

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 7

VOLUME 7



Žilina 2020

PRÁCE A ŠTÚDIE sú publikované v nadväznosti na projekt spolufinancovaný zo zdrojov EÚ: „*Brokerské centrum leteckej dopravy pre transfer technológií a znalostí do dopravy a dopravnej infraštruktúry; ITMS 26220220156*“.



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku



REDAKČNÁ RADA / EDITORIAL BOARD

prof. Ing. Antonín Kazda, CSc.

prof. Ing. Karel Havel, CSc.

doc. Ing. Branislav Kandra, PhD.

doc. Ing. Benedikt Badánik, PhD.

Ing. Jozef Čerňan, PhD.

Mgr. Miriam Jarošová, PhD.

Ing. Ján Rostáš, PhD.

doc. Ing. Martin Bugaj, PhD.

JUDr. doc. Ing. Alena Novák Sedláčková, PhD.

prof. Ing. Anna Tomová, CSc.

Ing. Filip Škultéty, PhD.

Ing. František Jůn, CSc.

Ing. Peter Blaško, CSc.

Ing. Michal Červinka, PhD.

doc. Ing. Pavol Kurdel, PhD.

doc. Ing. Dr. Tomasz Lusiak

assoc. prof. Dr. Anna Stelmach

assoc. prof. Dr. Anna Rudavska

Doc. Ing. Jakub Kraus, Ph.D.

doc. Ing. Peter Vittek, Ph.D.

doc. Ing. Vladimír Socha, Ph.D.

Ing. Stanislav Pleninger, Ph.D.

Ing. Ján Zýka, Ph.D.

doc. RNDr. Vladimír Krajčík, Ph.D.

prof. Ing. Ján Piša, PhD.

assoc. prof. Doris Novak, PhD.

Ing. Pavol Pecho, PhD.

Ing. Matúš Materna, PhD.

TLAČ/PRINTED BY

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

TECHNICKÝ REDAKTOR/TEXT DESIGNER

Ing. Michal Janovec, 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, ako aj ich interakcii s výskumom v konkrétnych oblastiach elektrotechniky, informačných technológií, stavebníctva, kartografie a geodézie, ktoré boli riešené aj v rámci projektu „*Brokerského centra leteckej dopravy pre transfer technológií a znalostí do dopravy a dopravnej infraštruktúry*“ **ITMS 26220220156**.

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

POROVNANIE VÝCVIKOVÝCH OSNOV PILOTOV V ČESKOSLOVENSKU Z OBDOBIA I. SVETOVEJ VOJNY A II. SVETOVEJ VOJNY.....	7
<i>COMPARISON OF TRAINING CURRICULA OF PILOTS IN CZECHOSLOVAKIA DURING WORLD WAR I AND WORLD WAR II</i>	<i>7</i>
PREVÁDZKOVÉ POSÚDENIE LIETADIEL PILATUS PC-12 A BEECHCRAFT B-200 KING AIR	14
<i>OPERATIONAL ASSESSMENT OF PILATUS PC-12 AND BEECHCRAFT B-200 KING AIR AIRCRAFT</i>	<i>14</i>
DETEKCIA A OCHRANA OBJEKTOV PROTI PREVÁDZKE BEZPILOTNÝCH LIETADIEL	22
<i>DETECTION OF UNMANNED AIRCRAFT AND PROTECTION OF OBJECTS AGAINST UNAUTHORIZED OPERATION OF UAVS.....</i>	<i>22</i>
ANALÝZA AKTUÁLNYCH TRENDOV URČUJÚCICH SMER VÝVOJA BEZPILOTNÝCH PROSTRIEDKOV V CIVILNOM LETECTVE	29
<i>ANALYSIS OF CURRENT TRENDS THAT DETERMINE THE DIRECTION OF DEVELOPMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN CIVIL AVIATION</i>	<i>29</i>
HYBRIDNÉ POHONY LIETADIEL.....	35
<i>HYBRID AIRCRAFT PROPULSION</i>	<i>35</i>
KOMPARÁCIA MODELOV SPOPLATNENIA LETECKÝCH NAVIGAČNÝCH SLUŽIEB VO VYBRANÝCH KRAJINÁCH	41
<i>COMPARATION OF AIR NAVIGATION SERVICE CHARGING MODELS IN SELECTED COUNTRIES.....</i>	<i>41</i>
POHONNÉ JEDNOTKY AKROBATICÝCH LIETADIEL	45
<i>POWERTRAIN OF AEROBATIC AIRCRAFT.....</i>	<i>45</i>
PREVOZ ŽIVÝCH ZVIERAT V NÁKLADNÝCH PRIESTOROCH DOPRAVNÝCH LIETADIEL	52
<i>TRANSPORTS OF LIVE ANIMALS IN THE HOLD OF CARGO AIRCRAFT</i>	<i>52</i>
DETEKCIA A PREDIKCIA HROZBY NÁMRAZY NA ZÁKLADE ANALÝZY POVETERNOSTNEJ SITUÁCIE A SPRÁV O POČASÍ NA LETISKU ŽILINA.....	57
<i>DETECTION AND PREDICTION OF THE THREAT OF ICING BASED ON THE ANALYSIS OF WEATHER CONDITIONS AND WEATHER REPORTS AT THE AIRPORT ŽILINA</i>	<i>57</i>
POSTUPY A ROZHODNUTÍ PŘEDCHÁZEJÍCÍ BEZPEČNOSTNÍMU PŘISTÁNÍ	63
<i>PROCEDURES AND DECISION PRIOR TO PRECAUTIONARY LANDING</i>	<i>63</i>
MOŽNOSTI ZVYŠOVANIA VÝKONU LETECKÝCH PIESTOVÝCH MOTOROV A ICH VÝVOJ	67
<i>POSSIBILITIES OF INCREASING THE POWER OF THE AIRCRAFT PISTON ENGINE AND ITS DEVELOPMENT</i>	<i>67</i>
TRHY S NÁKLADNOU LETECKOU DOPRAVOU VO VYBRANÝCH SVETOVÝCH REGIÓNOCH.....	73
<i>AIR CARGO MARKET IN SELECTED WORLD REGIONS</i>	<i>73</i>
PROGRESÍVNE RIEŠENIA OVLÁDANIA ROZVODOVÝCH MECHANIZMOV PRE LETECKÉ PIESTOVÉ MOTORY	78
<i>PROGRESSIVE SOLUTIONS OF CONTROL TIMING MECHANISMS FOR AIRCRAFT PISTON ENGINES.....</i>	<i>78</i>
VÝCVIK PILOTOV VRTUĽNÍKOV	85
<i>HELICOPTER PILOT TRAINING</i>	<i>85</i>
NÁVRH MATERIÁLNEJ ČASTI LETÚNA PIPER PA-34 220T	93
<i>PROPOSAL OF MATERIAL PART OF THE PIPER PA-34 220T AIRPLANE</i>	<i>93</i>

HISTÓRIA A VÝVOJ PREHLADOVÝCH SYSTÉMOV PRE ÚČELY RIADENIA LETOVEJ PREVÁDZKY	101
<i>HISTORY AND DEVELOPMENT OF SURVEILLANCE SYSTEMS FOR AIR TRAFFIC CONTROL</i>	<i>101</i>
MODELY PODNIKANIA LETECKÝCH SPOLOČNOSTÍ V AFRIKE	107
<i>BUSINESS MODELS OF AIRLINES IN AFRICA.....</i>	<i>107</i>
POROVNANIE MOŽNOSTÍ VYUŽITIA VYBRANÝCH AWOS SYSTÉMOV A ICH MANUÁLOV	114
<i>COMPARISON OF THE USE POSSIBILITIES OF SELECTED AWOS SYSTEMS AND THEIR MANUALS.....</i>	<i>114</i>
IMPLEMENTÁCIA MODERNÝCH TECHNOLOGIÍ DO VÝCVIKU PRÍSTROJOVÉHO LIETANIA	120
<i>IMPLEMENTATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN INSTRUMENT FLIGHT TRAINING.....</i>	<i>120</i>
PRODUKCIA LIETADLOVEJ TECHNIKY	124
<i>PRODUCTION OF AIRCRAFT TECHNOLOGY</i>	<i>124</i>
VYPRACOVANIE TECHNOLOGICKÝCH POSTUPOV ÚDRŽBY PRE LIETADLO ZLÍN Z 242 L PRE POTREBY LVVC ŽU	131
<i>ELABORATION OF TECHNOLOGICAL MAINTENANCE PROCEDURES FOR THE ZLIN Z 242 L AIRCRAFT FOR NEEDS OF LVVC ŽU</i>	<i>131</i>
TVORBA ŠTUDIJNÝCH MATERIÁLOV - KOMUNIKAČNÉ SYSTÉMY	137
<i>COMMUNICATION SYSTEMS</i>	<i>137</i>
ELECTRIC MOTOR AS A REPLACEMENT FOR COMBUSTION ENGINE IN PROPULSION SYSTEM OF AIRCRAFT	142
<i>ELECTRIC MOTORS AS REPLACEMENT TO COMBUSTION ENGINE IN PROPULSION SYSTEM OF AIRCRAFT.....</i>	<i>142</i>
TVORBA ŠTUDIJNÝCH MATERIÁLOV – NAVIGAČNÉ SYSTÉMY	145
<i>HE NAVIGATION SYSTEMS – STUDY MATERIALS PREPARATION.....</i>	<i>145</i>
ROZPTÝLENIE POZORNOSTI PILOTA GNSS PRIJÍMAČOM POČAS VFR LETU	152
<i>DISTRACTION OF THE PILOT'S ATTENTION BY THE GNSS RECEIVER DURING VFR FLIGHT.....</i>	<i>152</i>
PROBLEMATIKA NÁKLADOV CARGO LETECKÝCH DOPRAVCOV	156
<i>PROBLEMS OF COSTS CARGO AIRLINES COMPANIES</i>	<i>156</i>
VÝSTUPY DOSTUPNÝCH NUMERICKÝCH PREDPOVEDNÝCH MODELOV AKO ÚČINNÝ NÁSTROJ PREDIKCIE POVETERNOSTNÝCH PODMIENOK PRE LET	160
<i>OUTPUTS OF AVAILABLE NUMERICAL FORECASTING MODELS AS AN EFFECTIVE TOOL FOR WEATHER FORECASTING FOR FLIGHT</i>	<i>160</i>
NÁVRH MATERIÁLNEJ ČASTI V SÚLADE S LETOVOU PRÍRUČKOU A MANUÁLOM NA ÚDRŽBU LIETADIEL Z-242L	167
<i>APPLICATION OF THE MATERIAL PART CONFORMABLE WITH AIRPLANE FLIGHT MANUAL AND MAINTENANCE MANUAL OF THE Z-242L.....</i>	<i>167</i>
TVORBA MODELU REFERENČNÉHO LETISKA PRE GENERÁTOR OBRAZU LETOVÉHO SIMULÁTORA.....	172
<i>CREATING A REFERENCE AIRPORT MODEL FOR FLIGHT SIMULATOR IMAGE GENERATOR.....</i>	<i>172</i>
PRÁVNA ÚPRAVA MEDZINÁRODNÉHO CIVILNÉHO LETECTVA	177
<i>THE LEGISLATION OF INTERNATIONAL CIVIL AVIATION</i>	<i>177</i>
ZMENY ÚLOH ANSP V BUDÚCOM PROSTREDÍ ATM	186
<i>CHANGING ROLE OF ANSP IN THE FUTURE ATM ENVIRONMENT</i>	<i>186</i>
NÁVRH IMPLEMENTÁCIE SENZOROV SYSTÉMU ARDUINO V MODELI DEMONŠTRAČNÉHO VETERNÉHO TUNELA.....	190
<i>IMPLEMENTATION DESIGN OF ARDUINO SENSORS IN DEMOSTRATIVE WIND TUNNEL</i>	<i>190</i>

DÍŽKA REAKČNÉHO ČASU PILOTA PRI VYBRANÝCH LETOVÝCH ÚKONOCH	196
<i>THE LENGTH OF THE REACTION TIME OF A PILOT CHOSEN FLIGHT OPERATIONS.....</i>	<i>196</i>
MOŽNOSTI ZNIŽOVANIA ŠKODLIVÝCH EMISÍ V LETECKEJ DOPRAVE	202
<i>POSSIBILITIES OF REDUCTION HARMFUL EMISSIONS IN AVIATION.....</i>	<i>202</i>
LETECKÁ NÁKLADNÁ DOPRAVA V SR	206
<i>AIR FREIGHT TRANSPORT IN THE SLOVAK REPUBLIC.....</i>	<i>206</i>
NOVÉ FORMY HORIZONTÁLNEJ SPOLUPRÁCE LETECKÝCH SPOLOČNOSTÍ	210
<i>NEW FORMS OF HORIZONTAL COOPERATION OF THE AIRLINES.....</i>	<i>210</i>
VPLYV LETECKEJ DOPRAVY NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE.....	216
<i>THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF AIR TRANSPORT.....</i>	<i>216</i>
VÝVOJ LETECKÝCH PRÍSTROJOV BEZMOTOROVÝCH LIETADIEL	220
<i>DEVELOPMENT OF FLIGHT INSTRUMENTS USED IN GLIDERS.....</i>	<i>220</i>
SYSTÉM MERANIA AERODYNAMICKÝCH SÍL V DEMONŠTRAČNOM VETERNOM TUNELI	227
<i>AERODYNAMIC FORCE MEASUREMENT SYSTEM IN DEMONSTRATION WIND TUNNEL.....</i>	<i>227</i>
VPLYV AUTOMATIZÁCIE NA LETOVÉ ZRUČNOSTI PILOTA	231
<i>INFLUENCE OF AUTOMATION ON PILOT FLIGHT SKILLS.....</i>	<i>231</i>

POROVNANIE VÝCVIKOVÝCH OSNOV PILOTOV V ČESKOSLOVENSKEJ Z OBDOBIA I. SVETOVEJ VOJNY A II. SVETOVEJ VOJNY

COMPARISON OF TRAINING CURRICULA OF PILOTS IN CZECHOSLOVAKIA DURING WORLD WAR I AND WORLD WAR II

Kristína Beťková

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
kristinabetkova13@gmail.com

Antonín Kazda

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

Abstract – This paper covers the topic of the training curricula of pilots from the beginning of World War I till the end of World War II in Czechoslovakia. The purpose of this thesis was to focus on the process of the development of the training and factors, that affect this development. Since the author is in pilot training too, she considered it to be interesting enough to find out what was the development of the training and further process of adaptation, that she could later compare to the training she is a part of. The author obtained information mostly from description of historical events, that were substantiated by facts of evolution of aircraft. In the beginning, the thesis covers pilot training in the nowadays society and by obtaining additional information using the historical procedure, in individual chapters the author analyzes the functionality of training centers during particular periods, the characteristics of aircraft technology, the requirements imposed on pilots, the training itself and its development. Ultimately, the author concludes that the aircraft technology and the demands placed upon pilots during their career are the predominant causes of changes in training and, on the other hand, finds that the political situation, which used to affect the training during World War I and II greatly, is nowadays pushed to the background.

Key words – World War I, World War II, Czechoslovakia, pilot training, training centres, technology of aircrafts, history.

I. ÚVOD

Existuje mnoho publikácií, ktoré riešia tematiku vzdušných bojov vo vojnových konfliktoch alebo vývoja lietadlovej techniky, avšak žiadna z nich sa konkrétne nezaobrá vývojom výcviku pilotov na území Česka a Slovenska od začiatku lietania do súčasnosti. Okrem toho, je cieľom poznať

faktory, ktoré ovplyvňovali a ovplyvňujú výcvik a vývoj výcviku a pilotov. Motiváciou na spracovanie tejto témy je hlavne porovnanie výcvikov so súčasnosťou a charakteristika vtedajších výcvikových lietadiel.

Pre správne pochopenie problematiky bolo nutné zistiť, aký bol politický vývoj krajín od prvej svetovej vojny, cez medzivojnové obdobie až po druhú svetovú vojnu. Počas tohto obdobia sa zvrchovanosť krajín výrazne menila, a preto pochopenie vývoja štátov bolo kľúčom k poznaniu fungovania letectva.

II. SÚČASNÝ STAV

Ku koncu druhej svetovej vojny vznikla potreba vytvoriť medzinárodný legislatívny rámec civilného letectva. Preto na základe Chicagského dohovoru z roku 1944 vznikla Medzinárodná organizácia pre civilné letectvo ICAO, ktorá funguje od roku 1947 v legislatívnom rámci definovanom prílohami (Annexami) [2].

Predpisovým základom výcviku civilného leteckého personálu sa v povojnovom svete stal Annex 1. Záväzným dokumentom, ktorým sa riadia krajiny Európskej únie rozoberajúcim požiadavky na výcvik a vydávanie preukazov sú dokumenty JAR-FCL 1 a JAR-FCL 3 [3].

V súčasnosti je možné podľa spôsobu zabezpečovania výcvik v Európe rozdeliť na dve skupiny. Tými sú výcvikové centrá registrovanom zariadení – Registered Facility (RF) a schválená výcviková organizácia – Approved Training Organisation (ATO). V registrovanom zariadení RF, sa poskytuje výcvik iba po úroveň dosiahnutia licencie PPL. Samotná organizácia ATO poskytuje dva druhy výcvikov na dosiahnutie CPL. Jedným z nich je modulový výcvik, v ktorom pilot mohol dosiahnuť úroveň licencie PPL v inom výcvikovom centre. Ďalším druhom výcviku poskytovaným organizáciou ATO je integrovaný výcvik. Pilot v tomto výcviku začína s nulovým

náletom hodín, pričom presne danou postupnosťou získania licencie a kvalifikácii sa prepracuje až na určitú úroveň [3]. V Európskej únii sa výcvik, integrovaný alebo modulový, vykonáva na základe Nariadenia Komisie (EÚ) č. 1178/2011 dodatku 3 A. (integrovaný) a B. (modulový), v súlade s Nariadením Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/1139 [4].

III. METODIKA A METODOLÓGIA

Na zber údajov s cieľom odhaliť nové informácie alebo lepšie porozumieť téme sú používané výskumné stratégie - metódy výskumu nazývané aj „výskumné procedúry“. Materiály potrebné na túto prácu sme získali tzv. historickou procedúrou, ktorá „spočíva v štúdiu prameňov. Snaží sa zachytiť kontinuálny vývoj spoločenských javov, veľmi úzko súvisí s históriou.“ (Kazda, 1985, s. 22)

Ďalšie informácie sme získavali pomocou štúdia dokumentov. Dokumenty sú podľa Kazdu (1985, s. 24) „...z hľadiska výskumu trhu nezámerné zdroje informácií. Neboli vytvorené pre určitý výskum, a to ovplyvňuje prácu s nimi.“

IV. HISTÓRIA LETECTVA A VOJENSKÉHO VÝCVIKU

História letectva na československom území siaha až do 80. rokov 19. storočia, kedy stále prevládala myšlienka, že letectvo sa v budúcnosti bude zameriavať na lietadlá ľahšie ako vzduch. K Slovákom, ktorí sa počas tohto obdobia zaslúžili o rozvoj letectva patrili napríklad Aladár Zsélyi, Andrej Kvas alebo Michal Boťanský [9]. Viac sa v tom čase ale spomínal Jan Kašpar, ktorý dňa 13. mája 1911 vykonal let z Pardubíc do Prahy. Takýto prelet si vyžadoval dôkladnú prípravu trate a štúdium meteorologických podmienok. Po inžinierovi Kašparovi pokračoval vo vývoji letectva Eugen Čihák. V roku 1911 získala diplom pilota Božena Laglerová, čím sa stala jednou z prvých ženských pilotiek v celom Rakúsko-Uhorsku. V druhom desaťročí sa postupne začali rozoberať nové tematiky ako letecká navigácia, ktorá bola potrebná na vykonanie dlhších letov [8].

HISTÓRIA VOJENSKÉHO VÝCVIKU

Prvá svetová vojna patrí k jednému z prvých konfliktov, kedy sa do aktívneho boja zapojilo aj letectvo. Naše územie patrilo pod vládu Rakúsko-Uhorska, preto je logické, že českí a slovenskí aviatci, ktorí sa aktívne angažovali vo vojenskom letectve, bojovali v armádných zložkách *kaiserliche und königliche Luftfahrtruppen*, čo v preklade znamená cisárske a kráľovské vojenské letectvo (k. u. k. LFT) [11]. Výcvik počas prvej svetovej vojny na území Rakúsko-Uhorska prebiehal u tzv. *Flek (Fliegerersatzkompanien)*, čo boli jednotky využívané na výcvik pilotov k. u. k. LFT [12].

