oksyličovadlo) doň neustále privádzané. Na rozdiel od batérii sa nevybija a teda pojem kapacita článku sa v tomto prípade celkom vytráca. Používajú sa parametre ako napätie [V], výkon odoberaný z 1 dm² elektród a často sa uvádzajú aj hodnoty merného výkonu [W/kg], objemového výkonu [W/dm³] alebo výkonu plochy elektród [W/cm²]. Ďalší rozdiel spočíva v tom, že u väčšiny palivových článkov je pracovná teplota vyššia (u niektorých typov veľmi výrazne) než v batérii. [1],[2]



Obrázok 46: Schéma premeny energie v palivovom článku

Pre všetky palivové články je princíp transformácie chemickej energie na energiu elektrickú v podstate rovnaký. Jednotlivé palivové články sa však líšia palivom, materiálom elektród, oksyličovadlom, elektrolytom, pracovnou teplotou a tým aj prebiehajúcou chemickou reakciou na katóde a anóde.

POUŽITIE PALIVOVÝCH ČLÁNKOV V LETECTVE

Globálny prechod na čistú a udržateľnú energetickú infraštruktúru v leteckej doprave neustále prebieha. Európska komisia definovala súbor environmentálnych cieľov pre víziu „Flight Path 2050“ nasledovne: zníženie emisií oxidu uhličitého (CO₂) o 75 %, zníženie emisií oxidov dusíka (NO_x) o 90 % a zníženie hluku o 65 %. Vodík ako nosič energie spĺňa všetky tieto ciele. Ak by sa teda použil vodík, neexistuje lepšie zariadenie ako palivový článok na premenu jeho uloženej chemickej energie. V civilnom letectve sa palivové články poháňané vodíkom považujú za potenciálnych poskytovateľov energie pre lietadlá, pretože už nejaký čas sa pohybujú vo vzdušnom priestore. S cieľom navrhnuť systémy palivových článkov pre osobné lietadlá je však potrebné špecifikovať požiadavky, ktoré musí systém spĺňať. [3]

Lectvo predstavuje 2 % všetkých emisií uhlíka spôsobených ľudskou činnosťou a očakáva sa, že počet cestujúcich sa v priebehu nasledujúcich 18 rokov zdvojnásobí. Letecký priemysel má zreteľný nedostatok elektrických lietadiel v dôsledku ťažkostí so substitúciou a zavedením technológií. Priama elektrická energia je použiteľná na pohon vrtule, ale dosť ťažko môže nahradiť veľký prúdový motor dopravného lietadla, ktorý vyžaduje ťah spôsobený spaľovaním veľkého množstva paliva (rádovo sú to desiatky megawatov výkonu). Napájanie vrtule lietadla batériou tiež spôsobuje problémy. Batérie, ktoré by sa použili na pohon väčších lietadiel vyžadujú vyššiu hmotnosť. Veľkosť batérie je priamo úmerná množstvu energie, ktorá sa z nej musí čerpať. .

Podľa profesora Richarda Andersona [4], riaditeľa leteckého výskumného centra Embry - Riddle Aeronautical University, by bola hmotnosť teoretickej batérie poháňajúcej model 787 Dreamliner, približne 4,5 milióna libier, čo predstavuje viac ako 2000 ton. Tieto problémy zaradili leteckú dopravu do vhodne pomenovanej kategórie „ťažko dekarbonizovať“.

Ltecký priemysel považuje vodíkové palivové články ako náhradu za tradičné pohonné systémy lietadiel. Palivové články by okrem iného poskytovali cestovanie s nulovými emisiami, pretože jediné vedľajšie produkty sú teplo a voda. Vodík je výrazne ľahší oproti batériám, čo prináša výhodu a vytvára z neho reálnu možnosť pre let. Najnovší vývoj v oblasti leteckej dopravy s palivovými článkami a vodíkom približuje odvetvie k dosiahnutiu cieľa – dopravy bez obsahu uhlíka. [5]

Zavedením palivového článku do účinnosti prakticky vedie k zníženiu palivového zaťaženia. Palivové články umožňujú ďalšie výhody elektrických lietadiel, napríklad distribuovaný pohon, ktorý zvyšuje aerodynamickú účinnosť. Navyše, multifunkčná integrácia palivového článku do lietadiel prostredníctvom zberu vedľajších produktov (ako je voda, teplo či odpadový vzduch zbavený kyslíka), umožňuje použitie článku na zabezpečenie dôležitých procesov, ako napríklad odmrzovanie, klimatizácia v kabíne, prívod vody alebo potlačenie ohňa v batožinovom priestore či v palivových nádržiach. [6]

ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O VODÍKU

Vodík je považovaný za vynikajúce palivo z mnohých dôvodov. Má najvyššiu účinnosť a jeho spaľovanie je najčistejšie. Vodík možno použiť na výrobu elektrickej energie a elektrickú energiu možno použiť na výrobu vodíka, čím sa vytvára energetická slučka, ktorá je obnoviteľná a nie je škodlivá pre životné prostredie. Vodík sa chemicky viaže s väčšinou prvkov, a preto sa už dlhé roky používa v širokej škále aplikácií ako priemyselná chemikália.

Vodík možno používať dvoma spôsobmi: na výrobu elektrickej energie v palivových článkoch (najčistejšia možnosť) alebo v motore s vnútorným spaľovaním, v ktorom sa v porovnaní s inými palivami významne znižujú emisie. [7]

Nasledujúca tabuľka zobrazuje prehľad základných informácií o vodíku a informácie o tom, prečo je vodík považovaný za najúčinnnejšie a najčistejšie palivo a taktiež ako sa vodík vyrába a používa.

Tabuľka 9: Základné informácie o vodíku [7]

Základné informácie o vodíku	<ul style="list-style-type: none"> - veľmi rozšírený prvok; - tvorí približne tri štvrtiny hmoty vo vesmíre; - nachádza sa vo vode, ktorá pokrýva 70 % zemského povrchu a nachádza sa aj vo všetkých organických hmotách; - najjednoduchší plyn vo vesmíre (skladá sa z jedného protónu a jedného elektrónu); - najľahší zo všetkých plynov a je 14-krát ľahší ako vzduch; - uniknutý plyn vodík sa ihneď rozptýli vo vzduchu a neznečisťuje zemský povrch ani povrchové vody; - bezfarebný, bez zápachu, nie je jedovatý; - nespôsobuje kyslé dažde, nenaruša ozónovú vrstvu a neprodukuje škodlivé emisie.
Prečo je najúčinnnejším palivom	<ul style="list-style-type: none"> - vodík má najvyššiu spaľovaciu energiu na kilogram v porovnaní s inými palivami, čo znamená, že z hmotnostného hľadiska je účinnejší ako všetky ostatné palivá, ktoré sa v súčasnosti používajú; - vodík ponúka 2 až 3-krát viac energie ako väčšina bežných palív; - priamo sa spája s kyslíkom, v dôsledku čoho sa uvoľňuje veľké množstvo energie vo forme tepla.
Prečo je najčistejším palivom	<ul style="list-style-type: none"> - spaľovaním vodíka nevznikajú žiadne škodlivé vedľajšie produkty, na rozdiel od palív obsahujúcich uhlík; - po spojení vodíka a kyslíka v palivovom článku vzniká iba energia a čistá voda.
Ako sa vyrába	<ul style="list-style-type: none"> - v súčasnosti najhospodárnejším spôsobom výroby vodíka je reformovanie zemného plynu aplikáciou tepla;

	<ul style="list-style-type: none"> - elektrolyticky sa vodík vyrába použitím elektrického prúdu na rozloženie vody na vodík a kyslík.
Kde sa používa	<ul style="list-style-type: none"> - vodík sa denne používa v plynnej a kvapalnej forme v mnohých priemyselných odvetviach vrátane ropného priemyslu a v procesoch na výrobu chemikálií, potravín a elektroniky; - vodík sa taktiež používa ako palivo do raketoplánov NASA.

II. MOŽNOSTI VYUŽITIA PALIVOVÝCH ČLÁNKOV PRI TVORBE ALTERNATÍVNEJ POHONNEJ SÚSTAVY LETÚNOV

Letecká doprava prináša okrem množstva výhod pre ľudstvo aj isté nevýhody a to najmä z environmentálneho hľadiska. Takisto hluk, zápach a milióny ton emisií zo spaľovania, vyprodukovaných každý deň do atmosféry po celom svete sú ďalšími faktormi pri ktorých sa vyžaduje zmena k lepšiemu. Najväčší výrobcovia lietadiel sa aktívne zapájajú nezávisle od seba do oblasti alternatívnych palív pre letectvo. Táto problematika je známa ako Airbusu, tak aj jeho najväčšiemu konkurentovi Boeingu.