Československé letectvo oficiálne vzniklo až po založení samostatného Československého štátu, ktorého ministrom vojny mal byť M. R. Štefánik [14]. V roku 1918 bola založená Letecká škola a Pilotná škola pokračovacia v Prahe. Neskôr sa výcvik mladých vojakov presunul do Chebu, kde bolo v roku 1920, ku ktorému sa v roku 1925 pridalo aj Vojenské letecké učilište zriadené v Prostějove [15]. Jedným z najlepších výcvikových centier na slovenskom území bola Letecká škola, ktorá sa pôvodne nachádzala v Piešťanoch. Neskôr bola

presunutá do nových priestorov v Trenčianskych Biskupiciach a posledné roky jej prevádzky prebiehali na letisku Sliač [17].

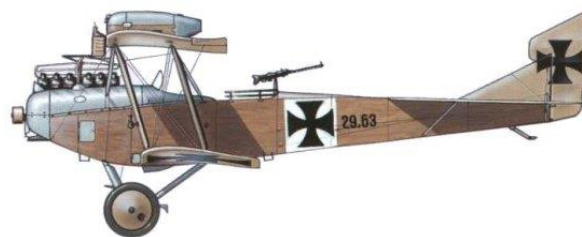
Výcvik československých pilotov sa odvíjal aj od politickej situácie, preto koniec spoločného výcviku vojenských pilotov nastal pri rozpade Československa. České územie bolo od roku 1938 okupované Nemeckom, ktoré sústreďovalo letecký výcvik Luftwaffe práve tu [16].

V. VLASTNOSTI LIETADLOVEJ TECHNIKY

RAKÚSKO-UHORSKO V PRVEJ SVETOVEJ VOJNE

Zo začiatku sa na výcvik v habsburskej monarchii používali iba rakúsko-uhorské lietadlá. Rakúsko značne zaostávalo v leteckom priemysle a samotné lietadlá nemali dostatočnú spoľahlivosť. Z tohto dôvodu bola kvalita výcviku limitovaná možnosťami, ktoré poskytovali jednomiestne lietadlá. Na elementárny výcvik sa používali lietadlá Etrich Taube, ktoré nevyžadovali náročnejšiu techniku pilotáže [11] [18].

Na pokračovací výcvik sa spočiatku používali lietadlá Lohner. Konkrétne sa jednalo o typy B, ktorých počet bol najväčší a ďalej to boli typy C, E a D. Jednotlivé typy lietadiel sa odlišovali svojím doletom alebo zvýšenou maximálnou povolenou hmotnosťou letúna [11] [19].



Obrázok 1: Hansa-Brandenburg C. I [Zdroj: <https://riseofflight.com/forum/topic/6139-new-planes/>]

Tabuľka 2: Prehľad výcvikových lietadiel používaných Slovenským štátom a nemeckou Luftwaffe [Zdroj: Autor]

MEDZIVOJNOVÉ OBDOBIE			
1918-1924	1924-1928	1928-1934	1934-1939
Š-2	Š-18	Š-16	E-39
Š-4	Š-118	Š-118	E-41
B-3	Š-218	Š-218	E-241
Brandenburg B.I	A-11, Ab-11, Ab-111	BH-33	A-211
Brandenburg C.I	A-21, A-25, A-125	E-41	B-534
Albatros B.II	BH-9	BH-21	Š-328
	BH-21		Ba-122
	BH-22		Bš-122

Neskôr sa Rakúsko-Uhorsko rozhodlo začať používať aj nemecké lietadlá, vďaka čomu sa tiež skvalitnil výcvik. Používali sa lietadlá ako Albatros, Aviatik, Hansa-Brandenburg alebo Fokker. Zaradenie lietadla Albatros B.I prinieslo do výcviku výhodu dvojmiestneho riadenia. Následne boli nahradené o niečo modernejšími, neskôr najpoužívanejšími lietadlami rakúsko-uhorského letectva, Branderburgami (B.I a C.I) [19].

VÝVOJ LIETADLOVEJ TECHNIKY V MEDZIVOJNOVOM OBDOBÍ

Letectvo po prvej svetovej vojne prechádzalo veľkým konštrukčným vývojom a posúvalo sa vpred. Za rozvojom nezaostávalo ani Československo, ktoré sa inšpirovalo celosvetovým vývojom [14].

Spočiatku sa na základný výcvik pilotov používali dvojplôšniky zdedené po Rakúsko-Uhorsku. Jednalo sa o lietadlá

Brandenburg B.1, na ktorých veľké množstvo pilotov začínalo svoj prvý výcvik. S vývojom technológie, nahradili lietadlá v elementárnom a pokračovacom výcviku stroje spoločnosti Praga [14].

Jednou z troch hlavných spoločností produkujúcich lietadlá v tomto období bola Avia. Tá sa okrem iných lietadiel, používaných nielen na výcvik, zaslúžila aj o výrobu jedného z najpoužívanejších stíhacích lietadiel, B-534. To sa okrem medzivojnového obdobia používalo aj Slovenskými vzdušnými silami počas druhej svetovej vojny. Spoločnosť Letov, ďalšia z troch hlavných konštruktérskych firiem, počas obdobia prevádzky letúna B-534 vyvinula skvelý projekt ľahkého bombardovacieho letúna Š-328. Po zastaraní tejto lietadlovej techniky boli nahradené úspešným cvičným lietadlom Praga E-39, navrhnutým Pavlom Benešom a Miroslavom Hajnom. Posledná z hlavných spoločností bola firma Aero, ktorá sa okrem zjednotenia československej flotily lietadiel pri vzniku Československého letectva, zaslúžila o rôzne typy lietadiel, ktoré boli používané ako v letkách, tak aj v cvičných strediskách. Jednalo sa o viacmotorové lietadlá ako modely A-304, lietadlá určené na nočný výcvik (A-211), alebo iné prieskumné alebo bombardovacie lietadlá [14].

PROTEKTORÁT ČECHY A MORAVA

Okrem niektorých lietadiel československej produkcie, ktoré nemecká Luftwaffe používala na výcvik sa používali lietadlá nemeckých konštrukčných spoločností. Spomedzi všetkých lietadiel, ktoré sa používali v pilotných školách, existovali aj lietadlá nemeckých konštruktérov, ktoré sa vyrábali českými spoločnosťami. Elementárny výcvik bol rozdelený na lietadlá do maximálnej vzletovej hmotnosti (MTOW) 500 kg a na lietadlá s MTOW do 1 000 kg. V pokračovacom výcviku sa využívali lietadlá s MTOW do 2 500 kg. Tu sa tiež používali niektoré lietadlá, ktoré boli navrhnuté v Nemecku a vyrobené v Protektoráte [16].

SLOVENSKÝ ŠTÁT

Výcvikové centrá sa počas druhej svetovej vojny spoliehali na československé lietadlá navrhnuté počas medzivojnového obdobia. Ku koncu vojny sa na nemeckom území slovenskí piloti preškoľovali na nemecké stroje ako boli Messerschmitt Bf 108. Ministerstvo národnej obrany sa muselo spoliehať na nákup lietadiel zo zahraničia. Typy lietadiel, ktoré boli používané Vzdušnými zbraňami, patriace bývalému Československu, sa nachádzali na území Protektorátu a po ich nákupe boli prevezené na územie Slovenského štátu. Takýmto spôsobom sa na územie Slovenského štátu dostali modely ako Š-

328, B-534, Ba-122, Bš-122, E-241 alebo E-39. Lietadlo Arado AR 96 neskôr slúžilo na prípravu pilotov na

nemecký model lietadla Messerschmitt Bf 109 [17]. Okrem československých lietadiel sa ku koncu vojny na výcvik využívali aj nemecké modely ako Heinkel He 72 alebo Klemm Kl 35D [1].

Tabuľka 2: Prehľad najpoužívanejších výcvikových lietadiel v medzivojnovom období [Zdroj: Autor]

SLOVENSKÝ ŠTÁT 1939-1945	NEMECKO 1939-1945
E-39	Kl 35
E-41	Ar 96
E-241	Fw 44
B-534	BF 108
Š-328	He 45, 46, 50, 51
He 111	He 70
Ar 96	He 111
Kl 35	Ju 68, 88
Bf 109	Bü 131D
Ba-122	Siebel 204D
Bš-122	

VI. POŽIADAVKY NA PILOTOV**PRVÁ SVETOVÁ VOJNA**

Zo začiatku sa pilotmi mohli stať dobrovoľníci, ktorí spĺňali vek do 26 rokov a hmotnosť do 80 kg. Neskôr sa mohli hlásiť už aj dôstojníci a poddôstojníci v zálohe, pričom už aj v tejto dobe musel vojak prejsť dôkladnou zdravotnou prehliadkou. Pre dosiahnutie pozície dôstojníka sa vyžadovalo dokončené stredoškolské vzdelanie a ak táto podmienka nebola dosiahnutá, žiadateľ dosiahol iba stupeň poddôstojníka. Štruktúra habsburského letectva bola až nevídane prísna a nepodporovala žiadne povýšenie poddôstojníkov na najnižšiu možnú hodnosť dôstojníka [11].

Príprava v oblasti praktického lietania a vôbec príprava v rakúskych výcvikových centrách nedokázala pilotov dostatočne pripraviť na manévry vo vzdušnom boji. To častokrát vyústilo do mnohých leteckých nešťastí, ktorým by sa v tej dobe dalo jednoducho predísť. Výcvik trpel nedostatočným počtom skúsených pilotov, ktorí by boli schopní ďalej odovzdať svoje vedomosti o núdzových situáciách [11].

MEDZIVOJNOVÉ OBDOBIE

Pri žiadosti o prijatie k Československému letectvu v na začiatku medzivojnového obdobia musel žiadateľ ako prvé predstúpiť žiadateľ pred komisiu, ktorá sa skladala zo starších pilotov. Hlavným dôvodom rozhovoru s komisiou bolo presvedčiť sa o hlbšom vzťahu žiadateľa k letectvu a oboznámenie sa s nárokmi. Ak žiadateľ prešiel rozhovorom, podstúpil prísnu lekársku prehliadku. Po úspešnej lekárskej prehliadke žiadateľ absolvoval poddôstojnícku školu, ktorá trvala niekoľko mesiacov a až potom bol žiadateľ zaradený do pilotnej školy. Výcvik najprv začínal teoretickou prípravou, na konci ktorej boli žiaci podrobení prísny skúškam. Po úspešnom absolvovaní týchto skúšok mohli začať s praktickým výcvikom [20].

Žiadatelia prijímaní do radov letectva v 30. rokoch 20. storočia museli byť českej alebo slovenskej národnosti.

Základnou podmienkou pri prijatí bola plná štátna spoľahlivosť a dokonalé ovládanie jazyka - slovenčiny alebo češtiny. Čo sa týka prijatia, muži s trojročnou školskou dochádzkou v strednej alebo meštianskej škole vo veku 17 až 20 rokov mohli byť prijatí do Školy pre odborný dorast letectva. Výcvik sa delil na pozemný personál a pilotov, pre ktorých sa požiadavky odlišovali. Piloti museli byť plne zdravotne spôsobilí a ich škola trvala dva roky. Na pozemný personál neboli kladené prísne zdravotné požiadavky, ale vyžadovalo sa nadobudnutie vzdelania v príbuznom obore. Po prijatí nasledovala teoretická príprava a namáhavý poľný výcvik. Po úspešnom zvládnutí sa mohli absolventi pozemného personálu zdokonaľovať v dielňach, z kadiaľ prešli priamo k letkám a piloti pokračovali do leteckého výcviku [14].

LUFTWAFFE

Počas druhej svetovej vojny na mieste pilotov, ktorí sa zúčastňovali v leteckých bojoch na strane Luftwaffe, sa zúčastnili aj českí a slovenskí piloti. Po dovŕšení 21 rokov sa muži stávali ríšskymi príslušníkmi a museli narukovať do armády [21].

Všetci žiadatelia museli prejsť základnými testami, kedy sa skúšala aj fyzická spôsobilosť na lietanie [22]. Testovalo sa aj všeobecné vzdelanie, kde mali mladí budúci piloti písať o Hitlerovi a o veciach týkajúcich sa Nemecka, čo žiadateľom s českým zázemím spôsobovalo značné problémy [21].

Po zvládnutí testov sa prešlo na fyzickú prípravu, ktorá trvala približne šesť mesiacov. Počas tejto doby sa piloti učili základným vojenským výcvikom ako ovládať zbraň, alebo peším nácviikom. Počas dvoch ďalších mesiacov sa vyučovala teoretická príprava leteckých predmetov [21]. Po úspešnom absolvovaní týchto fáz, bývali vojaci posielaní do leteckých škôl. Od roku 1941 sa však príprava zmenila. Najprv bola doba prípravy skrátaná na 2 mesiace, no po tom čo sa zistilo, že sa jedná o veľmi krátku dobu, počas ktorej nie je možné zistiť, či je aspirant vhodný stať sa pilotom, sa táto doba predĺžila na tri až štyri mesiace [22].

SLOVENSKÝ ŠTÁT

Po vytvorení samostatného Slovenského štátu roku 1939 bolo nutné urýchlene vytvoriť vlastnú armádu aj samostatné letectvo. Vzdušné sily po odchode českých príslušníkov čelili nedostatku pilotov, preto Ministerstvo národnej obrany organizovalo niekoľko kurzov na výcvik pilotov, ktorí už predtým absolvovali výcvik [17].

Žiaci, ktorí sa uchádzali o letecký výcvik najprv nastúpili do vojenskej základnej služby, po ktorej museli absolvovať namáhavé psychické a fyzické testy. Po úspešnom absolvovaní prvej časti boli priradení na piešťanské letisko do Pilotnej školy Cvičnej letky, kde začali s elementárnym výcvikom. Piloti Vzdušných síl museli na školách absolvovať peší výcvik, museli dodržiavať požadovanú disciplínu na cvičiskách, poriadok na útvaroch Slovenských vzdušných síl, podrobili sa telesnej výchove a museli sa vhodne prezentovať v spoločnosti [17].

VII. POROVNANIE OSNOV, VÝVOJA VÝCVIKU

ZAČIATKY VÝCVIKU

Na území Čiech sa poskytovanie prvého výcviku datuje do roku 1913, kedy na letisku v Pardubicích vzniklo jedno z prvých miest, kde sa poskytoval výcvik. V tom čase neexistovali dvojmiestne lietadlá, preto žiak sedel v lietadle sám a inštruktor naňho mohol iba dohliadať zo zeme, popri prípade pokúsiť sa na žiaka zakričať. Tréning zväčša začínal na vyradenom stroji, kde sa žiak učil manévrovať s lietadlom na zemi. Výcvik ďalej pokračoval simulovanými skokmi do vzduchu a hlavnou úlohou bolo zvládnuť vzlet a neskôr aj zatáčku. Cieľom pri týchto úlohách bolo pristáť s lietadlom bez poškodenia, čo v tej dobe predstavovalo najväčšiu výzvu [23].

V tomto období piloti, ktorí sa ďalej chceli zdokonaľovať v technike pilotáže väčšinou absolvovali výcvik v zahraničí. Takýto piloti mohli žiadať o vykonanie skúšky, kde museli prezentovať svoje teoretické aj praktické zručnosti, na čo im následne mohol byť vydaný medzinárodný diplom pilota FAI-Rakúsko. Rovnaký priebeh získania preukazov ďalej fungoval aj počas prvej svetovej vojny [8].

PRVÁ SVETOVÁ VOJNA

Výcvik bol vo veľkej miere ovplyvnený stavom lietadlovej techniky a tiež počasím. V priebehu prvej svetovej vojny sa lietalo sa v skorých ranných hodinách alebo neskôr večer, kedy bola rýchlosť vetra najnižšia [18].

Výcvik sa vykonával v tzv. náhradných skupinách *Flek*, ktoré sa v ďalších rokoch začali rozlišovať podľa poskytovania výcviku. Výcvik sa poskytoval v troch stupňoch, čo odpovedá elementárnemu, pokračovaciemu a stíhaciemu výcviku [11].

Na začiatku výcviku sa frekventant iba zoznamoval s lietadlom a to tým, že pracoval ako pomocník. Prvými úlohami žiakov bolo rolovanie lietadla, teda naučiť sa bezpečne ovládať prístup motora. Po zvládnutí udržania smeru lietadla sa prešlo na tzv. malý skok, kedy sa pilot učil hlavne pristávaniu. Po dokonalom zvládnutí tohto prvku sa prešlo na cvičenie tzv. veľkého skoku, ktorý v tej dobe predstavoval samotný let. Piloti, ktorí nespôsobili väčšiu škodu na lietadle boli vybraní pokračovať v nasledujúcich úlohách, kedy sa preškolili na lietadlo Lohner a vykonávali lety vo vyšších výškach (1 000 m). Tieto úlohy predstavovali elementárny výcvik a po jeho zvládnutí mohol žiak absolvovať skúšky na získanie diplomu pilota a priradiť sa na vojnový front [18].

Pokračovací výcvik spočíval v kvalitnejšej príprave pilotov. Piloti boli pripravovaní na dokonalejších lietadlách a vykonávali lety vo vyššej výške (do 3 000 m), trénovali núdzové pristátia, alebo lietali navigačné lety s pristátím na inom letisku. Je ale nutné dodať, že pokračovacie letecké školy vznikali na prelome roku 1916 a 1917. Pád do vývrtky, pokles rýchlosti z nepozornosti, sklz alebo výklz boli všetko situácie, ktoré vtedy ani vycvičení a skúsení piloti nevedeli zvládnuť [18].

VÝVOJ VOJENSKÉHO VÝCVIKU MEDZIVOJNOVOM OBDOBÍ

Výcvik pilotov bol aj v tomto období rozdelený do troch fáz, pričom každá časť výcviku bola zabezpečovaná vlastným personálom s leteckou technikou. Prvým stupňom výcviku bol elementárny výcvik, ďalšou fázou bol výcvik pokračovací a posledný stupeň, ktorý mohol žiak dosiahnuť bol pilotný výcvik na stíhacom lietadle [20].

Počas elementárneho výcviku piloti trénovali techniku pilotáže, ktorá pozostávala z ľahších manévrov typu klesanie, stúpanie, zatáčky a let po okruhu, no trénovali aj vývrtky a pády alebo navigačné lety. Takýto výcvik trval približne 30 až 35 letových hodín [20] [14].

Pokračovací výcvik bol rozplánovaný do približne 30 hodín. Zo začiatku bola táto časť výcviku zameraná na odstránenie zlovykov, kedy sa neúnavne cvičili základné prvky ako napríklad lety po okruhu, pristátia a riadenie zo zadného miesta, alebo navigačné lety s pristátiami na neznámych letiskách. Po absolvovaní prvých úloh pokročilejšieho výcviku, nasledovali akrobatické prvky, ktoré pozostávali z pravotočivých a ľavotočivých špirál. Zároveň sa počas preletov začal používať magnetický kompas. V pokročilejšej fáze tohto výcviku piloti taktiež trénovali pristátie na znamenie, obranné prvky a lety vo formáciách [10].

Najvyšším stupňom výcviku bol výcvik stíhací. V počiatočných fázach výcviku piloti trénovali zatáčky, pády a okruhy, no neskôr sa pridali akrobatické prvky ako výkruty a vývrtky, súvrat, premet a zvrat. Škola a jej inštruktori dbali na to, aby piloti dokonale poznali svoje lietadlá a aby boli schopní ovládať lietadlo vo všetkých polohách. Pilot na záver musel predviesť samostatný akrobatický let pred komisiou a po úspešnom zakončení mu bol udelený preukaz stíhacieho pilota [10].

V polovici 30. rokov 20. storočia sa výcvik sprísnil. Výcvik sa zmenil tým spôsobom, že piloti po odlietaní základného výcviku museli absolvovať nadstavbu, ktorá predstavovala podrobnú teoretickú prípravu a až po nej sa mohli pridať k aktívnej službe. Pozostávala z rôznych kurzov materiálnej časti lietadla, vďaka ktorým žiak získal vedomosti o samotnom lietadle, jeho častiach, palubnej doske a prístrojmi, ovládacích prvkoch a tiež sa naučil vykonávať motorovú skúšku. Po absolvovaní všetkých teoretických príprav, boli piloti pripravení začať svoje prvé lety s inštruktorom na palube. Pokračovací výcvik sa vykonával bez rádia, iba za použitia mapy, preto sa od žiakov vyžadovala dokonalá priestorová orientácia [10].