VZŤAH SPOLOČNOSTI AIRBUS K ALTERNATÍVNYM ZDROJOM ENERGIE

Spoločnosť Airbus sa považuje za priekopníka implementácie udržateľných zdrojov a biopalív v letectve, prostredníctvom ktorých sa docielí zníženie emisií oxidu uhličitého unikajúceho do ovzdušia.

Nie len uplatňovanie biopalív, ktoré sa považujú za alternatívny zdroj pohonu lietadiel, ale aj uplatnenie palivových článkov ako zdrojov elektrickej energie znamenajú pre spoločnosť Airbus jednu z perspektívnych technológií. Okrem iného predstavujú aj vysoký potenciál v dosiahnutí intenzívneho poklesu vonkajšieho hluku, emisií skleníkových plynov oxidu uhličitého a spotreby paliva.

Spoločnosť Airbus spolu so svojimi partnermi, producentom Michelin a Nemeckým národným výskumným centrom pre letectvo a kozmonautiku vykonali výskum, ktorý bol orientovaný na integráciu palivových článkov na palube lietadla. Počas testovacích letov civilného dopravného lietadla Airbus A320 boli palivové články využívané ako zdroj elektrickej energie pre zálohové systémy lietadla. Systém palivových článkov produkoval v priebehu letu až 20 kW elektrickej energie. Tento systém poháňal elektrické motorové čerpadlo, ktoré slúžilo ako hydraulický záložný okruh lietadla na ovládanie krídeliek, smerového a výškového kormidla. Výskumný program začína aplikáciou tých najjednoduchších technológií a postupne pokračoval v pridávaní nasledujúcich technológií s cieľom dosiahnutia multifunkčného systému palivových článkov využívaných lietadlami.. [8]

V roku 2018 za uznanie dramatických zmien, inžinieri divízie palivových článkov spoločnosti Airbus, získali prestížnu cenu „cena za inováciu v nemeckej leteckej doprave“ v kategórii „zníženie emisií“ za ich prácu na vývoji vodíkových energetických systémov palivových článkov pre lietadlá.

Tím spoločnosti Airbus v skutočnosti stanovil praktickú cestu vývoja, ktorá povedie k revolúcii v zdrojoch energie a pohonných systémoch lietadiel využívajúcich čistý a bezpečný vodík. Spoločnosť tvrdí, že vodík je rovnako bezpečný ako akékoľvek iné palivo a vďaka technickému vývoju v posledných rokoch je umožnené s ním zaobchádzať a používať ho s vysokou bezpečnosťou. Vzhľadom k tomu, že palivový článok vyrába elektrinu z vodíka pri úplne čistom procese, ktorý zanecháva len čistú vodu a vzduch zbavený kyslíka, bolo udelenie spomínanej ceny potvrdením, že letectvo čelí technologickej revolúcii. [9]

K technologickej revolúcii povedú dva kroky. Prvým krokom je vývoj a použitie pomocnej pohonnej jednotky lietadla (Auxiliary Power Unit = APU) poháňanej vodíkovými palivovými článkami. Tento krok by mal byť zrealizovaný do desiatich rokov.

Druhým krokom je pohonný systém lietadla s vodíkovými palivovými článkami a jeho zavedenie v komerčných službách, ktoré sa očakáva o desať až dvadsať rokov. Tento proces bude zahŕňať politiku, medzinárodné regulačné normy a takisto vytváranie novej infraštruktúry po celom svete.

Prvý krok, ktorý vedie k pohonu pomocnej pohonnej jednotky vodíkovými palivovými článkami je veľmi významný, vzhľadom k tomu, že APU dodáva elektrickú energiu a stlačený vzduch, ktorý je potrebný pre palubnú klimatizáciu a takisto aj na spustenie hlavných motorov. Po spustení motorov sa APU vypne. V mimoriadne zriedkavom prípade pri katastrofickej poruche motora môže elektrická energia poskytovaná APU udržať avioniku v chode. APU je v podstate horúce a hlučné zariadenie, ktoré pracuje s účinnosťou pod 20 %.

Z tohto dôvodu je na mnohých letiskách jeho použitie na zemi prísne obmedzené na krátku dobu potrebnú na naštartovanie motorov. Lietadlo sa tak musí potom spoliehať na pozemné napájanie, avšak ani tradičné pozemné zdroje energie nie sú o moc čistejšie alebo tichšie ako samotné palubné APU. Klasické APU neobľubujú nie len letiská, ale aj letecké spoločnosti a to z dôvodu vysokých prevádzkových a údržbových nákladov, z čoho vyplýva, že by ho radi nahradili niečím hospodárnejším. .

Palubný vodíkový palivový článok APU rieši všetky spomenuté problémy klasického APU a jeho hlavné výhody sú:

- žiadne emisie,
- extrémne tichý,
- jednoduchý a lacný na údržbu,
- rýchle spustenie.

Lietadlo môže pracovať úplne nezávisle, bez potreby pripojenia externých zdrojov energie.

Vodíkové palivové články produkujú dva vedľajšie produkty, vďaka ktorým je ich použitie v lietadlách viac atraktívnejšie. Produkujú prisun pitnej vody, čo v závislosti od veľkosti lietadla ušetrí medzi 150 a 700 kg vzletovej hmotnosti. Ďalej produkujú aj vzduch zbavený kyslíka, ktorý sa môže použiť na potlačenie prípadného požiaru v nákladných priestoroch. Vzhľadom k tomu, že halón ako hasiaca látka bol zakázaný

právnymi predpismi EÚ v oblasti životného prostredia, by tak systém palivových článkov priniesol náhradu za túto bezpečnostnú funkciu. [9]

Druhým krokom bude úplná revolúcia v komerčnej leteckej doprave. Počas nasledujúcich dvoch desaťročí sa očakáva, že bude možné celé lietadlo poháňať vodíkovými palivovými článkami umiestnenými pri elektrickom motore poháňajúcom vrtuľu. Takže sa predpokladá návrat k vrtuľovým lietadlám, ktoré prirodzene letia pomalšie ako prúdové lietadlá, ale nie tak nízkou rýchlosťou, aby to predstavovalo praktický rozdiel v drvinej väčšine letov. Bola by to tak záležitosť niekoľkých minút cesty navyše. Od začiatku do konca cesty sa oveľa viac času zvyčajne stráca v riadení letovej prevádzky a odbavenia cestujúcich v porovnaní s niekoľkými minútami navyše v čase letu. Vrtuľové lietadlá sa neustále používajú po celom svete a sú oceňované pre svoju vysokú účinnosť v porovnaní s prúdovými lietadlami.

Lietadlá s palivovými článkami by boli okamžite vhodné pre relatívne krátke trasy, ktoré tvoria väčšinu modernej leteckej dopravy. Doprava práve takýmito lietadlami by sa stala mimoriadne tichou, efektívnou a extrémne čistou, teda neprodukovala by žiadne emisie zo spaľovania uhlíkových, najmä žiadny CO₂ či NO_x, žiadne zvyšky zo spaľovania. Takisto známa je nízka tepelná signatúra ako aj žiadne aerosóly a veľmi nízka až žiadna tvorba kondenzačných stôp. To znamená, že okrem niekoľko miliónov spokojných cestujúcich, budú aj milióny spokojných ľudí žijúcich v blízkosti letiska.

VZŤAH SPOLOČNOSTI BOEING K ALTERNATÍVNYM ZDROJOM ENERGIE

Spoločnosť Boeing sa podobne ako spoločnosť Airbus koncentruje na výrobu udržateľných leteckých biopalív produkovaných z obnoviteľných zdrojov. Ujala sa vedúcej úlohy pri vytváraní komplexnej infraštruktúry a takisto podporuje prijatie noriem trvalej udržateľnosti leteckých biopalív.

Spoločnosť Boeing patrí medzi zakladajúcich členov Skupiny pre trvalo udržateľné palivá pre letectvo, ktorej cieľom je zníženie emisií skleníkových plynov vypúšťaných počas prevádzky komerčného letectva.

Boeing ako svetový výrobca lietadiel nevenuje pozornosť len k aplikáciám a využívaniu alternatívnych palív jeho lietadlami, ale realizuje aj výskumy perspektívnych aplikácií systémov palivových článkov, prostredníctvom ktorých je možné dosiahnuť už niekoľkokrát spomenuté a žiadané zníženie emisií skleníkových plynov oxidu uhličitého a taktiež zvýšenie energetickej účinnosti.