DRUHÁ SVETOVÁ VOJNA

Prvá Československá republika sa pred druhou svetovou vojnou rozpadla a rozdelila na samostatný Slovenský štát a Protektorát Čechy a Morava. Keďže sa od tohto roku jednalo o dve rozdielne krajiny, výcvik pilotov prebiehal v období druhej svetovej vojny na ich území nezávisle.

Územie Čiech a Moravy bolo od 1. októbra 1938 okupované nacistickým Nemeckom a existujúci letecký priemysel, materiál a letiská boli primárne využívané na výcvikové alebo školné zariadenia nemeckej Luftwaffe. Výcvik

opäť prebiehal v niekoľkých stupňoch. Pilotné školy poskytovali elementárny a pokračovací výcvik (A/B), školy pre výcvik na viacmotorových lietadlách (C) a školy pre lietanie bez viditeľnosti (BFS). Po tom, čo piloti absolvovali tieto výcviky, pokračovali do Luftkriegsschule tzv. vojnovéj leteckej školy, kde sa ďalej takticky pripravovali a preškoľovali. Pokračovaním už bolo len špeciálne operačné školenie, ktoré prebiehalo mimo územia Protektorátu [16]. Výcvik sa začínal prednáškami základných leteckých predmetov a po tejto príprave začal praktický elementárny výcvik (A1). Pre dosiahnutie vyššieho stupňa výcviku (A2), musel žiak ovládať ďalšie letecké predmety. Stupeň B, teda pokračovací výcvik, sa už lietal na výkonnejších lietadlách a po dokončení týchto modulov mali piloti nalietaných približne od 100 do 150 letových hodín. Stupeň C, teda lietanie na viacmotorových lietadlách, trval približne 50 až 60 letových hodín, ktoré boli rozvrhnuté do 6 mesiacov a výcvik pre lietanie bez vonkajšej viditeľnosti trval približne do 60 letových hodín. Vycvičený pilot stíhacieho lietadla alebo bombardéru ukončil výcvik po približne po celkom 150 až 200 hodinách odlietaných za 13 mesiacov [24]. Po roku 1942 musela Luftwaffe pozmeniť svoje výcvikové plány a piloti boli posielaní do boja po 112 hodinách výcviku [25].

Výcvik na Slovensku začínal základným výcvikom, v ktorom frekventanti museli najprv absolvovať teoretickú prípravu. Ďalej pokračoval letmi s inštruktorom na palube, počas ktorých sa cvičili vývrtky a predtým ako pilot mohol vykonať samostatnú vývrtku, musel v samostatnom lete ovládať zatáčky, kľzavý let a špirálu [17].

V pokračovacom výcviku bol najdôležitejším prvkom správne zvládnutie a dokonalé ovládanie techniky pilotáže. Nacvičovali sa komplikovanejšie a náročnejšie manévry ako voľné pády, premetry, dvojité vývrtky a súvraty. Výcvik dokopy trval až 32 letových hodín, kedy frekventanti mohli nalietat až 265 letov [17].

Počas stíhacieho výcviku si piloti zlepšovali techniku pilotáže, trénovali strelbu na pozemný cieľ, bombardovanie, orientačné lety a lety v skupine. V prvej fáze si zdokonaľovali prevedenie akrobatických manévrov, čo ich pripravilo na skupinové lety v rojoch alebo skupinách (stupňovite, v prúde, v rade alebo v šípe). V druhej časti stíhacieho výcviku sa trénovali skupinové manévry počas priamočiareho letu alebo v zatáčke. Mimoriadny dôraz sa kládol na dodržiavanie tvaru a plynulých pohybov pri ostrých zatáčkach. Taktiež sa cvičil bojový výcvik stíhacích skupín, počas ktorého sa piloti učili rýchlemu štartu a pristátiu, určovaniu cieľov a nepriateľov a lietaniu v malých výškach. Piloti sa učili v spolupráci a útokoch na viacmiestne lietadlá, útokoch na stíhačov, vyhýbaníu sa strelbe a hlavne neustálemu sledovaniu vzdušného priestoru. V priemere pilot v tomto výcviku odlietal za 35 hodín pri približnom počte 200 letov [24] [25].

VIII. ZÁVER

Každé obdobie sa vyznačovalo problémami, ktoré muselo riešiť, aby dosiahlo čo najlepšiu prípravu pilotov. Kvalita výcviku sa odvíjala hlavne od stavu a pokroku lietadlovej techniky, ktorá spôsobovala limitácie hlavne vo výcviku počas prvej svetovej vojny.

Situácia sa podstatne zlepšila s koncom prvej svetovej vojny a založením Československého letectva. Stavalo sa na skúsenostiach vojakov - pilotov, ktorí sa zaslúžili o prvotný vývoj letectva v medzivojnovom období. Výcvik, na rozdiel od výcviku v prvej svetovej vojne, obsahoval kvalitnú teoretickú prípravu, ktorá dostatočne pripravila pilotov, už pred ich prvým vzletom. Postupom času skvalitňovanie letúnov umožňovalo lietanie náročnejších manévrov, či už v elementárnom výcviku, alebo komplikovanejších akrobatických prvkov v stíhacom výcviku.

Výcvik sa v tomto období vyznačoval kvalitnou teoretickou prípravou a spoľahlivou leteckou technikou. Kým Slovenské vzdušné zbrane museli zo začiatku riešiť problémy s nedostatkami pilotov, Luftwaffe približne v polovici vojny začala urýchľovať výcvik, s čím prichádzali problémy s nedostatočne vycvičenými pilotmi posielanými do boja. Ku koncu druhej svetovej vojny prešlo od prvého samostatného letu bratov Wrightovcov necelých päťdesiat rokov a lietadlová technika sa v tejto dobe vyvinula od drevených dvojplôšnikov ku kovovej konštrukcii samonosných jednoplošnikov, na ktoré sa piloti mohli spoľahnúť od ich prvých letov.

Výcvik v každom období, či už počas vojny alebo v súčasnosti zodpovedá požiadavkám doby a ďalším požiadavkám. Ani dnes nie je vývoju výcviku koniec. Každým rokom pribúdajú úlohy a kurzy, ktorých cieľom je pripraviť pilota na skutočné situácie počas letu a ich najlepšie psychické a praktické zvládnutie. Aj keď v súčasnosti výcvik nepodlieha politickým požiadavkám do takej miery ako počas prvej polovice dvadsiateho storočia, existujú novodobé aspekty, ktorým sa musí prispôbovať. Týmto faktormi môžu byť neustále sa zlepšujúca lietadlová technika, moderná avionika, nové postupy a štandardy a ostatné činitele, ktoré prináša doba s počítačom riadeného lietadla.

Výcvik nemôže existovať bez podpory technikov, mechanikov a skúsených ľudí, ktorí zabezpečujú teoretickú prípravu a praktický výcvik. Od dôb poskytovania prvého výcviku už prešlo približne jedno storočie, ale jeho vývoj stále nie je a nebude na konci.

REFERENCIE

- [1] NOVÁK, A. – NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. *Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva*: VEGA 1/0274/08. Žilina: Žilinská univerzita, 2010. 129 s.
- [2] KAZDA, A. a kol. 2011. *Project AV-EDEN WP1 Pilot training system analyses*: výskumná správa. Žilina: University of Žilina, 2011. 45 s.
- [3] NARIADENIE KOMISIE (EÚ) č. 1178/2011: 2011, 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.
- [4] KAZDA, A. 1985. *Obchodná prevádzková činnosť: Vybrané state*. Bratislava: Alfa, 1985. 178 s.
- [5] TIBENSKÝ, J. a kol. 1988. *Priekopníci vedy a techniky na Slovensku 2*. Obzor, 1988, 1003 s.
- [6] ŠMOLDAS, Z. 1984. *Průkopníci českého letectví*. Hradec Králové : Kruh, 1984. 239 s.
- [7] RAJLICH, J. 2014. *Na křídlech světové války: Epizody ze života českých aviatiků v rakousko-uherském letectvu*. Cheb : Svět křidel, 2014. 711 s. ISBN 978-80-87567-48-7
- [8] HAUKE, E. 1988. *Die Flugzeuge der k.u.k. Luftfahrtruppe und Seeflieger, 1914-1918*. Graz : H. Weishaupt Verlag, 1988. 224 s. ISBN 978-3900310462
- [9] RAJLICH, J. – SEHNAL, J. 1993. *Vzduch je naše moře Československé letectví 1918-1939*. Praha : Naše vojsko, 1993. 192 s. ISBN 80-206-0221-6
- [10] ONDRUŠ, M. 2019. *VYSOKÁ VOJENSKÁ LETECKÁ ŠKOLA Slovenského národného povstania Košice*. [online]. Bratislava: Vojenský historický ústav Bratislava, 2019. 49 s. [cit. 2020.03.03] Dostupné na internete: <http://www.vhu.sk/data/files/1056_inventar-vvls-snp-kosice.pdf>.
- [11] RAJNINEC, J. 1997. *Slovenské Letectvo 1939-1944 1*. Bratislava : Ministerstvo obrany SR, 1997. 157 s. ISBN 80-88842-09-3
- [12] RAJLICH, J. 1997. *Mustangy nad Protektorátem: Operace britského a amerického letectva nad českými zeměmi a německá obrana*. Praha : MBI, 1997. 175 s. ISBN 80-902238-1-8
- [13] RAJLICH, J. 2014. *Na křídlech světové války: Epizody ze života českých aviatiků v rakousko-uherském letectvu*. Cheb : Svět křidel, 2014. 711 s. ISBN 978-80-87567-48-7
- [14] NĚMEC, R. 1932. Jak se prováděl výcvik pilotů za světové války. In *Vojenské rozhledy (časopis)*. ISSN 1805-7322, 1932, ročník 13, č. 3, s. 607-610. [cit. 2020-02-25] Dostupné na internete: <https://www.vojenskerozhledy.cz/images/archiv_voj_rozhledy/Prvni_republika/1932/VR-1932-Letecke_rozhledy_3_Jak_se_provadel_vycvik_pilotu.pdf>.
- [15] MURPHY, J. D. 2005. *Military Aircraft, Origins to 1918: An Illustrated History of Their Impact (Weapons and Warfare)*. s.l. : ABC-CLIO, 2005. 319 s. ISBN 978-1-85109-488-2
- [16] RAJLICH, J. – SEHNAL, J. 1991. *Slovenští Letci 1939-1945*. Kolín : Kolínské noviny, 1991. 64 s.
- [17] STARÝ, B. 1927. Výcvik vojenských pilotů. In *Letecké (časopis)*. ISSN 1805-7365, 1927, ročník 3, č. 3, s. 8-12. [cit. 2020-02-19] Dostupné na internete: <<http://www.digitalniknihovna.cz/dsmo/view/uuid:ba124a54-a3f3-4ead-9db7-929606afb573?page=uuid:8d44923e510f-11e7-ae0d-005056b73ae5>>.
- [18] RAJLICH, J. – PEJČOCH, I. 2012. *Dva Walterové: Příběhy dvou československých občanů, sloužících jako piloti Luftwaffe*. Cheb : Svět křidel, 2012. 116 s. ISBN 978-80-87567-22-7
- [19] STEDMAN, R. 2012. *Jagdflieger: Luftwaffe Fighter Pilot 1939-45*. s.l. : Osprey Publishing, 2008. 64 s. ISBN 978-1-84603-167-0
- [20] HLOUCAL, A. *Vyhodnocení technicko-ekonomických parametrů letounů pro výcvik pilotů PPL(A)* [Bakalárska práca online]. Brno, 2008. 34 s. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. [cit. 2020.02.24] Dostupné na internete: <http://hdl.handle.net/11012/1229>.
- [21] DUDA, Z. M. 1993. *Velitel stíacího letectva*. Praha : Naše Vojsko, 1993. 219 s.

- [22] WW2 Weapons. Pilot Training of the Luftwaffe [online]. Dostupné na internete: <https://ww2-weapons.com/pilot-training-of-the-luftwaffe/> (citované 2020-03-16)
- [23] WW2 Weapons. Pilot Training mid- and late-war [online]. Dostupné na internete: <https://ww2-weapons.com/pilot-training-mid-and-late-war/> (citované 2020-03-16)
- [24] 1940. *Smernice pre výcvik stíhacieho letectva - praktické skúšky*. 2 s. Spis. Umiestnenie: Bratislava VHÚ, fond Ministerstva národnej obrany Slovenskej republiky 1939 - 1945, fondové oddelenie spisy dôverné 1940 - 1945, I. časť - 1940 - 1942, škatuľa 41, inventárne číslo 44, s. 24 - 26.
- [25] JANČEK, K. 1940. *Smernice pre základný a bojový výcvik stíhacieho letectva – vydanie*. 31 s. Spis. Umiestnenie: Bratislava VHÚ, fond Ministerstva národnej obrany Slovenskej republiky 1939 - 1945, fondové oddelenie spisy dôverné 1940 - 1945, I. časť - 1940 - 1942, škatuľa 41, inventárne číslo 44, s. 137 - 168.
- [26] NOVÁK, A., & MRAZOVÁ, M. 2015. Research of physiological factors affecting pilot performance in flight simulation training device. *Communications - Scientific Letters of the University of Žilina* 17(3), pages 103-107.
- [27] 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.

Kristína Beťková – narodená v Nitre, roku 2017 absolvovala Športové gymnázium v Nitre so zameraním na francúzsky jazyk, následne roku 2017 začala študovať na Žilinskej univerzite v Žiline odbor profesionálny pilot.

PREVÁDZKOVÉ POSÚDENIE LIETADIEL PILATUS PC-12 A BEECHCRAFT B-200 KING AIR

OPERATIONAL ASSESSMENT OF PILATUS PC-12 AND BEECHCRAFT B-200 KING AIR AIRCRAFT

Tomáš Biskupič

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
tomas.biskupic7@gmail.com

František Jün

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
jun@lvvc.uniza.sk

Abstract – The choice of topic and the beginning of its elaboration reflects the economic situation in Europe before the outbreak of the global pandemic of the COV-19 virus. The main goal of the bachelor thesis is to evaluate the positive development trend in the field of commercial aviation in connection with the use of rapid relocation of executives between companies, which leads to increase their efficient use of working time. For these purposes, we have selected the Pilatus PC-12 and Beechcraft King Air B-200GT (B-250), which are considered the most successful aircraft in this category. We assessed these aircraft not only from an operational but also from an economic point of view in connection with corporate aviation. The work is based on data given in the operating manuals of individual aircraft, professional articles and statistical data.

Key words – airplane, non-commercial operation, technical parameters, performance parameters, PC-12, Beechcraft King Air B-200, comparison.

I. ÚVOD

V rámci tejto bakalárskej práce sa zameriam sa na zhodnotenie aktuálneho stavu a špecifikácie trhu všeobecného letectva v Európe.

Ďalšou kapitolou budem opisovať technické a prevádzkové parametre lietadiel PC-12 NG a B-250 King Air. V tejto časti postupne rozoberiem základné charakteristiky letúna a jeho konštrukčné prvky, prístrojové vybavenie a možnosti jeho využitia pri rôznych úlohách, konfigurácie kabíny a alternatívnosť ich využitia.

Obsahom ďalšej kapitoly bude porovnanie maximálneho doletu pri optimálnych podmienkach v spojitosti s rýchlosťou, časom a tým aj spotrebou pohonných hmôt. Následne si stanovím vstupné podmienky ktoré budú pre obe lietadlá rovnaké, na základe ktorých vypočítam maximálny možný dolet.

V predposlednej kapitole vytvorím kalkuláciu na jednotlivé typy lietadiel, ktorá bude obsahovať obstarávanie, priame hodinové, ale aj fixné ročné náklady na prevádzku pri vopred stanovenej a predpokladanej ročnej hodinovej využiteľnosti lietadla.

Na záver zhodnotíme všetky kritéria, technické parametre a ekonomické ukazovatele ktoré následne vyhodnotíme a zostavíme odporúčanie.

II. VŠEOBECNÉ LETECTVO

General Aviation alebo inak všeobecné letectvo je na základe definície ICAO podskupinou civilného letectva. Civilné letectvo sa skladá z komerčnej leteckej prevádzky, leteckých prác a všeobecného letectva. Pod pojmom všeobecné letectvo sú chápané všetky operácie v rámci letectva iné ako pravidelná letecká doprava, nepravidelná letecká doprava za úhradu alebo prenájom a letecké práce.

Podskupinami všeobecného letectva podľa definície ICAO sú korporátne lety, letecké práce, poľnohospodárske a lesnícke lety, iné lety [1].

III. ŠTATISTICKÉ DÁTA OBCHODNÉHO LETECTVA V EURÓPE A NA SLOVENSKU

Podľa posledných štatistických údajov Európskej asociácie obchodného letectva (EBAA) sa prevádzka obchodných letov zvýšila o 2 % v roku 2018 v porovnaní s rokom 2017. Tento pozitívny trend je spôsobený nárastom počtu obchodných letov najmä v Západnej Európe. Najväčší nárast v pozorovanom období je zaznamenaný v Čiernej Hore o 38,6 %. Najväčší pokles zaznamenalo Fínsko, ktoré sa prepadlo o 9,4 %.

Dôležitým štatistickým ukazovateľom je podiel obchodného letectva v počte prepravených pasažierov v krajine. V tomto ukazovateli skončilo Slovensko v roku 2018 na prvom mieste s podielom 18,7 %. Tento vysoký pomer je spôsobený štruktúrou a vlastníctvom podnikov v našej krajine a vo všeobecnosti otvorenou ekonomikou. Celkový nárast obchodných letov bol v roku 2018 1,7 %. Najmenší pomer

v obchodnom letectve má Albánsko ktoré je známe práve najuzatvorenejšou ekonomikou v rámci Európy a to 2,3 %.

V roku 2018 bolo na Slovensku zaznamenaných spolu 7296 pohybov. Z celkového počtu letov bolo 81,4 % v rámci Európy, 14,1% vnútroštátnych a 4,5% mimo-európskych [2].

IV. VYUŽITEĽNOSŤ LIETADIEL PILATUS PC-12 A BEECHCRAFT B-200 KING AIR V EURÓPE

V roku 2018 bolo uskutočnených 172 562 obchodných letov s využitím turbovrtuľových lietadiel čo predstavuje 23 % z celkového počtu obchodných letov v rámci Európy. Priemerná vzdialenosť letu bola 456 kilometrov. Priemerná dĺžka letu bola 1:30 hodiny [2].

Tabuľka 1: Štatistické údaje za rok 2019 v rámci Európy pre lietadlá B-200 King Air a PC-12 [2]

	B-200 King Air	PC-12
Počet pohybov	100 022	77 602
Počet lietadiel	191	207
Medziročný nárast	-1,4 %	+ 0,6 %
Priemerný rok výroby	1991	2012
Spojenie letísk	840	1011
Priemerná vzdialenosť (km)	350	503
Priemerná doba letu (h:min)	0:56	1:19

V. PILATUS PC-12

Pilatus PC-12 NG je jednomotorové, turbovrtuľové, celokovové, jednopilotné, obchodné lietadlo navrhnuté tak, aby spĺňalo výkonnostné a bezpečnostné kritéria podobné dvojmotorovým letúnom tej istej kapacitnej triedy. Lietadlo disponuje masívnym a spevneným elektro-mechanickým zaťažovacím trojbodovým podvozkom s jedným kolesom na každej podvozokovej nohe, čo umožňuje letúnu vzlet a pristátie na nespevnených vzletovo-pristávacích dráhach. Predná podvozková noha je vybavená tlmičom bočných kmitov. Pohon zabezpečuje turbínový motor Pratt & Whitney PT6A-67P s výkonom 1200 konských síl v spojení s vrtuľou HC-E4A-3() od spoločnosti Hartzell Propeller Ing. Toto lietadlo je vyvinuté a naprojektované na prepravu najmä obchodných pasažierov v rámci všeobecného letectva alebo ako súkromný letún vhodný na všestrannú prevádzku s vnútro-kontinentálnym doletom. Daný typ lietadla sa v Severnej a Strednej Amerike využíva aj na regionálnu civilnú leteckú dopravu, keďže pri maximálnom kapacitnom usporiadaní kabíny je schopný poňať až 9 pasažierov. V štandardnom usporiadaní prepraví lietadlo 6 pasažierov. Veľmi dôležitou úlohou, ktorú spĺňa najmä v Austrálii je konfigurácia na prepravu pacientov. V tejto konfigurácii má obsluhujúci personál možnosť previezť dvoch pacientov spolu s potrebným zdravotníckym vybavením. Pri odstránení interiéru určeného na prepravu osôb môžeme vďaka kompaktným rozmerom kabíny a mohutným nákladovým dverám dostať priestor určený na prepravu nákladu s celkovým obsahom 9,344 m³ a užitočným

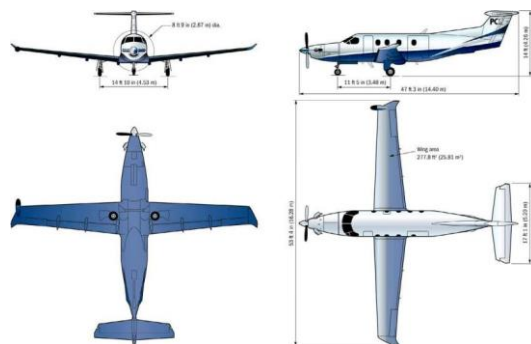
zaťažením do 1500 kilogramov. Pre neštandardné účely je lietadlo využívané v armáde alebo záchranných zložkách, pričom sa vybaví špeciálnymi zariadeniami. Lietadlo je plne pretlakované na 5,8 psi, a preto môže letieť vo výškach do 30000 stôp. Pneumatické odmrazovanie inštalované na nábežných hranách krídel a kýlu a elektrické odmrazovanie vrtule pomocou odporových drôtov umožňuje lietadlu lietať v známych podmienkach námrazy. Keďže na mieste štandardného umiestnenia meteorologického radaru sa nachádza motor, konštruktéri ho umiestnili na koniec krídla pred nábežnú hranu [3].