Prvý let lietadla s posádkou poháňaný za účasti vodíkových palivových článkov, ktorý predstavoval medzník v histórii letov, vykonával v roku 2008 práve Boeing na základe výsledkov skúšobných letov. Spoločnosť vidí perspektívne možnosti vo využití vodíkových palivových článkov, a to vo funkcii núdzového záložného napájania elektrickou energiou v lietadle. Ich aplikáciu skúma v oblasti komerčných a vojenských lietadiel v kooperácii so Sandia National Laboratories. V súčasnosti tieto lietadlá využívajú rôzne iné

technológie pre poskytnutie záložnej energie v kritických subsystémoch pri mimoriadnych situáciách. [8]

III. SOCIÁLNO – EKONOMICKÝ PROBLÉM ALTERNATÍVNEJ POHONNEJ SÚSTAVY LETÚNA NA BÁZE PALIVOVÝCH ČLÁNKOV

Systém vodíkových palivových článkov preukáže na palube viacero funkcií. Okrem spomínaného núdzového napájania, môže systém dodávať približne 0,5 - 0,6 litra vody na kWh elektrickej energie, čo znamená, že palivový článok s výkonom 100 kW (vhodný pre veľké lietadlo) generuje približne 50 litrov vody za hodinu. Tento objem vody sa dá následne použiť na toalety a klimatizáciu, čím sa zníži množstvo potrebnej vody, ktorá by mala byť naložená na palube lietadla. Z toho vyplýva, že tvorba vody v palivovom článku pomôže znížiť veľkosť nádrží na vodu v lietadle.

Systém vodíkových palivových článkov môže takisto poháňať elektrický pohon na prednom kolese pre pozemný pojazd. Ďalšou výhodnou funkciou môže byť využitie tepla palivových článkov na odmrazovanie. Tento systém je založený na komerčnom princípe, ktorý je upravený a prispôbený tak, aby spĺňal pravidlá a predpisy pre lietadlá. Vyvíja sa flexibilná platforma pre lietadlá v ktorých bude možné rýchlo meniť rôzne komponenty bez toho, aby boli potrebné všetky opakované kvalifikačné rutiny. S touto platformou sa môže vývoj palivového článku lietadla drasticky urýchliť. [10]

ÚLOHA VODÍKA A PALIVOVÝCH ČLÁNKOV Z ENVIRONMENTÁLNEHO Hľadiska

Palivové články sú čistejšie a účinnejšie ako tradičné spaľovacie motory. Ak sa na pohon palivových článkov používa čistý vodík, jedinými vedľajšími produktmi je voda a teplo - nevznikajú žiadne znečisťujúce látky ani skleníkové plyny. Technológia palivových článkov by teda zlepšila kvalitu životného prostredia, znížila zdravotné problémy a taktiež znížila emisie uhlíka, ktoré prispievajú k zmene podnebia.

Už pred tridsiatimi rokmi bol vodík identifikovaný ako kritický a nevyhnutný prvok dekarbonizovaného, udržateľného energetického systému, ktorý poskytuje bezpečnú, nákladovo efektívnu a neznečisťujúcu energiu.

Riešenia na zabezpečenie udržateľnosti dopravy, ktoré sú nákladovo efektívne a svojim spôsobom lákavé pre spotrebiteľov, sú nutne potrebné. Vodíkové technológie a technológie palivových článkov ponúkajú väčší výber pri prechode na nízkouhlíkové hospodárstvo vzhľadom na ich podobnú výkonnosť, prevádzku a skúsenosť spotrebiteľov s fosílnymi palivami.

Vodík predstavuje jednu z troch hlavných možností nízkouhlíkovej dopravy popri biopalivách a elektrických vozidlách. Avšak, vodík sa vyhýba využívaniu pôdy ako to je v prípade biopalív a taktiež dlhým dobíjacím dobám spojených s elektrickými vozidlami.. [11]

Letectvo je jedným z najťažších odvetví na dekarbonizáciu. Biopalivá by mohli byť vhodným palivom, kvôli ich vyššej energetickej hustote ako má vodík alebo batérie, ale nie sú úplne bez emisií a mohli by zostať nákladné s obmedzenou

dostupnosťou. Teda ako pohonné palivo by sa mohol používať vodík, ale na zabezpečenie požadovaného rozsahu sa musí skvapalniť. Vzhľadom k tomu, že palivové články nemajú dostatok energie potrebnej pre vzlet, spaľovacie turbíny budú pravdepodobne potrebné.

Avšak klimatické prínosy vodíka pre letectvo sa spochybnili, pretože produkuje viac ako dvojnásobok emisií vodných pár. Hoci vodná para ako najvýznamnejší skleníkový plyn krátkodobo vydrží v atmosfére, vo vysokých nadmorských výškach spôsobuje žiarenie a tým prispieva k čistému otepľovaniu. Predpokladá sa, že do roku 2050 nedôjde k významnému využívaniu vodíka, s výnimkou pravdepodobne malých alebo nízko lietajúcich lietadiel. Zostáva teda veľa práce na vývoji možností pre pohon lietadiel s nízkymi emisiami. [12], [13]

Vývoj vodíkových palivových článkov bol pomalý. Ešte donedávna bola táto technológia príliš nákladná na to, aby sa reálne zaviedla v akejkoľvek priemyselnej alebo komerčnej aplikácii. Dokonca aj dnes je cena implementácie palivových článkov stále výrazne vyššia ako v prípade konvenčných systémov doplnovania paliva, vzhľadom k tomu, že palivové články používajú vzácne kovy, napríklad platínu ako kľúčovú zložku a vodík ako plyn je zložitý skladovať. [14]

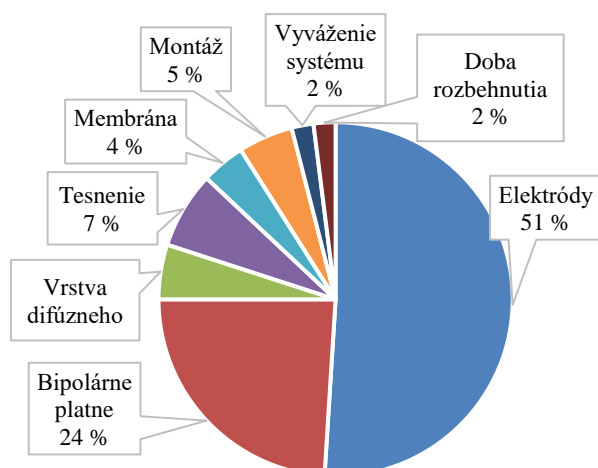
EKONOMICKÉ VÝZVY KOMERCIALIZÁCIE PALIVOVÝCH ČLÁNKOV

Hlavnými kritériami akceptácie koncového používateľa palivových článkov sú funkcia, cena a spoľahlivosť. Z tohto vyplýva, že palivový článok by mal dosiahnuť, ba dokonca prekonať tieto požadované kritériá v porovnaní so svojimi konkurentmi, teda napríklad so spaľovacími motormi alebo batériami, aby dosiahol konkurenčnú výhodu.

Palivové články, ako nová energetická technológia, ešte významne neprenikli na energetický trh. Náklady na opravu a údržbu palivových článkov (kvôli ich nízkej spoľahlivosti) môžu viesť k podstatnému zvýšeniu nákladov, čo je hlavným faktorom akceptácie koncového používateľa. Priemysel zaoberajúci sa vývojom palivových článkov tak musí čeliť výzve ako prekonať túto bariéru spoľahlivosti.

Výrobné náklady zahŕňajú dizajn, materiály, výrobu a montáž komponentov, prácu a kapitál, ktorý je potrebný pri celkovej montáži vyrobených palivových článkov. [15]

V nasledujúcom grafe je zobrazená konfigurácia palivového článku, konkrétne článku s protónovou výmennou membránou (PEM) s výkonom 80 kW a analýza čiastkových nákladov systému palivových článkov uvedených v percentách. Elektrody, vrátane katódy, anódy a katalyzátora predstavujú 51 % z celkových nákladov systému palivových článkov. Montáž a doba rozbehnutia tvorí približne 7 % z celkových nákladov. Z tohto vyplýva, že tri zostávajúce komponenty, teda elektrody, bipolárne platne, ktoré tvoria viacvrstvové jadro systému palivového článku a tesnenia sú najdrahšou časťou tohto systému.



Graf 1: Náklady na systém palivových článkov PEM (zdroj: autor)

Ak vezmeme do úvahy výrobu, materiály použité na výrobu a palivo, tak náklady na systémy s palivovými článkami sú výrazne vyššie ako náklady na spaľovacie motory.

V kapitole 4.1 som porovnávala celkovú efektívnosť dvoch odlišných pohonných jednotiek, pričom z výsledku bolo zrejmé, že účinnosť palivového článku je oveľa vyššia v porovnaní s účinnosťou spaľovacieho motora. Z dôvodu tejto vyššej účinnosti sa výrazne zníži spotreba paliva pre palivový článok a celkové náklady na palivový článok by teda mali byť porovnateľné s nákladmi na spaľovací motor po dlhšom období prevádzky.