CAT SET IMC

Mieru bezpečnosti jedno-motorových turbovrtuľových lietadiel potvrdzuje fakt, že na základe nariadenia Komisie EÚ č. 2017/363 z 1. marca 2017, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie EÚ č. 965/2012, je umožnená komerčná prevádzka jedno-motorových turbovrtuľových letúnov v noci alebo za meteorologických podmienok podľa prístrojov. Toto nariadenie je taktiež známe pod označením CAT SET IMC. Týmto sa otvorili možnosti pre široké uplatnenie týchto lietadiel [5].

ROZMERY, ŠPECIFIKÁCIE A VÝKONNOSŤ PC-12 NG

- Posádka 1 (2)
- Kapacita max. 9 Pax
- Dĺžka 14,40 m
- Rozpätie 16,28 m
- Výška 4,26 m
- Rázvor hlavného podvozku 4,53 m
- Priemer vrtule 2,67 m
- Plocha krídla 25,81 m²
- Prázdna hmotnosť 2 810 kg
- Max. vzletová hmotnosť 4 740 kg
- Max. pristávacia hmotnosť 4 500 kg
- Max. zaťaženie bez paliva 4 100 kg
- Kapacita paliva 1 226 kg (1 521 l)
- Užitočné zaťaženie s plným palivom 446 kg
- Typ paliva JET A1
- Spotreba paliva (FL300) 240-250 l/h [3]



Obrázok 1: Rozmery lietadla Pilatus PC-12 NG [3]

- Max. cestovná rýchlosť 528 km/h (285 KT)
- Pádová rýchlosť 124 km/h (67 KT)
- Dolet 3 417 km (1 845 NM)
- Maximálny dostup 9 144 m (30 000 ft)
- Stúpavosť 9,75 m/s (1 919 ft/min)
- Min. dráha vzletu do 15 m 793 m (2 602 ft)
- Min. dráha pristátia z 15 m 661 m (2 169 ft)

AVIONIKA

Pilotná kabína lietadla PC-12 NG je vybavená sofistikovaným vybavením od spoločnosti Honeywell. Komplexnú zástavbu letových a navigačných prístrojov tvorí štvorica ergonomických digitálnych obrazoviek na princípe tekutého kryštálu s vysokým rozlíšením ktorých jadro tvorí systém Primus Apex. Ten tvoria dva základné letové displeje (PFD) a dva multifunkčné displeje (MFD) špeciálne navrhnuté pre potreby jedno-motorových jednopilotných turboprotolových lietadiel ktoré dopĺňa FMS. Kompletné vybavenie pilotnej kabíny je závislé od požiadaviek a preferencií klienta.

Štandardným vybavením základných letových displejov je Honeywell iPFD, ktoré podporuje možnosť SmartView Synthetic Vision s pokročilou symbolikou zahrňujúcu 3D zobrazenie terénu, vedenie na priblíženie, traťové vedenie, upozornenie na okolitý terén, vizuálne zobrazenie pristávacej dráhy.

Multifunkčné displeje zahrňajú lietadlové systémy, bezpečnostné senzory a navigačné informácie ktoré znižujú pracovné zaťaženie pilotov a zvyšujú bezpečnosť. MFD podporujú interaktívnu navigáciu (INAV) a grafické plánovanie letu, digitálne príletové, odletové a približovacie live mapy, nastavovanie rádia a meteorologické synoptické mapy spolu s grafickým zobrazením výnosu z meteorologického radaru.

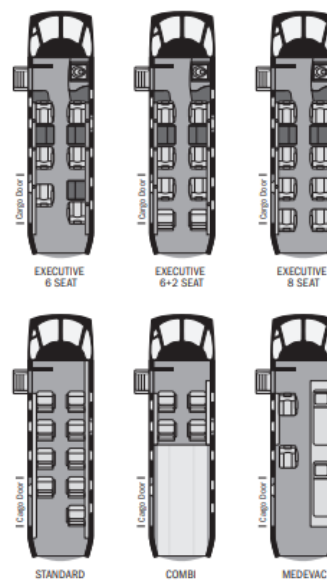
FMS podporuje a prepája rozsiahlu navigačnú databázu, grafický INAV systém a plánovanie, primárne a sekundárne letové plány, presné a nepresné priblíženia, SID/STAR príletové a odletové trate, WAAS/LPV a plná komplementácia RNP priblížení. V balíčku Elite nájdeme nasledovné navigačno-prevádzkové systémy a zariadenia: TCAS I, TAWS trieda B, bezdrôtové pripojenie na internet, Stormscope, RVSM, zdvojená VNAV, ADS-B Out, DME, ADF, CPDLC, Data Link a iné [3].

KABÍNA A USPORIADANIE INTERIÉRU

Lietadlo Pilatus PC-12 NG ponúka medzi lietadlami svojej kategórie jednu z najrozmernejších pretlakových kabín. Lietadlo disponuje dvoma vstupnými dverami, obe na ľavej strane a jedným núdzovým východom na pravej strane. Prvé sa nachádzajú v prednej časti trupu pred krídlom. Tieto slúžia na nástup a výstup pasažierov, a posádky. Ide o sklápacie dvere vybavené nástupnými schodíkmi. Druhé sa nachádzajú v zadnej časti trupu za krídlom. Ide o väčšie vyklápacie cargo dvere, ktoré umožňujú praktický prístup k batožinovému priestoru a tým aj urýchlenie nakládky a vykládky batožiny a nákladu. Vďaka tvaru trupu a vnútornej kabíny s rovnou podlahou je lietadlo veľmi rýchlo konvertovateľné podľa potrieb konkrétnej letovej činnosti. Nespornou výhodou tohto lietadla najmä na dlhé trasy, je samostatná plne uzatvárateľná splachovacia chemická toaleta, ktorá je zabudovaná v trupe ako modul [3].

V konfigurácii pre prepravu osôb je možné usporiadanie sedačiek v kabíne v rozmedzí 6 až 9 pasažierov. Typickým usporiadaním je 6 miestna konfigurácia alebo 8 miestna konfigurácia. Treba dodať, že v prípade 8 miestnej konfigurácie ide o plnohodnotné sedadlá. Výrobca ponúka dva typy sedačiek rôznej komfortnej triedy prioritne určených pre konfiguráciu na prepravu pasažierov.

Pre potreby prepravy nákladu je interiér lietadla jednoducho a za krátky čas prestaviteľný na combi alebo celkovú cargo verziu. Najoptimálnejšou variantov pre Combi verziu je konfigurácia, kedy polovica kabíny bez servisného vybavenia slúži na prepravu pasažierov, t.j. 4 sedačky a druhá polovica je oddelená závesnou sieťou a slúži na prepravu nákladu. Demontážou sedadiel a vnútorného vybavenia ako je toaleta a mini-bar dostaneme reálne využiteľný priestor kabíny s objemom 5,4 m³ [3].



Obrázok 2: Konfigurovateľnosť kabíny PC-12 NG

- Dĺžka kabíny (bez cockpitu) 5,16 m

• Šírka	1,52 m	• Rázvor hlavného podvozku	4,55 m
• Šírka podlahy	1,30 m	• Priemer vrtule	3,05 m
• Výška	1,46 m	• Plocha krídla	28,8 m ²
• Vnútrotný objem kabíny (bez cockpitu)	9,34 m ³	• Prázdna hmotnosť	4 005 kg
• Reálny využiteľný objem kabíny (AFM)	5,40 m ³	• Max. vzletová hmotnosť	5 670 kg
• Objem batožinového priestoru	0,45 m ³	• Max. pristávacia hmotnosť	5 670 kg
• Výška nástupných dverí	1,35 m	• Max. zaťaženie bez paliva	1 706 kg
• Šírka nástupných dverí	0,61 m	• Kapacita paliva	1 653 kg/2 059 l
• Výška nákladových dverí	1,32 m	• Užitočné zaťaženie s plným palivom	75 kg
• Šírka nákladových dverí	1,35 m [3]	• Typ paliva	JET A1
		• Spotreba paliva (FL350)	430 l / hod [4]

VI. BEECHCRAFT B-200 KING AIR

Beechcraft King Air B-200GT (B-250) je dvojmotorové, turbovrtuľové lietadlo, určené obchodnú osobnú a kombinovanú prepravu. Konštrukčne ide o zmiešaný konzolový celokovový dolnoplošník s chvostovými plochami v tvare T. Lietadlo disponuje zaťahovacím trojbodovým podvozkom s dvoma kolesami na každej podvozkovvej nohe. Základnou výbavou lietadla je pneumatické odmrazovanie nábežných hrán krídel a horizontálneho stabilizátora, certifikované pre lietanie do známej námrazy. Nástupné dvere sa nachádzajú na ľavej strane v zadnej časti lietadla za krídlom. Význačnou črtou modelu B-200GT (B-250) je zredukovanie hluku v kabíne prostredníctvom prídania dodatočných pohlcovačov dynamických vibrácií na špecifických bodoch čím sa znížil hluk o 5,4 dB v strede kabíny a 15,8 dB v pilotnej kabíne. Pilotná kabína nie je oddelená od kabíny pre pasažierov. Pohon zabezpečuje dvojica motorov Pratt & Whitney Canada PT6A-52 s dvoma štvor-listými vrtuľami Hartzell HC-E4N-3 () [4].



Obrázok 3: Rozmery lietadla Beechcraft B-250

ROZMERY, ŠPECIFIKÁCIE A VÝKONNOSŤ B-250

Pre potreby bakalárskej práce budeme považovať varianty B-200GT King Air a B-250 King Air ako jeden typ, pričom budeme brať do úvahy nasledovné rozdiely:

Rozdielne parametre B-200GT oproti B-250:

• Rozpätie	16,61 m (-1,04 m)
• Dolet	2 945 km (-240 km)
• Max. cestovná rýchlosť	569 km/h (-5 km/h)
• Avionika	Collins Pro Line 21
• B-200GT nie je certifikované pre vzlet a pristátie z nespevnených dráh	
• Posádka	1 (2)
• Kapacita	max. 9 Pax
• Dĺžka	13,36 m
• Rozpätie	17,65 m
• Výška	4,52 m

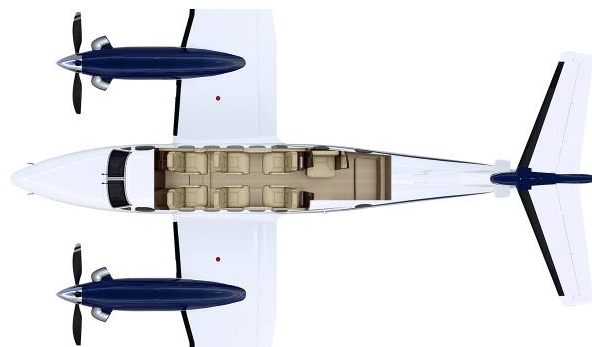
• Max. cestovná rýchlosť	574 km/h (310 KT)
• Pádová rýchlosť	148 km/h (80 KT)
• Dolet	3 185 km (1 720 NM)
• Maximálny dostup	10 688 m (35 000 ft)
• Stúpavosť	12,18 m/s (2 437 ft/min)
• Min. dráha vzletu do 15 m	643 m (2 111 ft)
• Min. dráha pristátia z 15 m	867 m (2 845 ft)

AVIONIKA

V pilotnej kabíne lietadla Beechcraft B-250 King Air môžeme nájsť avioniku poslednej generácie od spoločnosti Rockwell Collins modelového radu Pro Line Fusion. Toto vybavenie sa skladá z troch 14 palcových monitorov zobrazujúcich údaje na báze tekutého kryštálu. Dve krajné obrazovky slúžia ako PFD a stredná obrazovka poskytuje informácie a funkcie MFD. Všetky obrazovky sú v prípade poruchy zameniteľné. Model Pro Line Fusion je prioritne určený a vyvinutý v spolupráci so spoločnosťou Textron pre

dvojmotorové turbopropové lietadlá. Kompletne vybavenie pilotnej kabíny je závislé od požiadaviek a preferencií klienta.

Piloti ocenia najmä najmodernejšie navigačné funkcie prostredníctvom: Next Gen GPS, zdvojená navigácia Collins NAV, DME, ADF, AHRS – polohový a smerový referenčný systém (moderná INS), DO-260B kompatibilné s ADS-B, SBAS, GNSS, LPV približenia, RF (radius-to-fix), Data Link, Collins FMS, Collins Autopilot, Artex ELT, GPWS, CPDLC, GWX – anténa meteorologického radaru, Satellite Weather TAWS+, Radio Altimeter, ESIS – elektronický záložný prístrojový systém a iné. Aktualizácia systému Pro Line Fusion prebieha automaticky vždy pred letom alebo po pristáti ak je lietadlo pripojené na internet prostredníctvom WiFi. V opačnom prípade je aktualizácia možná vložení USB kľúča do portu na stredovom panely [4].



Obrázok 4: Usporiadanie kabíny King Air B-250 v konfigurácii pre 7 pasažierov

KABÍNA A USPORIADANIE INTERIÉRU

Kabínu lietadla Beechcraft B-200GT(B-250) King Air môžeme zaradiť do rovnakej veľkostnej triedy ako PC-12NG. V trupe základnej verzie letúna nájdeme jedny štandardné vstupné dvere na ľavej strane a jeden núdzový východ na pravej strane lietadla. Tieto vstupné dvere slúžia na nástup a výstup pasažierov, nakládku a vykládku batožiny a nákladu. Svojou veľkosťou však neumožňujú naloženie rozmernejších nákladov. Ako už bolo spomenuté, kabína lietadla je odhlučnená špeciálnymi tlmivkami hluku umiestnených na presne definovaných miestach koncentrácie s najväčšími vibráciami. Materiály použité v kabíne sú prevažne plast, drevo, kompozity. Lietadlo disponuje neuzatvárateľnou sklápacou chemickou toaletou, ktorá slúži aj ako dodatočné sedadlo pre pasažierov. Prípadná konvertovateľnosť pre rôzne úlohy a konfigurácie je časovo náročnejšia v porovnaní s lietadlom PC-12 NG.

Tento letún je primárne určený na prepravu obchodných pasažierov. Štandardná konfigurácia lietadla B-200GT(B-200) je pre 6 pasažierov v sedačkovej triede Executive plus jeden pasažier na sklápacom sedadle toaliet. Úpravou interiéru, rozmiestnením sedačiek, pridaním dvojmiestneho gauča za sedadlo co-pilota a samostatného sedadla za sedadlo kapitána dostaneme 7 plnohodnotných sedadiel v kategórii Executive (Obrázok 11). Pri tejto možnosti sa toaleta premiestni do oblasti nákladového priestoru bez možnosti usadenia pasažiera.

V základnej verzii od výrobcu sa v časti kabíny určenej pre pasažierov nenachádzajú bezpečnostné prvky ako napríklad multilock lišta pod kobercom alebo zabezpečovacie postranné oká pre prepravu väčšieho množstva nákladu. Tieto môžeme nájsť iba v batožinovom priestore alebo v priestoroch foajé. Podlaha kabíny lietadla v základnej verzii nie je rovná, čo neumožňuje prepravu niektorých druhov tovaru a tým aj optimalizáciu využiteľného objemu. K dispozícii sú jedny nástupné dvere s rozmermi 1,31 x 0,68 metra. Tieto rozmery sú nepostačujúce pre nakládku rozmernejších a kompaktných tovarov a neumožňujú nakládku Euro-paliet. K dispozícii je na trhu model B-200GTC alebo B-250 „Special Missions“, ktorý má sériovo od výroby zabudované buď zdvojené dvere, ktorých doplnok tvorí vyklápacia časť ktorá zväčšuje nákladový priestor alebo vyklápacie cargo dvere s veľkosťou 1,32 x 1,32 m [4].

• Dĺžka kabíny (bez cockpitu)	5,08 m
• Šírka	1,37 m
• Šírka podlahy	1,22 m
• Výška	1,45 m
• Vnútrotný objem kabíny (bez cockpitu)	8,57 m ³
• Reálne využiteľný objem kabíny (AFM)	4,79 m ³
• Objem batožinového priestoru	1,55 m ³
• Objem dodatočného batož. priestoru	1,60 m
• Výška nástupných dverí	1,32 m
• Šírka nástupných dverí	0,68 m
• Výška dobudovaných nákladových dverí	1,32 m
• Šírka dobudovaných nákladových dverí	1,32 m

VII. MAXIMÁLNY DOLET PRI STANOVENÝCH PARAMETROCH

Stanovené parametre:

- 1 PIC – 100 kg (s batožinou + catering)
- 1 PAX – 100 kg + 20 kg batožina = 120 kg
- 1 PIC + 6 PAX = 820 kg
- ISA podmienky
- 1 kg JET A1 = 1,25 l
- NBAA IFR rezerva – 185 km
- Nekomerčná prevádzka

Pilatus PC-12 NG

• MTOW	4740 kg
• BOW	2810 kg
• Spotreba paliva	250 l/hod
• Max. cestovná rýchlosť	528 km/h

MTOW – BOW = 1930 kg – (1 PIC + 6 PAX inkl. batožina)
= 1110 kg paliva x 1,25 = 1387 litrov paliva

1387 l paliva ÷ 250 l/hod = 5,54 hod/ 332 min

NBAA IFR rezerva 185 km ÷ 528 km/h = 0,35 hod/ 21 min

332 min – 21 min = 311 min ÷ 60 x 528 km/h =

2736 km ± 5%



Obrázok 5: Názorné zobrazenie doletu Pilatus PC-12 NG z letiska Bratislava

BEECHCRAFT KING AIR B-250

- MTOW 5670 kg
- BOW 4005 kg
- Spotreba paliva 430 l/hod
- Max. cestovná rýchlosť 574 km/h

MTOW – BOW = 1655 kg – (1 PIC + 6 PAX inkl. batožina) =
845 kg paliva x 1,25 = 1050 litrov paliva

1050 l paliva ÷ 430 l/hod = 2,44 hod/146 min

NBAA IFR rezerva 185 km ÷ 574 km/h = 0,32 hod/ 19 min

146 min – 19 min = 127 min ÷ 60 x 574 km/h =

1214 km ± 5%



Obrázok 6: Názorné zobrazenie doletu Beechcraft King Air B-250

VIII. OBSTARÁVACIE A PREVÁDZKOVÉ NÁKLADY

Najdôležitejšou časťou pri kúpe lietadla je jeho cena, obstarávacie náklady a následné prevádzkové náklady. V tejto časti sa podrobne pozrieme na súčasné ceny nových a taktiež používaných lietadiel. Následne zostavíme kalkuláciu ročných fixných a variabilných hodinových nákladov na Pilatus PC-12 NG a Beechcraft King Air B-250.