Náklady na palivové články a náklady na spaľovacie motory budú teda v konečnom dôsledku porovnateľné, vďaka vyššej účinnosti palivových článkov. Z tohto dôvodu by náklady na palivové články nemuseli byť hlavným rozhodujúcim faktorom pri prijímaní koncovým používateľom.

IV. ZÁVER

Princíp funkcie palivových článkov bol objavený už v roku 1838, no prvá významná aplikácia vznikla v polovici minulého storočia, keď NASA použila palivové články ako zdroj energie vo svojom vesmírnom programe. Následne na to bol spustený intenzívny pokrok vo vývoji palivových článkov na celom svete. Avšak, s rastúcimi nárokmi na materiály a technológiu výroby sa neskôr ukázalo, že palivové články nemožno považovať k bežne dostupným zdrojom elektrickej energie, a to predovšetkým z cenových dôvodov.

Najvhodnejší nosič energie, ktorý by splňal všetky environmentálne ciele pre prechod na čistú a udržateľnú leteckú dopravu sa ukázal vodík a práve palivový článok je najlepšie zariadenie na premenu jeho uloženej chemickej energie. Letecký priemysel považuje vodíkové palivové články ako náhradu za tradičné pohonné systémy lietadiel, pretože približuje toto odvetvie k dosiahnutiu cieľa, teda dopravy s nulovými emisiami. Používanie vodíka na pohon si však vyžaduje aj oveľa vyššie náklady ako pri používaní fosílnych palív, no vzhľadom na ich klesajúce zásoby a očakávaný pokrok vo vodíkovej

technológií sa v budúcnosti predpokladajú nižšie celkové náklady na vodík ako náklady na letecký petrolej.

Systém vodíkových palivových článkov preukáže na palube viacero výhodných funkcií ako napríklad ich použitie v pomocnej pohonnej jednotke lietadla APU, čo by mohlo byť zrealizované v blízkej budúcnosti. Ďalšou výhodou je využitie ich vedľajších produktov, teda vody a tepla. Objem generovanej vody sa dá následne použiť na toalety alebo klimatizáciu, čím sa zníži množstvo potrebnej vody, ktorá by musela byť za normálnych okolností naložená na palube lietadla. Teplo z palivových článkov by našlo svoje využitie na odmrázovanie.

Pri porovnaní efektivity turbovrtuľového motora a palivových článkov poháňaných vodíkom sa ukázalo, že s palivovými článkami využijeme efektívne viac než 3-násobok uskladnenej energie ako v prípade turbovrtuľového motora. Vzhľadom k tomu, že vodík má objemovú výhrevnosť viac než 3-krát nižšiu ako letecký petrolej, budú potrebné objemnejšie nádrže vodíka, ak majú obsahovať rovnaké množstvo energie uskladnenej v chemickej podobe paliva ako nádrže s petrolejom. Vplyv na životné prostredie v prípade palivových článkov je neoceniteľný, avšak ich nevýhodou je hlavne vyššia hmotnosť a taktiež problémy s uskladňovaním paliva.

Hlavným faktorom akceptácie koncového používateľa palivových článkov sa ukázali práve ich vyššie náklady, no je potrebné si uvedomiť aj ich vyššiu účinnosť, vďaka ktorej sa výrazne zníži spotreba paliva a celkové náklady na palivové články by teda mohli byť porovnateľné s nákladmi na spaľovací motor po dlhodobej prevádzke.

Nie len vďaka ich vysokej účinnosti energie, ale aj pozitívnemu dopadu na životné prostredie sa očakáva, že význam palivových článkov v pohonnej sústave letúnov v budúcnosti ešte viac porastie, čo potvrdzuje aj skutočnosť veľkého množstva pracovísk, ktoré vynakladajú nemalé úsilie na ich ďalší intenzívny výskum. Obrovské znečistenie ovzdušia a hluk z leteckej dopravy sa teda jedného dňa stane minulosťou.