Pri výpočte prevádzkových nákladov oboch lietadiel budeme vychádzať z predpokladu, že lietadlo je používané v nekomerčnej prevádzke (NCO) pre účely korporátnej leteckej dopravy, je jedno-pilotné a predpokladaný ročný nálet bude 200 letových hodín. Priemerná cena paliva JET-A1 pre NCO je v súčasnosti 1,03 EUR/liter. Kalkulácia bude vykonávaná pre nové lietadlo. Pilot je zamestnancom firmy a dostáva fixnú mesačnú mzdu vo výške 4500 EUR.

Cena letovej hodiny sa znižuje, čím väčší je celkový ročný nálet hodín.

V prípade, ak sa lietadlo obstaráva formou financovania dlhodobým úverom alebo leasingom, sú ročné náklady navýšené o kumulované ročné splátky úveru a úrok. Doba splácania je 20 rokov pri 5 % úroku.

Tabuľka 2: Porovnanie obstarávacích a prevádzkových nákladov PC-12 NG a B-250 King Air.

EUR / EUR/let. hod.	PC-12 NG	B-250 King Air
Katalógová cena (nový)	4 945 000	5 800 000
Inzertná cena, r.v.:2014	3 465 000	2 860 000
Fixné ročné náklady	130 000	134 000
Variabilné hod. náklady	538	1047
Ročné náklady spolu	237 600	343 400
Cena letovej hodiny	1 188	1 717
Ročné náklady spolu vrátane splátok úveru	497 220	647 900
Cena letovej hodiny vrátane splátok úveru	2 486	3 239

IX. ZÁVER

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo prevádzkovo-ekonomické porovnanie dvoch lietadiel vhodných pre prevažne interné účely väčších firiem prípadne private účely ich majiteľov a následné odporúčanie.

Oba vybrané typy lietadiel spĺňajú primárne kritéria pre ich využitie. Medzi tieto patrí preprava zamestnancov či už medzi jednotlivými závodmi alebo na obchodné rokovania a preprava tovaru alebo materiálu do 1,5 tony v rámci Európy. Ako PC-12 NG, tak aj B-250 sú schopné operovať na malých regionálnych letiskách a taktiež aj z nespvených vzletovo-pristávacích dráh.

Komfort pasažierov je z môjho pohľadu zabezpečený v oboch lietadlách rovnako. Rozmery kabíny sa markantne nelíšia. Bežný pasažier tento rozdiel nepostrehne. Jediným z benefitov v komforte Pilatusu PC-12 NG oproti Beechcraftu King Air 200GT(250) sú plne uzatvárateľné toalety v kabíne aj v konfigurácii pre 8 pasažierov. Jediným negatívom v tomto ohľade môže byť zvýšený hluk v kabíne lietadla B-200GT (250) spôsobený dvoma pohonnými jednotkami umiestnenými na krídlach oproti jednej umiestnenej v prednej časti lietadla PC-12 NG. Preto v tomto smere je výber lietadla plne na preferenciách a sympatiách budúceho majiteľa.

Pri potrebe prepravy tovaru vzniká prvý vážnejší fakt. Lietadlo PC-12 NG má v trupe zabudované nielen nástupné dvere pre pasažierov, ale aj veľké nákladové dvere, cez ktoré je možné pohodlne naložiť napríklad euro-paletu.

V štandardnej výbave lietadla B-250 sa tieto dvere nenachádzajú. V prípade, že majiteľ bude chcieť lietadlo plne využívať aj na prepravu väčších zásielok je potrebné tieto dvere veľmi nákladne dobudovať. To isté platí aj s batožinovým priestorom ktorý je v konfigurácii pre 6 pasažierov síce väčší ako pri lietadle PC-12 NG, avšak pri väčšom počte pasažierov sa z nákladového priestoru stáva súčasť kabíny a v trupe nezostáva miesto pre batožinu.

Tento problém je opäť riešiteľný dodatočnou nákladnou investíciou. Dobudovaním batožinového koša a batožinovej motorovej gondoly. Veľkou výhodou lietadla PC-12 NG je rovná podlaha od výroby v celej kabíne.

Preštudovaním AFM jednotlivých lietadiel som prišiel na zaujímavý fakt. Výrobcovia propagujú lietadlá s využiteľným objemom kabíny 9,84 m³ pri PC-12 a 8,57 m³ pri B-250. Avšak reálne, pri nutnosti dodržania voľného priestoru k únikovému východu, je využiteľný priestor kabíny u oboch lietadiel polovičný. 5,40 m³ pri PC-12 NG a 4,79 m³ pri B-200GT. Z môjho subjektívneho pohľadu to môže pôsobiť na potenciálneho zákazníka mierne zavádzajúco. Ak zákazník plánuje využiť lietadlo na prepravu aj tovaru, z tohto hľadiska by som odporučil lietadlo PC-12 NG.

Prístrojová doska pilotnej kabíny oboch lietadiel je na veľmi vysokej úrovni. Zahŕňa najmodernejšie prístrojové vybavenie, ktoré ponúka pilotom komplexné a veľmi prehľadné informácie či už v rámci technických informácií týkajúcich sa samotného lietadla, ale aj navigačno-letových informácií. Výsledkom je zvýšenie bezpečnosti a celkového komfortu nielen posádky, ale v konečnom dôsledku aj pasažierov. Už v základnej výbave sú obe lietadlá plnohodnotne pripravené pre IFR letanie. K tejto téme pripojím aj zákaznicky servis a možnosti údržby, ktoré sú pri oboch typoch dostupné v blízkosti Slovenska. Opäť je výber v tomto ohľade na zákazníkovi.

Veľmi zásadnou otázkou je maximálny dolet pri rovnakom zaťažení oboch lietadiel. Musím konštatovať, že lietadlo Pilatus PC-12 NG výsledkami viac ako dvoj-násobne predbehlo lietadlo B-250. Tento fakt podčiarkuje skutočnosť, že lietadlo B-250 má dva motory, ktoré znamenajú takmer dvojnásobnú spotrebu paliva oproti PC-12 NG, pričom primárne parametre lietadiel sú totožné. Obe lietadlá síce majú podobnú maximálnu vzletovú hmotnosť, avšak lietadlo B-250 je o 1,2 t ťažšie ako PC-12 NG a tým je dolet obmedzený maximálnym

množstvom paliva, ktoré je možné natankovať. Užitočné zaťaženie lietadla pri plných nádržiach je 446 kg pri PC-12 NG a neuveriteľných 75 kg pri B-250. V rámci tejto časti porovnania odporúčam jednoznačne lietadlo Pilatus PC-12 NG.

Alternatívnou k novému môže byť lietadlo používané. Na inzertných stránkach som našiel dve lietadlá vyrobené v roku 2016, s rovnakým náletom hodín v zrovnateľnej výbave. Tu už možno konštatovať, že lietadlo B-250 počas 6 rokov užívania stratilo viac na hodnote ako PC-12 NG. Cena používaného lietadla B-250 je 2 860 000 EUR čo je o 605 000 EUR menej ako cena PC-12 NG. Obe lietadlá sú v presnej polovici životnosti motora a vrtule. Následná generálna oprava oboch komponentov si vyžiada nemalé náklady. Čo v prípade lietadla B-250 znamená dvojnásobnú investíciu. Súčtom orientačným fixných ročných a variabilných hodinových nákladov pri predpokladanom ročnom nálete 200 hodín som vypočítal celkovú cenu letovej hodiny oboch typov. Letová hodina lietadla PC-12 NG je 1 188 EUR, čo je takmer o 30 % menej v porovnaní s cenou letovej hodiny B-250, ktorá je 1 717 EUR.

Treba dodať, že v týchto cenách nie je zahrnutá kúpna cena lietadla, preto s ňou môžu rátať iba zákazníci, ktorí lietadlo kupujú z voľných finančných prostriedkov. V prípade, ak sa lietadlo kupuje prostredníctvom dlhodobého úveru, ktorého doba splácania je napríklad 20 rokov a úrok vo výške 5 %, sa cena letovej hodiny v oboch prípadoch zdvojnásobuje. Pri PC-12 NG 2 486 EUR a pri B-250 3 239 EUR. Z týchto cien je jednoznačné, že lietadlo Pilatus PC-12 NG je nielen lacnejšie, ale aj jeho prevádzka je ekonomickejšia.

Ak by som bol v pozícii klienta, ktorý sa chystá zaobstarať si lietadlo a mal by som na výber z týchto dvoch lietadiel, zvolil by som si Pilatus PC-12 NG. Veľmi sa mi páči európska koncepcia nielen lietadla, ale aj zákaznického servisu. Za veľké plus považujem rýchlu konvertovateľnosť lietadla, nižšie prevádzkové náklady, možnosť pristátia na veľmi krátkej nespevnenej dráhe a veľmi dobré letové vlastnosti.

REFERENCIE

- [1] International Civil Aviation Organization. 2009. Tenth Sessions of the statistics Division. [online]. 2009. [cit. 2019.12.05]. Dostupné na internete: <https://www.icao.int/Meetings/STA10/Documents/Sta10_Wp007_en.pdf#search=General%20Aviation%20definiti on>.
- [2] EBAA. 2019. European Atlas. European business aviation in numbers.
- [3] Pilatus. 2010. Pilot's Operating Handbook and Foca Approved Airplane Flight Manual. PC-12 Series.
- [4] Textron Aviation. King Air 250 (brožúra)
- [5] Official Journal of the European Union. 2017. Regulations. Commission Regulation (EU) 2017/363 of 1. March 2017. [online]. [cit. 2020.05.15.]. Dostupné na internete: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0363&from=EN>>

- [6] NOVÁK, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [7] 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.
- [8] BUGAJ, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [9] BUGAJ, M. 2005. Aircraft maintenance - new trends in general aviation. Promet - Traffic - Traffico, 17(4), pages 231-234.
- [10] BUGAJ, M., URMINSKY, T., JURÁK, P. & PECHO, P. 2018. Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October, pages 1174-1178.

Tomáš Biskupič – narodený dňa 13. 07. 1995 v Trenčíne. Absolvoval v roku 2014 Obchodnú akadémiu Dr. Milana Hodžu v Trenčíne. V rokoch 2014 až 2017 pracoval v rakúskej špedično-dopravnej spoločnosti LKW Walter AG ako manažér kamiónovej dopravy. Prvú skúsenosť s lietaním nadobudol v roku 2015 začatím leteckého plachtárskeho výcviku. V roku 2017 bol prijatý na Žilinskú univerzitu v Žiline, v odbore profesionálny pilot.

DETEKCIA A OCHRANA OBJEKTOV PROTI PREVÁDZKE BEZPILOTNÝCH LIETADIEL

DETECTION OF UNMANNED AIRCRAFT AND PROTECTION OF OBJECTS AGAINST UNAUTHORIZED OPERATION OF UAVS

Erik Bujna

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
bujna8@stud.uniza.sk

Filip Škultéty

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

Abstract – *The main topic of this bachelor thesis is the detection and protection of objects against the operation of unmanned aerial vehicles (UAVs). The necessity of addressing this issue is due to the increasing prevalence of UAVs and increase in reports of airspace penetrations by unauthorised UAV operations. The aim of the bachelor thesis is to analyse the problem and provide an overview of the possibilities and methods of protection against unmanned aircraft. The first part of the bachelor thesis provides a brief overview of the issue, including terminology, an overview of current legislation, the possibility of using unmanned aircraft together with incidents that have also become the subject of the problem. The following chapters examine in more detail the possibilities of detection and protection against unmanned aircraft. The comparative method compares the positive and negative aspects of individual detection methods. In the third chapter are provided specific solutions which are based on the methods of security protection and defined principles to operators of areas with the necessary security protection. The conclusion of the bachelor thesis includes the analysis of the Bratislava airport surrounding, the definition of the protective zones of airport together with the protective zones of navigation devices. The result is a proposal for implementation of detection system, which should to ensure regular and safe operation and to reduce the risk of flying unmanned aircraft over the airport. The proposal of securing the airport against UAVs offers the possibility to protect the nearest surroundings of the airport from the intrusion of unmanned aircraft and in case of disruption of the covered area of early warning and the possibility of responding to the threat.*

Key words: unmanned aerial vehicle, UAV, radar, sensor, detection, restricted area, airport, frequency, frequency range.

I. ÚVOD

Táto bakalárska práca sa venuje možnostiam a prostriedkom zabezpečenia ochrany priestoru proti bezpilotným lietadlám, prostredníctvom spracovania právnej úpravy, možností využitia bezpilotných lietadiel cez incidenty, ktoré sa stali spúšťačom riešenia danej problematiky a ktorých počet za

uplynulé roky so zvyšujúcim sa počtom bezpilotných lietadiel neustále vzrastá, až po analýzu zariadení poskytujúcich zabezpečovanie vzdušného priestoru na základe rozličných metód, alebo ich kombinácie.

Zámerom práce je poskytnutie čo najvhodnejšieho riešenia, vybratého za účelom ochrany letiska Bratislava pred možným ohrozením prevádzky a bezpečnosti, na základe vykonanej analýzy prostredia a zvážením možných rizík pri následnej implementácii.

VYMEDZENIE VZDUŠNÉHO PRIESTORU

Pri využívaní bezpilotných lietadiel je potrebné dbať na vymedzenie priestorov, v ktorých je možné lietať.

Vzdušný priestor je rozdelený na triedy, ktoré sú označené písmenami od A po G. Triedy od A po E spadajú pod riadený vzdušný priestor, trieda F je poradný vzdušný priestor a zóna G je neriadený vzdušný priestor. Zóna G je práve vzdušný priestor, kde je možné vykonávať prevádzku bezpilotných lietadiel. Pri prevádzke bezpilotných lietadiel je potrebné vedieť, že od výšky 150 metrov nad zemským povrchom začína letecká prevádzka, preto vykonanie letu bezpilotným lietadlom v takomto vzdušnom priestore je možné vykonať len za vizuálneho kontaktu s daným lietadlom do výšky 400 ft (120 m) nad úrovňou zemského povrchu. Zhustenie letovej prevádzky môže byť očakávané v blízkosti neriadených vzletových a pristávacích dráh [10] [2]. Let preto musí byť vykonaný tak, aby bola zabezpečená bezpečnosť iných lietadiel, osôb, majetku s prihliadnutím na ochranu životného prostredia.

V súčasnosti je zabezpečenie bezpečnosti na rôznych miestach mnohokrát otázkou číslo jeden. Voľne dostupné bezpilotné lietadlá využívané často s cieľom rekreácie sa môžu stať ľahko pri strate kontroly nebezpečnými prostriedkami na verejných priestranstvách, v husto obývaných oblastiach, za zmienku stojí aj to, že bezpilotné lietadlá sa v súčasnosti stávajú aj prostriedkami špionáže, provokácie a taktiež teroristických útokov [3] [4]. Útoky počas verejných podujatí sú čoraz častejšie, a takýto čin môže spôsobiť veľké straty. Takéto miesta či udalosti činia z ľudí ľahké ciele pre teroristické útoky. Cieľom pre takúto kriminálnu činnosť bývajú rôzne prímorské destinácie s množstvom turistov, rôzne športoviská, štadióny a univerzity, vojenské a policajné stanice, štátne hranice a letiská.

PRÁVNÁ ÚPRAVA NA SLOVENSKU

Potreba riadenia a regulácie od pozemnej dopravy až po riadenie vzdušného priestoru bola vždy významná z dôvodu zjednodušenia dopravy a zabezpečenia bezpečnej, efektívnej a úspornej prevádzky. V oblasti riadenia vzdušného priestoru, kde je obzvlášť kladený dôraz na bezpečnosť, je nutné, aby riadenie bezpilotných prostriedkov a ich nadobúdanie bolo ošetrené zákonom. Pravidlá lietania s bezpilotnými lietadlami, vykonávanie leteckých prác a všeobecné podmienky používania týchto bezpilotných lietadiel sú zahrnuté v Leteckom zákone.

Na let s bezpilotnými lietadlami je vymedzený neriadeneý vzdušný priestor triedy G. Prevádzkovateľ bezpilotného lietadla smie dosiahnuť v tomto priestore maximálnu výšku 120m (400ft) nad najvyššou prekážkou v okruhu 30 m od UAV, pričom je nutné zabezpečiť priamu vizuálnu kontrolu nad daným lietadlom.[2].

Na základe rozhodnutia č.2/2019 zo 14.11.2019 sa prevádzka bezpilotných lietadiel delí do skupín A a B. Prevádzka kategórie A aj B podlieha všeobecným podmienkam pilotovania bezpilotného lietadla. Kategória A je členená na podkategórie A1, A2, A3. Do kategórie A1 vykonávania letu spadajú bezpilotné lietadlá hmotnostnej kategórie C0 a C1 s hmotnosťou od 0 do 900 g. Do kategórie A2 spadajú bezpilotné lietadlá hmotnostnej kategórie C2 s hmotnosťou od 900g do 4 kg. Let podľa podmienok subkategórie A3 je vykonávaný bezpilotnými lietadlami vyššej hmotnostnej kategórie C3 a C4 s hmotnosťou od 4 do 25 kg. Dovoľená minimálna vzdialenosť od vzťažného bodu letiska, v ktorej je možné vykonať let s takýmto bezpilotným lietadlom je 5,6 km (3NM) v maximálnej dovolenej výške od zeme 30 m [2].

PROTIPRÁVNE ČINY

Rovnaký počet výhod ako má využitie bezpilotných lietadiel pri vykonávaní leteckých prác alebo na rekreačné účely v civilnej sfére, má aj počet možností zneužitia. So širokým spektrom možností, ktoré ponúka bezpilotné lietadlo operátorovi sa rozširuje aj počet možností, ako bezpilotné lietadlo zneužiť.

Vzhľadom na to, že systémy diaľkovo riadených bezpilotných lietadiel môžu byť detegované prevažne iba vizuálne a nie pomocou výstražných zariadení pred zrážkou, je veľmi pravdepodobné, že dôjde ku kolízii s lietadlom v nízkej výške, najmä vzhľadom na ich narastajúci počet. Dôležitým faktorom je poskytnutie včasného varovania pilotom, ktorým hrozí priamy kontakt s bezpilotným lietadlom tak ako aj poskytnutie varovania riadiacim letovej prevádzky (ATCO).

Najväčším incidentom bol incident z roku 2018 na letisku Gatwick, kedy letisko Gatwick muselo byť zavreté vyše 36 hodín. Incident si vyžiadala narušenia prevádzky vyše 1000 letov, ktoré boli zrušené alebo prerušené a dočasne odložené. Výsledkom bolo ovplyvnenie vyše 140000 cestujúcich. UAV bolo spozorované 1 km od letiska vo výške 1700 ft (518 m) posádkou letúna Airbus 320 spoločnosti EasyJet. Bolo nutné zaviesť opatrenia, jedným z nich bolo rozšírenie oblasti z 1 km na 5 km, v ktorej je vykonávanie letu s UAV zakázané [5]. Okrem ohrozenia bezpečnosti letovej prevádzky majú takéto incidenty aj ekonomický dopad. Dopad na ekonomiku v prípade akéhokoľvek narušenia letovej prevádzky sa líši podľa viacerých

faktorov ako je počet dráh, letov a počtu pasažierov. Incident na letisku Gatwick nebol klasifikovaný ako teroristický útok, bol ukážkou toho, že obyčajný používateľ môže ohroziť životy ľudí a spôsobiť vážne ekonomické problémy.

Na území Slovenskej republiky bolo zaznamenaných v posledných rokoch taktiež viacero hlásení, týkajúcich sa neoprávnených vstupov, či už do ochranného pásma letiska, zakázaného územia letového priestoru, alebo ochranného pásma. Avšak rovnakému problému čelí taktiež letisko Praha s väčšou prevádzkovou kapacitou v porovnaní s letiskom Bratislava. Väčšina prichádzajúcich hlásení o výskyte UAV v riadenom vzdušnom priestore, bola nahlásená prevažne pilotmi. Počet zaznamenaných hlásení od roku 2017 každým rokom stúpne približne o polovicu, ako je možné vidieť v tabuľke č. 1 [6] [7].

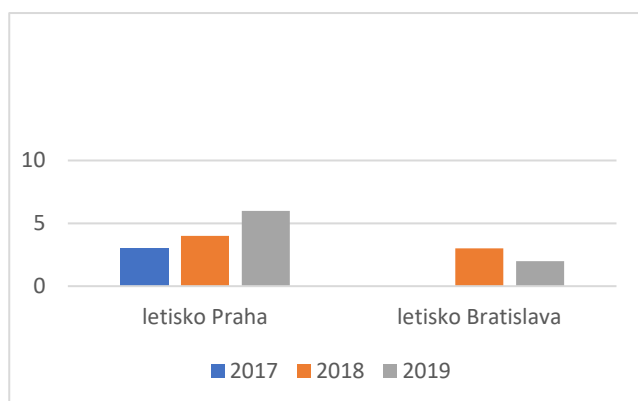
Tabuľka 1: Hlásenia UAV na letisku Milana Rastislava Štefánika Bratislava [Zdroj: autor]

rok	poloha	čas	autor hlásenia
2017	-	-	-
2018	Blízkosť letiska	12:25	PIC
	9 NM od vzťažného bodu letiska 3000 ft AMSL	14:50	PIC
	Blízkosť letiska	17:37	Centrálna ohlasovňa letových prevádzkových služieb
2019	2 NM od vzťažného bodu letiska	13:25	Centrálna ohlasovňa letových prevádzkových služieb
	Nezistené	11:31	Externý ohlasovateľ

Tabuľka 2: hlásenia UAV na letisku Václava Havla Praha [Zdroj: autor]

rok	poloha	čas	autor hlásenia
2017	2,2 NM od prahu VPD 06, 150 ft pod letúnom	13:58	PIC
	Blízkosť Prahu VPD 24	10:00	Poverená osoba
	2,5 NM od prahu VPD 12 1 NM od letúna	13:10	PIC

2018	4000 ft AGL	18:05	PIC
	2 NM od prahu VPD	20:30	PIC
	5 NM od prahu VPD	8:45	Poverená osoba
	750 ft AGL 50 ft nad letúnom	19:54	PIC
2019	7 NM od prahu VPD 24 300 ft pod letúnom	13:57	PIC
	6,5 NM od prahu VPD 06 3200 ft AMSL 90 ft od letúna	18:38	PIC
	2 NM od prahu VPD 06 1800 ft AGL	14:38	PIC
	7500 ft AMSL	18:04	PIC
	2,5 NM od prahu VPD 4700AMSL	16:20	PIC
	4000 ft AMSL 50 ft od letúna	21:20	PIC



Graf 1: Počet hlásení UAV na letisku Praha a Bratislava (2017-2019)

II. DETEKCIA BEZPILOTNÝCH LIETADIEL

Častý výskyt letov UAV v oblasti s riadenou leteckou prevádzkou s vysokou hustotou je závažným problémom pre letúny v úseku vykonávania vzletu a pristátia letúna. Zabezpečenie integrity vzdušného priestoru je kritickým faktorom pre bezpečnosť letectva najmä vzhľadom na to že bezpilotné lietadlá môžu spôsobiť väčšie poškodenie drakov lietadiel a prúdových motorov ako podobne veľké vtáky. Existuje viacero možností zaistenia a ochrany vzdušného priestoru, avšak zavedenie vhodného a spoľahlivého systému do prevádzky je zložitejšie vzhľadom na množstvo faktorov, ktoré môžu ovplyvňovať výber vhodného systému [8].

So zlepšovaním technológií, s nárastom množstva zabezpečovacích zariadení a so spresnením metód detekcie a ochrany vzrastá kvalita mapovania zabezpečeného priestoru a tým môže byť znížený počet incidentov. Problém s reguláciou bezpilotných lietadiel je ich prevádzkovanie vo Very low level (VLL) výške, ktorá je pre vykonávanie letu s UAV špecifická [10].

Táto bakalárska práca bola vypracovaná na základe dostupných informácií z knižných a internetových zdrojov, ale aj na základe ústnej komunikácie s konkrétnymi letiskami a nimi poskytnutými informáciami, dopravným úradom a nimi poskytnutými prezentáciami a podrobnými informáciami tak ako aj s konkrétnymi spoločnosťami poskytujúcimi riešenie na zabezpečenie priestoru pred narušením vzdušného priestoru bezpilotným lietadlom.

Mojím hlavným cieľom bolo vypracovať stručný prehľad o možnostiach detekcie bezpilotných prostriedkov, zároveň poskytnúť pre prevádzkovateľov možnosti a riešenia ochrany objektov a následne vytvoriť návrh zabezpečenia objektu letiska Bratislava voči vniknutiu bezpilotného lietadla do areálu letiska. Návrh zabezpečenia areálu letiska Bratislava vznikol za účelom ochrany letiska a jeho zariadení pred vniknutím bezpilotného lietadla a tým spôsobením škody na zdraví alebo na majetku v dobe, v ktorej sa počet bezpilotných lietadiel neustále zvyšuje a potreba zabezpečenia neutralizácie hrozby je vysoká [8].

Proces neutralizácie UAV pri narušení oblasti operátorom s neoprávneným vstupom do vyhradeného priestoru sa skladá z:

- detekcie,
- identifikácie,
- neutralizácie.

Systémy detekcie využívajú pre svoju činnosť radary, zariadenia na sledovanie vysokofrekvenčného signálu medzi zariadením a pozemnou stanicou, akustické radary, alebo kamery. Každé zariadenie má svoje výhody aj nevýhody [8].

Radar:

Výhody:

- Vhodné zariadenie na presnú detekciu, identifikáciu na dlhé vzdialenosti.
- Možné použitie aj v prípade, že UAV vykonáva Automatický let.
- Možnosť súčasného sledovania veľkého množstva UAS, možná detekcia UAS vykonávajúcich autonómny let, nezávislý od meteorologických podmienok.

Nevýhody:

- Miera detekcie, ktorá je závislá od veľkosti UAV.
- Možný výskyt falošných hlásení pri zámene UAV s vtáctvom.

RF skener:

Výhody:

- Menej nákladný spôsob detekcie.

- Možnosť sledovať polohu UAV a ich operátorov.
- Identifikácia značiek a modelov UAV.
- Pasívna technológia (žiadne interferencie).
- Detekcia a identifikácia viacerých UAV.

Nevýhody:

- Nie je možnosť lokalizácie a identifikácie v prípade chýbajúcej komunikácie medzi UAV a operátorom (automatický let).
- Menšia účinnosť na miestach s vysokou mierou RF signálov.

Kamera:

Výhody:

- Infračervené kamery sú schopné zachytenia UAV aj v noci.
- Menej obmedzení pri zaobstarávaní.
- Poskytuje vizuálne informácie o UAV.
- Možnosť vytvárať videozáznam určený v prípade potreby na neskoršie využitie.

Nevýhody:

- Veľké množstvo falošných hlásení.
- Výkon ovplyvnený meteorologickými podmienkami.
- Ťažkosti pri zisťovaní malých UAV [9].

SPÔSOBY OCHRANY PROTI BEZPILOTNÝM LIETADLÁM

Požiadavky kladené na zariadenia slúžiace na ochranu vzdušného priestoru nad chráneným územím sú vysoké. Nutnosť zabezpečenia veľkého priestoru vyžaduje využitie radarov, senzorov a snímačov špeciálne určených na vykonávanie činností špeciálne určených na danú operáciu. Časť práce je preto zameraná na konkrétne spoločnosti a ich detekčné systémy vykonávajúce prácu pomocou radarov, RF senzorov alebo v prípadnom návrhu implementácie detekčného zariadenia na letisku Bratislava, kombináciou viacerých detekčných zariadení do jedného systému [10] [11] [12] [13] [15].

Tabuľka 3: Prehľad spoločností ponúkajúcich systémy zabezpečenia vzdušného priestoru proti UAV [Zdroj: autor]

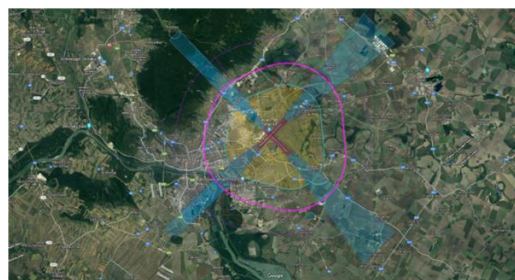
	Výrobca	Zariadenie	Dosah (km)	Pokrytie
Radar	Aveillant	Game-keeper 16 U	5	Horizontálne: 90° Vertikálne: 30°
	Robin Radar	Elvira	1,1	Horizontálne: 360° Vertikálne: 10°
RF senzor	AARONIA AG	IsoLOG 3D	-	Horizontálne: 360°

				Vertikálne : 10°
Kombinácia RF senzora a Radaru kamery	DEDRONE	Kombinácia	1,5	Horizontálne: 360° Vertikálne : 40°
	Skylock	Kombinácia	1	Horizontálne: 360° Vertikálne : 30°

III. NÁVRH RIEŠENIA DETEKČIE A OCHRANY PRE LETISKO LZIB

Pred výberom a následnou implementáciou vhodného detekčného zariadenia do vybranej lokality, firmy či priestoru s vysokým stupňom zabezpečenia je nutné vykonanie analýzy prostredia, v ktorom sa dané detekčné zariadenie bude nachádzať. Pre spoľahlivé vykonávanie práce je nutné dohliadať, či sa v prostredí, v ktorom zariadenie vykonáva svoju funkciu, nenachádzajú fyzické prekážky zabraňujúce priamemu zisku zachytených signálov, zariadenia, ktoré by mohli negatívne rušiť proces detekcie alebo v prípade využitia akustických senzorov, ktoré z dôvodu hluku na letisku nie je vhodné použiť, dbať na mieru hluku okolitého prostredia.

Na základe informácií získaných z internetových zdrojov a zdrojov poskytnutými dopravným úradom bolo možné zistiť a spracovať ochranné pásma letiska a rovnako ochranné pásma zariadení, umiestnených v areáli letiska. Vymedzením ochranných pásiem zariadení v areáli letiska bol vylúčený možný negatívny vplyv spôsobený vzájomným rušením, a rovnako bola vylúčená možnosť tienenia radarového signálu.



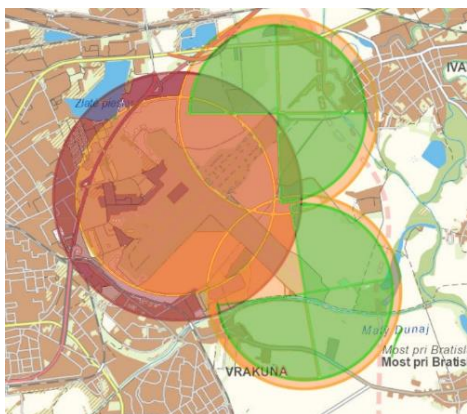
Obrázok 2: Ochranné pásma letiska Bratislava [Zdroj: autor]

Na základe získaných podkladov a dôkladne vykonanej analýzy blízkeho okolia letiska Bratislava, v ktorej sú zahrnuté údaje o veľkosti a výške CTR letiska Bratislava, vymedzenie ochranných pásiem určujúcich limitujúce faktory ako sú vzdialenosť, výška a materiál budov a použitých zariadení nachádzajúcich sa v daných ochranných pásmach a výšku priemyselných budov, komínov, nachádzajúcich sa v oblasti pokrytej vodorovnou prekážkovou rovinou.

Návrh ochrany letiska Bratislava pred vniknutím UAV, je navrhnutý tak, aby pokryl najbližšie okolie letiska a pokryl tak aj okolie vzletovej a pristávacej dráhy. Pri výbere vhodného detekčného zariadenia je potrebné dbať na multifunkčnosť celého systému schopného spoľahlivo pracovať a zachytiť blížiacu sa hrozbu v dostatočnom predstihu a za hocijakých poveternostných a klimatických podmienok v čo najväčšej možnej miere. Takéto zabezpečenie vyžaduje spoločnú integráciu viacerých zariadení do jedného systému. Za účelom vytvorenia návrhu ochrany vzdušného priestoru pre letisko Bratislava pred hrozbou bezpilotných lietadiel boli vybrané zariadenia a systémy od dvoch spoločností, Skylock a DEDRONE s praktickou skúsenosťou v oblasti implementácie detekčných zariadení do areálov letísk, ako sú letiská v meste Kodaň a Manchester [14] [18] [19].

IMPLEMENTÁCIA SYSTÉMU DEDRONE

Hlavnou súčasťou systému je RF senzor modelu RF 160 a RF 300, ktorý ho dopĺňa. pri bežných meteorologických podmienkach je úspešnosť detekcie zaručená do vzdialenosti 1,6 km. Systém je možné doplniť o zariadenia ako sú radary a kamery schopné zvýšiť spoľahlivosť celého systému. Umiestnenie trojice senzorov je navrhnuté tak, aby nijako neprekážalo prevádzke alebo nezasahovalo do ochranných pásiem vzletovej a pristávacej dráhy a ochranných pásiem ostatných navigačných zariadení [13].

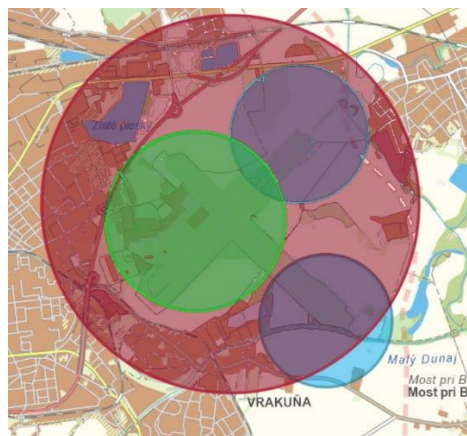


Obrázok 3: Pokrytie blízkej oblasti letiska detekčnými zariadeniami spoločnosti DEDRONE [Zdroj: autor]

- Oranžová oblasť: Oblasť pokrývajúca RF senzor
- Zelená oblasť: Oblasť pokrytá radarom
- Červená oblasť: Oblasť pokrytá kamerovým systémom

IMPLEMENTÁCIA SYSTÉMU SKYLOCK

Rovnako ako v prípade implementácie detekčného systému DEDRONE, systém od spoločnosti Skylock využíva pre účely zabezpečenia vzdušného priestoru kombináciu viacerých, navzájom komunikujúcich zariadení. Hlavný systém ponúkaný spoločnosťou Skylock spĺňajúci podmienky integrácie viacerých zariadení v sebe integruje radar, termálnu a HD kameru, štvoricu RF senzorov a štvoricu rušičiek [15].



Obrázok 4: Pokrytie oblasti letiska detekčnými zariadeniami spoločnosti Skylock [Zdroj: autor]

- Modrá oblasť: Oblasť pokrytá systémom integrovaných zariadení Skylock
- Zelená oblasť: Oblasť pokrytá aktívnym radarom s dosahom 1,5 km
- Červená oblasť: Oblasť pokrytá RF senzorom s dosahom 3 km

Všetky návrhy ochrany letiska Bratislava pred UAV sú schopné poskytnúť základný stupeň ochrany letiska samotného ako je VPD, stojisko, terminál, ale aj najbližšie okolie letiska so schopnosťou včas identifikovať hrozbu a s možnosťou vykonania včasného protiopatrenia na zaistenie bezpečnosti a pravidelnosti prevádzky na letisku. Obidva systémy je možné v prípade potreby naďalej rozširovať o nové zariadenia kompatibilné už s vopred nainštalovanými zariadeniami.

IV. ZÁVER

V mojej práci som sa zameriaval na možnosti zvýšenia bezpečnosti a ochrany objektov a zariadení z dôvodu neustále sa zvyšujúcej hrozby narušenia vzdušného priestoru bezpilotným lietadlom. Cieľom bolo preto vytvoriť dostatočný základ poskytovaných možností na trhu pre prevádzkovateľov uvažujúcich nad zabezpečením vzdušného priestoru a následná implementácia najvhodnejších zariadení.

V prvých kapitolách práce je cieľom práce oboznámiť čitateľa s vymedzenými pojmami, právnou úpravou, využitím bezpilotných lietadiel, ale aj s incidentmi, ktoré sa stali spúšťačom riešenia otázky zabezpečenia a ochrany objektov pred bezpilotnými lietadlami. Zo získaných údajov bolo zistené, že počet incidentov vzrastá rovnako, ako vzrastá aj počet UAV vo vzdušnom priestore. Tieto informácie boli získané zo všeobecných prehľadov vývoja v Európe, ale aj z podkladov hovoriacich o počte incidentov za posledné tri roky na letisku Praha a letisku Bratislava. Trend nárastu incidentov so zvyšujúcim sa počtom bezpilotných lietadiel potvrdzuje aj Letisko Václava Havla v Prahe, kedy sa zvýšil počet hlásení blízkosti UAV z dvoch v roku 2017 na šesť v roku 2019. Ako príklad, že aj vniknutie malého UAV do ochranného pásma letiska dokáže ovplyvniť prevádzku a spôsobiť finančné straty zapríčinené pozastavením plynulého chodu prevádzky na letisku je incident z roku 2018 na letisku Gatwick.

Zámerom nadchádzajúcich kapitol preto bolo vytvorenie zosumarizovaného prehľadu systémov a zariadení poskytovaných rôznymi spoločnosťami, ktoré sa líšia spôsobom vykonávania detekcie, počtom zariadení, rozlohou pokrytia, počtom funkcií a princípom fungovania. Tieto informácie boli zistené komparáciou ich spoločných a rozdielnych parametrov. Jednou zo skúmaných možností bolo vytvorenie pomyselnéj ochrannéj zóny metódou „geofencingu“ poskytujúcou pasívny spôsob ochrany, ktorý nezaručuje schopnosť detekcie, určenie vzdialenosti, identifikáciu bezpilotného lietadla, prípadne jeho bezpečné pristátie, preto výsledkom riešenia problému zabezpečenia priestoru sa stali systémy s komplexnejším využitím. Predmetom skúmania boli zariadenia pracujúce samostatne, vykazujúce dobré vlastnosti vo vykonávaní činností pre ne určených, ako radary, RF senzory a kamery. Spôsob monitorovania a schopnosť detekcie bola spracovaná pre každú možnosť a následne aj pre konkrétne zariadenia ponúkané na trhu. Z dôvodu multifunkčnosti a schopnosti overenia zistenej hrozby a možnosti vzájomnej kooperácie, bolo za najvhodnejšie riešenie výber systému pozostávajúceho z viacerých zariadení zaručujúceho ich vzájomnú spoluprácu.

Záverom práce je implementovanie vybraného systému na letisko Bratislava. Pri implementácii zariadení, ktorej predchádzala analýza priestoru a vymedzenie ochranných pásiem letiska a navigačných zariadení, boli vybrané dva systémy pozostávajúce z viacerých zariadení obsahujúcich Radary zabezpečujúce zachytenie v prípade, ak UAV vykonáva automatický let, RF senzory poskytujúce možnosť identifikácie a lokalizovanie operátora po zachytení vysielačného signálu a kamier poskytujúcich vizuálny záznam o vniknutí spolu s možnosťou rozlišovania od vtáctva v prípade termokamier. Vhodné spoločnosti, ktoré poskytujú takýto komplexný systém ochrany, sú spoločnosti ako DEDRONE a Skylock. Spoločnosti boli vybraté na základe komplexnosti poskytovaných informácií a skúseností s implementáciou detekčných zariadení na letiskách. Obidva systémy sa svojou cenou za ponúkaný set podobajú. Cena zahŕňa okrem samotného systému aj náklady na implementáciu a zavedenie do prevádzky. Výhodou je, že obidva systémy je možné neustále rozširovať o nové zariadenia, a tak zabezpečovať čoraz väčšiu mieru bezpečnosti a prevádzkyschopnosti letiska.