REFERENCIE

- [1] ŘÍHA, S. 2009. Palivové články v osobní dopravě: bakalárska práca. Brno: Vysoké učení technické v Brně, FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ, 2009. 59 s.
- [2] MATĚJÍK, M. 2012. Palivové články pro motorová vozidla: Bakalárska práca. Brno: Mendelova univerzita v Brně, AGRONOMICKÁ FAKULTA, 2012. 60 s.
- [3] KADYK, T. – SCHENKENDORF, R. – HAWNER, S. – YILDIZ, B. – ROMER, U. 2019. Design of Fuel Cell Systems for Aviation: Representative Mission Profiles and Sensitivity Analyses. In *Frontiers in Energy Research*. [online]. 2019. Dostupné na: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2019.00035/full#h10>
- [4] ANDERSON, R. 2019. Aviation, In *Fuel Cell & Hydrogen Energy Association*. [online].2019. Dostupné na: <http://www.fchea.org/in-transition/2019/11/25/aviation>
- [5] HOMANN, Q. 2019. Aviation, In *Fuel Cell & Hydrogen Energy Association*. [online].2019. Dostupné na: <http://www.fchea.org/in-transition/2019/11/25/aviation>

- [6] FRIEDRICH, K. A. - KALLO, J. - SCHRIMER, J. - SCHMITTHALS, G. 2009. Fuel cell systems for aircraft application. *ECS Trans.* 25, 193–202. DOI: 10.1149/1.3210571.
- [7] Air products: Základné informácie o vodíku [online]. Dostupné na internete: <http://www.airproducts.sk/Industries/Energy/Power/Power-Generation/hydrogen-basics.aspx>
- [8] SOCHA, L. – KIMLIČKOVÁ, M. – SOCHA, V. – HERALOVÁ, D. 2015. Alternatívne palivá – Vývojové trendy v leteckej doprave. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Ústav letecké dopravy, Fakulta dopravní, 2015. 224-234 s.
- [9] MEREDITH, G. 2018. The hydrogen fuel cell takes flight. In *Figures of Speech*. [online]. 2018. Dostupné na: <http://figures-of-speech.com/2018/04/fuel-cell.htm>
- [10] KALLO, J. – VALLET, G.R. – SABALLUS, M. – SCHMITTHALS, G. – SCHIRMER, J. – FRIEDRICH, A. 2010. Fuel Cell System Development and Testing for Aircraft Applications. In *Researchgate*. [online]. 2010. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/228836115_Fuel_Cell_System_Development_and_Testing_for_Aircraft_Applications
- [11] BRANDON, N. P. – KURBAN, Z. 2017. Clean energy and the hydrogen economy. In *The Royal Society*. [online]. 2017. Dostupné na: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2016.0400>
- [12] IPCC Climate Change. 2013: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 2013.
- [13] HART, D. – HOWES, J. – LEHNER, F. – DODDS, P. – HUGHES, N. – FAIS, B. – SABIO, N. – CROWTHER, M. 2015. Scenarios for deployment of hydrogen in contributing to meeting carbon budgets and the 2050 target, 2015.
- [14] Internetová stránka Airport Industry Review. 2019. Dostupná na: https://airport.nridigital.com/air_jan19/issue_39
- [15] WANG, J. – WANG, H. – FAN, Y. 2018. Techno-Economic Challenges of Fuel Cell Commercialization. In *ScienceDirect*. [online]. 2018. Dostupné na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809917307750>
- [16] GALIERIKOVÁ, A., MATERNA, M., SOSEDOVÁ, J. 2018. Analysis of risks in aviation. *Transport Means 2018* [print, electronic] : proceedings of 22nd International Scientific Conference. - ISSN 1822-296X. - 1. vyd. - Kaunas: Kaunas University of technology, 2018. - s. 1427-1431 [print, online].
- [17] ČERŇAN, J., HOCKO, M. & CÚTTOVÁ, M. 2017. Safety risks of biofuel utilization in aircraft operations. *Transportation Research Procedia* 28, pages 141-148
- [18] KAZDA, A., CAVES, R.E. 2007. *Airport Design and Operation*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6.
- [19] ČERŇAN, J., HOCKO, M., CÚTTOVÁ, M. & SEMRÁD, K. 2016. Analysis of damaged turbine blades of the engine MPM 20. *Acta Metallurgica Slovaca* 22(2), pages 120-127.

Názov	PRÁCE A ŠTÚDIE
Vydala	Žilinská univerzita v Žilina v EDIS – Vydavateľské centrum ŽU v roku 2020
Vydanie	Prvé
Náklad	50 výtlačkov
ISBN	
DOI	https://doi.org/10.26552/pas.Z.2020.2

Vydané z dodaných predlôh