Pod'akovanie

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

REFERENCIE

- [1] UAS ATM Airspace Assessment Discussion Document. In: *Eurocontrol* [online]. 27.11.2018. [30-11-2019] <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/publication/files/uas-atm-airspace-assessment-v1.2-release-20181127.pdf>.
- [2] Letové prevádzkové služby Slovenskej republiky. *Rozdelenie vzdušného priestoru*. [online]. Letové prevádzkové služby Slovenskej republiky, [cit. 25.4.2020]. Dostupné na internete: <https://www.lps.sk/sk/sluzby/letove-prevadzkoive-sluzby>
- [3] Drone defence for your airspace. In *Drone detection system*. [online]. [cit. 2019-11-30]. Dostupné na internete: <https://drone-detection-system.com/>.
- [4] Robin radar systems. In *HGH*. [online]. [cit. 2019-11-30]. Dostupné na internete: <https://www.robinradar.com/elvira-radar-combined-with-acoustic-detection-and-swissdrone-jamming-system>.
- [5] LOMAS, N. 2019. Drone sighting at Germany's busiest airport grounds flights for about an hour. In *Techcrunch*. [online]. 2019, [cit. 2020-3-1]. Dostupné na internete: <https://techcrunch.com/2019/05/09/drone-sighting-at-germanys-busiest-airport-grounds-flights-for-about-an-hour/>.
- [6] Letecký a námorný vyšetrovací útvar. 2020. *UAV žiadosť z ECR*. 2020-02-28. Osobná komunikácia.
- [7] KRŽÍZEK, J. 2020. *2020 UAV LKPR*. 2020-02-28. Osobná komunikácia.
- [8] SNEAD, J. 2018. *Establishing a Legal Framework for Counter-Drone Technologies*. [online]. Washington: The Heritage Foundation, 2018. [cit. 2020-01-15]. Dostupné na internete: https://www.heritage.org/sites/default/files/2018-04/BG3305_1.pdf.
- [9] *Elektrosmog Info: Radary* [online]. [cit. 23.01.2020]. Dostupné na internete: <http://elektrosmog.voxo.eu/radary>.
- [10] ELVIRA. In *robin radar systems*: [online]. [cit. 2020-03-08]. Dostupné na internete: <https://www.robinradar.com/elvira-anti-drone-system>.
- [11] *Radar Redefined: Moving Radar technology into the information age by powering a full digital picture of the sky* [online]. [cit. 20.02.2020]. Dostupné na internete: <http://www.aveillant.com/>.
- [12] Ultra-wideband direction finding antenna for real-time spectrum monitoring. *ISOLOG 3D DF*. [online]. 8 s [cit. 14.03.2020]. Dostupné na internete: https://downloads.aaronia.com/datasheets/antennas/IsoLOG/Aaronia_IsoLOG_3D_Antenna_Array.pdf.
- [13] *DEDRONE: Counter – Drone Technology Platform* [online]. [cit. 21.02.2020]. Dostupné na internete: <https://www.dedrone.com/>.
- [14] LEBOVITS, A. 2019. *Advanced Anti – Drone System*. 2019. 38 s. Nepublikované dokumenty.
- [15] KACHAN, O. 2019. *Company and Product Presentation*. 2019. 38 s. Nepublikované dokumenty.
- [16] NOVÁK, Andrej. 2015. *Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v leteckej*. Bratislava: DOLIS s.r.o., 2015. 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [17] ŠKULTÉTY, F., POLJAK, J., *Integration of UTM within the current airspace architecture. Is it even possible ?* In: *Aero – Journal* [print, electronic]: International Scientific Journal of Air Transport Industry. – ISSN 1338-8215. – Roč.13, č.2 (2019), s. 7 – 12.
- [18] KAZDA, A., 2012. *Airport design and security issues*. In *Ochrana civilní letecké dopravy* [print]: 1. medzinárodná vedecká konferencia. ISBN 978-80-86841-40-3. - S. 73-77.
- [19] KAZDA, A., 1995. *Letiská*. Žilina: Vysoká škola dopravy a spojov. 377 s. 1. vyd.
- [20] 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.

- [21] PECHO, P., MAGDOLENOVÁ, P. & BUGAJ, M. 2019. Unmanned aerial vehicle technology in the process of early fire localization of buildings. *Transportation Research Procedia* 40, pages 461-468
- [22] ŠKULTÉTY, F., BADÁNIK, B., BARTOŠ, M. & KANDERA, B. 2018. Design of Controllable Unmanned Rescue Parachute Wing. *Transportation Research Procedia* 35, pages 220-229
- [23] NOVÁK, A. *Communication and navigation*. - [1. vyd.]. - V Žiline : Žilinská univerzita - Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, 2008. - 135 s. - ISBN 978-80-8070-983-9.
- [24] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. *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. Erik Bujna –narodený v Leviciach absolvoval v roku 2017 Gymnázium sv Vincenta de Paul v Leviciach, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.

ANALÝZA AKTUÁLNYCH TRENDOV URČUJÚCICH SMER VÝVOJA BEZPILOTNÝCH PROSTRIEDKOV V CIVILNOM LETECTVE

ANALYSIS OF CURRENT TRENDS THAT DETERMINE THE DIRECTION OF DEVELOPMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN CIVIL AVIATION

Yosef Butuk

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

Viliam Ažaltovič

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

Abstract – This paper describes the current situation in the field of flying unmanned aircraft. It characterizes the legislative conditions in the Slovak Republic and the European Union and the areas of use of unmanned aerial vehicles. The main objective of the work is to analyze current trends that may affect the development of unmanned aircraft in civil aviation. The work also includes innovations in the field of unmanned aerial vehicles that could be implemented in the future. The conclusion of the bachelor thesis summarizes the results of the current analysis and predicting the future development of UAVs.

Key words – analysis, drones, UAV, UAS.

I. ÚVOD

Pred niekoľkými rokmi sa bezpilotné lietadlové systémy používali iba vo vojenskej oblasti z dôvodu vysokých nákladov a veľkých rozmerov výpočtovej techniky. V súčasnosti sa vzdušné dopravné prostriedky bez posádky používajú pre riešenie rôznych úloh, ktoré sa predtým riešili použitím lietadiel s posádkou.

Cieľom tejto práce je zjednotenie informácií o aktuálnom stave, pomerne rýchleho vývoja bezpilotných prostriedkov a následne vydedukovania možných scenárov ich rozvoja v budúcnosti.

II. ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

Akékoľvek vynálezy minulosti alebo inovácie moderného sveta sa vytvárajú s cieľom uľahčiť náš každodenný život a prácu. Bepilotné letecké prostriedky sú jednou z týchto inovácií. Vývoj technológií dovoľuje používať drony v rôznych sférach. Nová generácia digitálnych technológií ako umelá inteligencia, strojové videnie, spracovanie veľkého množstva dát umožňuje kvalitatívne rozšíriť rozsah úloh bezpilotných prostriedkov.

DELENIE UAV

Bepilotné letecké prostriedky sa dajú rozdeliť do niekoľkých tried v závislosti od rôznych kritérií, napríklad podľa dosahu, výdrže, maximálnej vzletovej hmotnosti, počtu motorov, zaťaženia krídel, využitia a iné. V tejto podkapitole sú uvedené delenia podľa spôsobu riadenia a konštrukcie.

Delenie podľa spôsobu riadenia

- Diaľkovo riadene
 - Ručné ovládanie
 - Automatizované ovládanie
- Autonómne [1]

Delenie podľa konštrukcie

- S fixnými nosnými plochami
- S pohyblivými nosnými plochami
- S rotujúcimi nosnými plochami
- S mávajúcimi nosnými plochami
- Aerostatického typu

Okrem uvedených skupín existujú aj rôzne zmiešané typy, ktoré sa nedajú jednoznačne priradiť ku ktorejkoľvek z uvedených skupín. [2]

POUŽITIE UAV

V dnešnej dobe vzrástol dopyt na drony napriek tomu, že pred pár rokmi boli považované len za hračky. Dnes sa drony používajú nielen pre zábavu, tvorbu pekných fotografií alebo videí, ale aj pre vykonávanie leteckých prác.

Jeden z najstarších smerov pre komerčné využitie UAV je doručovanie balíkov, nad ktorým pracujú najväčšie svetové spoločnosti a maloobchodníci. Dodanie dronom zahŕňa použitie bezpilotných prostriedkov – najčastejšie s rotujúcimi nosnými plochami. Testy kvadroptér a iných druhov dronov ako prostriedku na prepravu tovaru na rôzne účely sa vykonávajú po celom svete.

Použitie bezpilotných lietadiel v poľnohospodárstve je jednou z perspektívnych oblastí aplikácie tejto technológie. UAV

sa môžu účinne používať na plánovanie a monitorovanie etáp poľnohospodárskej výroby. Zariadenia poskytujú nielen letecké snímkovanie, ale aj postrek rastlín chemikáliami a dokonca aj sadenie obilja. Medzi základne smery používania dronov v poľnohospodárstve patria:

- Letecký prieskum pôdy;
- Lietanie okolo poľí na kontrolu práce najatého personálu;
- Monitorovanie poľí na identifikáciu zvierat;
- Monitorovanie umiestnenia a používania poľnohospodárskych strojov;
- Pasenie dobytka, hľadanie zvierat, ktoré sa odpojili od stáda a ich nasmerovanie späť;
- Identifikácia chorých zvierat v stáde pomocou dronu vybaveného termokamerou a potrebného softvéru;
- Tvorba elektronických terénnych máp;
- Zoznam plodín a poľí. [3]

Ďalšou sférou použitia UAV je pátranie a záchrana. Použitie leteckých dopravných prostriedkov bez posádky na pátranie a záchrany možno rozdeliť do štyroch hlavných skupín: odhaľovanie mimoriadnych udalostí, účasť na likvidácii, pátranie a záchrana obetí a hodnotenie spôsobených škôd. Pracujú rýchlo a presne, bez ohrozenia života pozemných záchranných tímov. Aby bolo možné vysielat' obraz a koordinovať prácu pozemných tímov, záchranári nainštalujú potrebné zariadenia na UAV. Najčastejšie sa jedná o videokameru a termokameru. Termokamera pomáha odhaliť ľudí v noci, v dymových oblastiach a pod korunami stromov. Video vysielanie umožňuje koordinovať prácu záchranného tímu. [4]

Taktiež, UAV môžu byť používané pre amatérske a profesionálne filmovanie a fotografovanie. Použitie dronov uľahčuje, zlacňuje tento proces, taktiež dáva viac možností pre rôzne zábery. Pre profesionálne filmovanie, filmové štúdiá nemusia prenajímať vrtuľníky a žeriavy, moderný dron na profesionálne filmovanie spolu so všetkými závesným príslušenstvom a kamerou stojí približne rovnaké peniaze, ale je to len jednorazová investícia. Následne, dron, ak sa s ním správne zaobchádzať, môže slúžiť filmovému štúdiu roky. [5]

III. AKTUÁLNE TRENDY V OBLASTI BEZPILOTNÝCH PROSTRIEDKOV

V posledných rokoch sú bezpilotné vzdušné prostriedky vo veľkej miere používané pre komerčné účely, a to vďaka čoraz väčšej miere integrácie technológií umelej inteligencie, zdokonaľovaniu elektronických a bezdrôtových riadiacich technológií a najmä zdokonaľovaniu konštrukcie viacmotorových dronov. S každým rokom všetky perspektívne technológie budú vylepšené, aby sa zvýšila účinnosť. Tým by sa mohol zvýšiť záujem o predaj, čo sa týka aj UAS. Vzhľadom na to, že bezpilotné lietadlá sú oveľa lacnejšie ako lietadlá s posádkou a vrtuľníky, tento trend sa iba zvýši, a budú zavádzané ďalšie možnosti pre uľahčenie výroby a prevádzky.

VYUŽITIE TECHNOLOGIÍ 3D TLAČE

Zavedenie 3D tlače je dôležitým krokom v rozvoji leteckého priemyslu. Tradičné technológie používané v leteckom

priemysle sú založené na ručnom zváraní, použití CNC, frézok a foriem. Tento prístup si vyžaduje veľa práce, času a surovín.

Použitie 3D tlače umožňuje vytvárať presné diely, pritom takzvané 3D tlačiarne sú schopné pracovať nepretržite. Okrem toho je nižšie množstvo odpadu v porovnaní s tradičnými technológiami a nižšie sú i ceny za vyrobené súčiastky. Aditívna výroba v porovnaní s klasickými metódami odstraňuje výrobné obmedzenia - môžete vyrábať vysoko presné diely bez predchádzajúcej prípravy na výrobnéj linke, čo zjednodušuje fázu prototypovania. [6]

ZVÝŠENIE BEZPEČNOSTI

Pomocou optických a ultrazvukových senzorov, GNSS modulov sa drony už vedú zorientovať v priestore a upozorniť pilota na priblíženie sa k objektom a možnú kolíziu. Zvýšenie bezpečnosti sa stalo dôležitým faktorom v priemysle bezpilotných prostriedkov vzhľadom na rast počtu používaných strojov. Pri nesprávnej prevádzke, často aj pod vplyvom takzvaného ľudského faktora, môže dôjsť ku zrážke s iným dronom alebo aj lietadlom. Taktiež je vysoká pravdepodobnosť ohrozenia bezpečnosti iných osôb a majetku. Preto spoločnosti vyrábajúce bezposádkové prostriedky vyvíjajú nové technológie a spôsoby pre zvýšenie bezpečnosti letu.

Padákové systémy

Použitie padáka pre bezpilotné lietadlá môže významne predĺžiť ich životnosť. Na rozdiel od vrtuľníkov, schopných pristáť pomocou autorotácie v prípade vysadenia motora, zlyhania motora alebo napájacieho systému kvadroptéra vždy vedie k jeho pádu. Pri značnej nadmorskej výške letu to vedie k úplnému zničeniu konštrukcie a zničeniu zariadenia a zavesenia. Bez padáku sa nedá vyhnúť nepredvídateľným situáciám: zlyhanie hlavných systémov UAV, vybitie batérie, poškodenie lopatiek, vysadenie motorov, atď. Padákový systém sa nainštaluje na hornú časť dronu, a v prípade, že systém zaznamená kritické chyby, vypne motory a spustí záchranný systém. Systém je možné aktivovať aj ručne z pozemného ovládacieho panela. Uvoľňovanie padáka je často riadené samostatnou jednotkou, nezávislou od riadiaceho systému. To zaisťuje spoľahlivú reakciu záchranného systému v prípade poruchy senzorov ovládača. Niektoré padáky sa dajú použiť znova po aktivácii pod podmienkou, že nie sú poškodené.

Systém zapisovania letových údajov

Nehody, ktoré sa občas vyskytnú s dronmi, sú dôsledkom chýb samotného pilota alebo sa vyskytujú v dôsledku nesprávnej funkcie prístroja. Systém na zaznamenávanie letových údajov dovoľuje sledovať údaje o rýchlosti, výške, čase letu, parametre motorov atď. Niektoré moderné drony majú funkciu posielat' okrem spomenutých údajov aj miesto, kde sa vykonával let, celú trať letu, úroveň signálu ovládača s dronom, úroveň nabitia batérie, celkový čas letu a mnoho ďalších. Počas letu sa na diaľkový ovládač alebo iné zariadenie, ktoré sa používa pre riadenie UAV, napríklad mobil alebo tablet, uložia údaje a následne sa cez doplnkové služby dajú analyzovať. Jedným z takých servisov je Airdata UAV. Dáta sa po autorizácii a nahrávaní do aplikácie môžu rozoberať a ak došlo ku nejakej chybe, dá sa analyzovať, prečo nastala. Pre drony, ktoré nemajú vlastné zapisovače letových údajov, taktiež vyvíjajú systémy,

ktoré by boli uložené vo vnútri drona, ak to dovoľí konštrukcia a rozmery. [7]

Systém GEO od DJI

Ďalším systémom ktorý by mohol zaistiť bezpečnosť letu s dronmi je GEO od DJI.

Systém GEO poskytuje pilotom dronov DJI aktuálne odporúčania v oblastiach, v ktorých môže byť let obmedzený z regulačných alebo bezpečnostných dôvodov. Prevádzkovatelia dostanú okrem informácií o umiestnení letísk v reálnom čase aj informácie o časových obmedzeniach letov, napríklad v dôsledku lesných požiarov, veľkých udalostí na štadiónoch a iných situácií.

Systém GEO má v prvom rade poradný charakter. Každý zodpovedný používateľ by si mal byť vedomý potreby získať úradné povolenia a potrebné dokumenty a mal by vedieť, aké sankcie môžu byť voči užívateľovi uložené v prípade porušenia zákonov alebo nariadení. [8]

DRONE RACING

Drone racing, ako už názov napovedá, je pretek s dronmi. Koncept nového športu so všetkými jeho inováciami je pomerne jednoduchý: drony sa ponáhľajú k cieľovej čiare rýchlosťou nad 100 km/h. Pripomína to počítačovú hru, ktorá sa skutočne deje. Bezpečnosť samotného drona závisí od pilotáže. Vzhľadom na rýchlosť, ktorá môže dosiahnuť 145 km/h, je riziko kolízie veľmi vysoké. Preto operátori potrebujú špeciálne, dokonale vyladené ovládače a niekoľko náhradných dronov. Na kontrolu sa používa systém FPV - zobrazenie z pohľadu prvej osoby. Pretekársky dron je teda nositeľom FPV - kamerou a video vysielateľom. Účastník pretekov používa špeciálne okuliare FPV alebo obrazovku na zobrazenie obrazu z palubnej kamery a pomocou diaľkového ovládania riadi dron. [9]

DRONE SHOW

Odnedávna získava popularitu používanie dronov pre takzvané „show drone“. Ide o svetelné predstavenia s veľkým počtom dronov, kde každý z nich je svetelným bodom a tieto body spolu vytvárajú pripravené logá, obrázky, texty, 3D modely na nočnej oblohe. Pre také predstavenia sa najčastejšie používajú kvadroptéry, ktoré musia byť vybavené dvomi nevyhnutnými komponentmi: RGB LED baterka a navigačný systém. Baterky by mali byť dostatočne výkonné a s nainštalovaným difúzorom, aby boli lepšie viditeľné zo všetkých strán. [10]

SPÔSOBY BOJA PROTI BEZPILOTNÝM PROSTRIEDKOM

Z dôvodu nárastu dopytu došlo k poklesu cien komponentov a k rozšíreniu softvéru vo verejnej sfére, čo uľahčilo vytvorenie „po domácky vyrobených“ zariadení na použitie pre nezákonné činy a zneužitie teroristickými skupinami. Preto orgány vnútornej bezpečnosti štátov implementujú rôzne opatrenia, aby zabránili týmto činom. Orgány vnútornej bezpečnosti štátu, ako aj polícia, môžu používať bezpilotné lietadlá vybavené výkonnejšími motormi. Takéto modely sa vyznačujú vyššou ochranou trupu a majú nainštalované zariadenia na ochranu pred útokmi iných bezpilotných lietadiel. Na zastavenie nelegálneho drona je možné zavesiť na bezpilotné lietadlo sieť a priblížiť sa čo najbližšie k narušiteľovi, aby sa vrtule zaplietli do siete.

Ako jedna z alternatív sa dá použiť špeciálna zbraň, ktorá strieľa siete. Tento spôsob je jednoduchý, ale účinný v malých výškach. Vo vojenskom priemysle používajú účinnejšie metódy boja proti UAS, napríklad akustické, laserové, mikrovlnové, systémy elektronickej vojny, bojové UAV a iné. [11]

IV. BUDÚCNOSŤ VÝVOJA BEZPILOTNÝCH PROSTRIEDKOV

Každým rokom sa všetky technológie modernizujú alebo nahrádzajú inými, efektívnejšími technológiami. Určite nás v budúcnosti čakajú nové materiály, ktoré sa budú používať v konštrukcii dronov. Skúmajú sa také, ktoré znížia váhu zariadenia, zvýšia pevnosť, výkonnejšie a účinnejšie batérie pre zlepšenie vytrvalosti a výkonu, možno aj iné spôsoby stavby UAV.

VYLEPŠENIE KYBERNETICKEJ BEZPEČNOSTI

V leteckom priemysle sa stále musí uchovať bezpečnosť, a preto je potrebné vymyslieť efektívnejšie spôsoby zachovania bezpečnosti aj v priemysle UAS. Dôležitou otázkou, ktorú treba v budúcnosti vyriešiť, je kybernetická bezpečnosť UAS. Na internete je veľa správ a informácií ako hackeri prevzali kontrolu nad dronmi, vrátane vojenských, aby ich ukradli na predaj alebo použili pre vlastné účely. Používajú pri tom nové metódy. Momentálne takých prípadov vzhľadom na počet predaných zariadení nie je veľa, ale je to len otázka času. Vážnou úlohou pre vývojárov je v blízkej budúcnosti vymyslieť efektívne spôsoby boja proti podobným činom. Je potrebné monitorovať nové hrozby a okamžite reagovať proti nim.

ALTERNATÍVNE ZDROJE ENERGIE DRONOV

V závislosti od úlohy, ktorú by mal plniť dron, je niekoľko faktorov ovplyvňujúcich výber zdroja. Zohľadňuje sa, či bude musieť bezpilotné lietadlo lietať na veľmi dlhé vzdialenosti alebo prevážať náklady veľkej hmotnosti, či bude lietať na kratšie vzdialenosti alebo dlhšie a nad oblaky. Tieto otázky majú výrazný vplyv na rozhodnutie o zdroji energie, pretože naznačujú veľmi odlišné režimy prevádzky.

Aby sa rozšírili hranice letových charakteristík dronov, batérie by mali byť menšie, ľahšie a účinnejšie. To sa bude dať v budúcnosti realizovať pomocou nových chemických zlúčenín. V prípade ukazovateľov špecifického výkonu kapacity existujúcich batérií sa zdá, že už je dosiahnutý určitý limit. Lítiové polymérne a lítium-iónové batérie sa stali veľmi malými a cenovo dostupnými najmä v dôsledku výroby mobilných telefónov. To viedlo k ich rozšírenému použitiu a dnes väčšina komerčných dronov používa tento typ batérií ako zdroj energie. Vloženie prídavných batérií do systému nezvyší čas letu ani zaťaženie, ktoré sa výrobcovia snažia zlepšovať.

Ako jedno z riešení by mohla byť výmena batérie počas prevádzky. Výmena by sa mohla vykonávať autonómne alebo aj manuálne človekom. Pre také riešenie je potrebná stanica pripojená na elektrické vedenie, solárne panely alebo aj iné alternatívne zdroje energie, kde sa bude vykonávať samotná

výmena a nabíjanie. Stanice by mohli byť nainštalované napríklad na strechách budov a veží. [12]

Aby sa vylúčili prípady havárií a incidentov pri pristáti za účelom výmeny batérie, je vymyslená ďalšia technológia. Bezpilotné prostriedky sa môžu nabíjať autonómne počas letu bez potreby pristátia pomocou laserových lúčov. Podľa tejto technológie by mal byť na pozemných systémoch nainštalovaný laserový generátor napájaný na zdroj elektrickej energie, ktorý vygeneruje laserový lúč a následne ho nasmeruje na optický prijímač drona. Pre efektívne nabíjanie je dôležité, aby boli pozemné systémy nainštalované vyššie budov, stromov a iných objektov, ktoré by mohli byť prekážkou pre laserový lúč. Dron by mal letieť nad pozemnou stanicou nižšou rýchlosťou a v menšej výške v závislosti od dosahu laseru. Nevýhodou tohto riešenia je to, že jeden laserový zdroj môže obsluhovať len jeden dron. [12]

Vodíkové palivové články sa považujú za perspektívne energetické systémy z dôvodu relatívne vysokej elektrickej účinnosti a absencie škodlivých emisií. Prevádzková doba UAV s vodíkovými palivovými článkami sa niekoľkokrát zvyšuje v porovnaní so zariadeniami na lítium-iónových batériách. Hmotnosť a rozmery sú rovnaké a široký rozsah teplôt umožňuje ich použitie v rôznych podmienkach. [12]

Hlavným problémom vodíkových palivových článkov je nedostatok infraštruktúry na dopĺňanie paliva týchto energetických systémov a ich relatívne vysoké náklady. Situácia sa však mení, palivové články sa stávajú lacnejšie. Napomáhajú tomu najväčší výrobcovia automobilov, ktorí už vyrábajú sériovo vyrábané automobily využívajúce vodíkové palivové články. [13]

Vyššie uvedené zdroje elektrickej energie majú určité prevádzkové obmedzenia, ale v prípade hybridizácie niekoľkých technológií v jednom zariadení by sa dala zefektívniť prevádzka UAV. Pod pojmom hybridizácie je myslené použitie dvoch prípadne troch zdrojov energie ktoré by mohli uviesť bezpilotné lietadlo do pohybu.

ADAPTÁCIA LEGISLATÍVY

Jedným z najdôležitejších faktorov, od ktorých závisí rýchlosť zavádzania leteckých bezposádkových dopravných prostriedkov vo verejnom a súkromnom sektore, sú otázky súvisiace s reguláciou. Štátne orgány regulujúce oblasť leteckej komunikácie sú zodpovedné za vytvorenie regulačného rámca a dohľad nad dodržiavaním týchto noriem a pravidiel, zatiaľ čo systém regulačných aktov týkajúcich sa využívania vzdušného priestoru sa neustále mení a. Pre štátne a medzinárodné zákonodarné orgány je ťažké držať krok s dynamikou rozvoja technológie leteckých dopravných prostriedkov bez posádky. V posledných rokoch sa bezpilotné letecké prostriedky vyvinuli zo záľuby do prvku pravidelnej leteckej prevádzky, pre ktorý sa vyvíja osobitný regulačný rámec na riešenie najnaliehavejších problémov. Národné a medzinárodné letecké úrady už začali vyvíjať regulačné požiadavky, ktoré zaručia bezpečnosť používania bezpilotných lietadiel na obchodné účely. Poisťovacie spoločnosti musia v tomto procese navyše zohrávať dôležitú úlohu. Ich úlohou je navrhovať politiky, ktoré chránia prevádzkovateľov a spoločnosti v oblasti bezpilotného lietadla pred poškodením a občianskou zodpovednosťou. Preto regulačné orgány v spolupráci so spoločnosťami budú nútené najst

rovnováhu medzi technickou bezpečnosťou dronov, ochranou verejnosti, majetku a súkromia a zároveň sa vyhnúť nadmernému tlaku na priemysel.

Služba riadenia letovej prevádzky zaisťuje bezpečnosť a pravidelnosť letov obchodnej leteckej prevádzky vo vzdušnom priestore, riešením v budúcnosti by mohlo byť zavedenie takzvaného UTM. UTM by mal byť analógiou ATM, ktorý by mohol byť použitý pre riadenie prevádzky UAS. Nová služba by mala predstavovať vytvorenie potrebnej technologickej infraštruktúry, ktorá umožní komunikáciu medzi dronmi a službou riadenia leteckej prevádzky, navigácie a sledovania dronov. [14]

BEZPOSÁDKOVÉ LIETAJÚCE TAXI

Na celom svete prebieha globálny vývoj možností využívania bezpilotných lietajúcich prostriedkov pre prepravu cestujúcich. Niekoľko veľkých spoločností už predstavilo svoje vlastné prototypy tejto technológie, vrátane spoločností Boeing a Airbus, ale novátorom sa stala čínska spoločnosť Ehang a nemecká spoločnosť Volocopter .

Technológia budúcnosti by mala pracovať podľa princípu obyčajného taxi len s niekoľkými inováciami. Zákazník si objedná taxi cez mobilnú aplikáciu, vyberie si destináciu a následne priletí autonómny bezpilotný lietajúci taxi a prepraví ho na určenú destináciu bez zápch a semaforov. Takéto inovácie si budú vyžadovať vylepšený softvér, väčšiu konštrukčnú kapacitu, robotizáciu a umelú inteligenciu. Ide o serióznu prácu s využitím leteckých a informačných technológií. Bude si to vyžadovať výraznú investíciu kapitálu zo štátnych a súkromných zdrojov, a adaptácií legislatívy.

UAV V SPOJENÍ S TECHNOLÓGIU AR

Pri výkonnostných športoch a outdoorových aktivitách je vysoká pravdepodobnosť zranení a úrazov. Je veľmi dôležité poskytnúť prvú pomoc, keď sa takéto situácie stanú ďaleko od zdravotníckych zariadení. Väčšinou je prvá pomoc v takýchto prípadoch poskytovaná bežným človekom, ktorý má len všeobecné poznatky o poskytovaní prvej pomoci. Aby bola starostlivosť o zraneného kvalifikovaná a nespôsobilá ďalšie škody, môže osoba v takejto situácii telefonicky sledovať pokyny zdravotníckych pracovníkov.

Inžinieri Purdue University pracujú nad systémom, ktorý by mohol uľahčiť vykonávanie tejto činnosti. Základom systému sú dron a okuliare rozšírenej reality, cez ktoré sa posiela obraz situácie zodpovednej osobe. Video z okuliarov sa zobrazuje na dotykovej obrazovke zdravotníkovi, ktorý tak môže kresliť na dotykovej obrazovke čiary, šípky, nápisy a lekárske nástroje so spôsobom správneho využitia. Všetky tieto informácie sa naspäť vysielajú a zobrazujú osobe poskytujúcej prvú pomoc, a sú „priviazané“ k telu pacienta. Táto technológia sa vymýšľa vo väčšej miere pre vojenské účely, ale taktiež by mohla byť použitá aj pre civilné účely v prípade potreby poskytnutia lekárskej pomoci v ťažko dostupných miestach. V tejto situácii môže dron vykonávať funkciu ďalšej kamery vysielajúcej údaje o pacientovi z väčšej vzdialenosti. a funkciu prepravy samotných AR okuliarov, prípadne potrebných lekárske pomôcok alebo liekov. Tato technológia ukazuje, že drony sa môžu aplikovať

v rôznych sférach. Možno v budúcnosti uvidíme ďalšie uplatnenie dronov a kombinácií nielen s AR, ale aj s inými technológiami. [15]

VÝVOJ ORNITOPTÉR

Najviac používanými dronmi sa stali kvadroptéry. Ako bolo hore uvedené, medzi výhody kvadroptér patrí schopnosť vertikálneho vzletu, vznášania sa na mieste a dobrá manévrovateľnosť. V prípade neustáleného priamočiareho letu však spotrebujú viac energie v porovnaní s UAV s fixnými nosnými plochami. Záujem o ornitoptéry sa neustále zvyšuje kvôli novej kombinácii najlepších vlastností oboch vyššie spomenutých typov UAV. Niektoré spoločnosti vyvíjajú svoje vlastné verzie ornitoptér s cieľom analyzovať všetky výhody aj nedostatky a možnosti použitia týchto typov bezpilotných lietajúcich zariadení. Ornitoptéry zatiaľ nie sú sériovo vyrábané vzhľadom na niektoré problémy spojené s komplikovanou stavbou a údržbou týchto zariadení a nedostatočným výskumom problémov, ktoré môžu nastať so zariadením počas letu.

V. ZÁVER

Hlavným cieľom práce bolo získanie a analýza informácií o súčasných bezpilotných leteckých prostriedkoch a zhodnotenie aktuálnych trendov, ktoré by mohli ovplyvniť budúcnosť v tejto oblasti. Pri spracovaní práce sme sa dopracovali k zaujímavým faktom a informáciám o bezpilotných prostriedkoch. Analýza rôznych zdrojov ukázala, že prevádzka dronov je vo väčšine prípadov spojená s fotografovaním a filmovaním. Letecké fotografovanie z UAV môže úspešne nahradiť tradičné metódy leteckého fotografovania a pozemných spôsobov zberu priestorových údajov s cieľom vytvárať topografické plány a mapy. Presnosť a kvalita fotografií, videí a ortofotomáp vytvorených v dôsledku spracovania leteckých fotografií pomocou UAV nie je nižšia ako presnosť materiálov získaných tradičnými metódami, ktoré si vyžadujú značné investície času a peňazí.

Súčasne zdroje energie pre bezpilotné prostriedky nie sú dostatočne efektívne. Pohonné jednotky s vnútorným spaľovaním sa vo väčšej miere inštalujú vo vojenských UAV alebo aj v modeloch lietadiel a majú svoje nevýhody. Väčšiu časť civilných UAV poháňajú elektromotory, ktoré odoberajú energiu z batérií. Ich hlavnou nevýhodou je krátka prevádzková doba a pomerne veľká váha. Obsahom práce taktiež sú príklady technológií, ktoré by mohli byť v budúcnosti aplikované a alternatívne zdroje energie. Výsledkom analýzy alternatívnych zdrojov je to, že najefektívnejšie by bolo integrovať viac zdrojov elektrickej energie v jednom drone, čo dovoľí kompenzovať nevýhody jednotlivých zdrojov.

Rozvoj v oblasti UAV je pomerne spomalený legislatívou, ktorá musí maximalizovať bezpečnosť obyvateľov a ich majetku, aby nedošlo k narušeniu ich súkromia, čo by malo spoločnosti povzbudiť, aby prišli so spôsobmi ako túto bezpečnosť udržať.

Pod'akovanie

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

REFERENCIE

- [1] Gaurav Singhal, Babankumar Bansod, Lini Mathew. 2018. [online]. Unmanned Aerial Vehicle classification, Applications and challenges: A Review [cit. 2020-03-24]. Dostupné na internete: <https://www.researchgate.net/publication/329422590_Unmanned_Aerial_Vehicle_Classification_Applications_and_Challenges_A_Review>.
- [2] Vladimír Fetisov. 2014. Bepilotné letectvo: terminológia, klasifikácia, súčasný stav (v ruštine). Ufa: FOTON, 2014. 10-36 s. ISBN 978-5-9903144-3-6
- [3] Innovation in Farming. [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné na internete: <<https://www.adama.com/en/products-and-services/innovation-in-farming/>>.
- [4] Drones for search & rescue missions. [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné na internete: <<https://altigator.com/drones-for-search-rescue-missions/>>.
- [5] UAVs: what's the big change in the film industry? [online]. [cit. 2020-03-14]. Dostupné na internete: <<https://www.baatraining.com/uavs-whats-the-big-change-in-the-film-industry/>>.
- [6] Manya Jha. 2017. How 3D Printing is making Drones Affordable and Accessible. In Entrepreneur India [online]. [cit. 2020-03-20]. Dostupné na internete: <<https://www.entrepreneur.com/article/292815>>.
- [7] Sample Views of Airdata UAV. [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné na internete: <<https://airdata.com/features#tabpanel-1>>.
- [8] Fly Safe Geo Zone Map. [online]. [cit. 2020-03-26]. Dostupné na internete: <<https://www.dji.com/ru/flysafe/geo-map>>.
- [9] Korey Smith. 2015. Drone Racing: What is it? [online]. [cit. 2020-03-17]. Dostupné na internete: <<https://myfirstdrone.com/blog/drone-racing-what-is-it>>.
- [10] Skymagic Technology. [online]. [cit. 2020-04-02]. Dostupné na internete: <<https://skymagic.show/about/technology/>>.
- [11] Skywall Captures Drones and Protects. [online]. [cit. 2020-04-02]. Dostupné na internete: <<https://openworkengineering.com/skywall-patrol/>>.
- [12] Mohamed Nadir Boukoberine, Zhibin Zhou, Mohamed Benbouzid. 2019. [online]. Power Supply Architectures for Drones - A Review. [cit. 2020-04-07]. Dostupné na internete: <https://www.researchgate.net/publication/336669179_Power_Supply_Architectures_for_Drones_-_A_Review>.
- [13] Kristína Rudich. 2019. Drony pracujúce na vodíku: prečo nie sú nebezpečné a ako ich spoločnosť BM Power startup používa v ropnom priemysle a dodávkach nákladu. (v ruštine). [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné na internete: <<https://hightech.fm/2019/10/22/bm-power>>.
- [14] Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM). [online]. [cit. 2020-04-17]. Dostupné na internete: <https://www.faa.gov/uas/research_development/traffic_management/>.
- [16] Jared Kaltwasser. 2018. Augmented Reality Allows Specialists to Provide Care in Remote Locations. In Inside Digital Health. [online]. [cit. 2020-04-28].

Dostupné na internete:

<<https://www.idigitalhealth.com/news/augmented-reality-allows-specialists-to-provide-care-in-remote-locations>>.

- [17] Škultéty, F., Badánik, B., Bartoš, M. & Kandra, B. 2018. Design of Controllable Unmanned Rescue Parachute Wing. Transportation Research Procedia 35, pages 220-229
- [18] Pecho, P., Magdolenová, P. & BUGAJ, M. 2019. Unmanned aerial vehicle technology in the process of early fire localization of buildings. Transportation Research Procedia 40, pages 461-468
- [19] Pecho, P., Ažaltovič, V., Kandra, 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.
- [20] Kazda, A., Caves, R.E. 2007. Airport Design and Operation. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6.
- [21] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva. - 1. vyd. - Žilina : Žilinská univerzita, 2010. - 125 s., [AH 6,82; VH 7,24]. - ISBN 978-80-554-0300-7.

Yosef Butuk – narodený dňa 27.08.2000 v Černoviciach, Ukrajina, absolvovala v roku 2017 Multidisciplinárne lýceum v Černoviciach, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor profesionálny pilot.

HYBRIDNÉ POHONY LIETADIEL

HYBRID AIRCRAFT PROPULSION

Dominika Dančová

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

Michal Janovec

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

Abstract - The aim of this paper is to evaluate the propulsion of aircraft from the present to the future development of the aviation industry. The paper describes the negative effects on the environment, new possible solutions for drives, as well as design modifications of engines. The first chapter is focused on the current propulsion of aircraft and their basic division. Described piston and jet engines. The second and third chapters describe the propulsion of hybrid and electric aircraft. They have great potential for reducing fuel consumption in aviation, as fuel prices are constantly rising. Hybrid electric propulsion systems not only provide fuel economy benefits, but also reduce take-off noise and emissions. The final chapter is focused on the results of research into the development of hybrid and electric drives, evaluated possible assumptions of success of individual parts.

Key words: current aircraft propulsion, harmful emissions, noise, hybrid aircraft propulsion, electric aircraft propulsion, revolutionary technologies, development.

I. ÚVOD

V súčasnej dobe vzniká čoraz väčší záujem o ekologické problémy a spolu s tým súvisiaca ochrana životného prostredia. Otázky životného prostredia sa v plnej miere dotýkajú leteckej dopravy, ktorá už niekoľko desaťročí aktívne reaguje na tento problém. Vznikajú rôzne názory, ako aj názor, že civilné letectvo negatívne ovplyvňuje životné prostredie už niekoľko desaťročí. Letecká doprava prispieva ku celosvetovému znečisťovaniu a ku globálnemu otepľovaniu atmosféry v podstatne v malom rozsahu. Ak si porovnáme s leteckou dopravou cestnú a železničnú dopravu, zistíme, že plošne produkujú oveľa väčšie množstvo hluku pre obyvateľstvo ako letecká doprava. Ale aj tak ostaneme pri otázkach ako znížiť vznik emisií, hluku a spotreby paliva[11].

Globálne zameranie na opatrenia v oblasti klímy vyvolalo výrazne zvýšenú intenzitu výskumných a technologických činností s cieľom zlepšiť energetickú účinnosť a rozšíriť využívanie obnoviteľných energií. Presnejšie povedané,

cieľom tohto odvetvia je znížiť znečisťovanie v leteckej doprave do roku 2050. Prispieť ku tomu všetkému majú výskumy v oblasti:

- *hybridných pohonov lietadiel,*
- *elektrických pohonov lietadiel.*

Letecká doprava si vyžaduje nové konštrukcie a nápady, nové technologické postupy vzhľadom na neustály nárast cien pohonných hmôt ako aj nároky, ktoré sa kladú na letecké pohonné jednotky. Revolučné technológie, inovácie v konštrukcii krídel, návrhy budúcich modelov lietadiel a priblíženie ich predpokladov do budúcnosti nám dáva príležitosť vidieť možnosti ďalšieho vývoja, či už ide o inovácie elektrického pohonu alebo hybridného pohonu.

II. SÚČASNÉ POHONNÉ JEDNOTKY

Neustálym rastom leteckej dopravy, rastie aj spotreba pohonných hmôt. Čoraz väčším spotrebovaním pohonných hmôt sa zvyšuje aj počet vyprodukovaných škodlivých emisií. Najdôležitejším cieľom leteckej dopravy je neustále znižovanie vyprodukovaných emisií, aby mali čo najmenší dopad na životné prostredie, ale zároveň vyvinúť čo najefektívnejšie pohonné jednotky.

Dôležitými súčasťami je doceliť zvýšenie teploty pred plynovou turbínou, zvýšenie obvodových rýchlostí v nízkotlakovom kompresore pomocou zmeny tvaru lopatiek s použitím pevnejšieho materiálu lopatiek. Materiály použité pri konštrukcii pohonnej jednotky sú taktiež dôležitou súčasťou jej bezpečnosti, účinnosti a efektívnosti. Monitorovaním stavu motora dokážeme splňať požiadavky kladené na letecké motory, ako sú spoľahlivosť, dlhá životnosť motora a jeho komponentov. Taktiež nás dokáže v dostatočnom čase upozorniť na prípadné poruchy a nedostatky, čo nám nepriamo znižuje prevádzkové náklady [1].

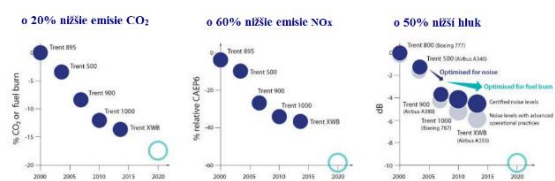
PIESTOVÉ MOTORY

Ako príklady piestových motorov je uvedený M337, ktorý je známy hlavne kvôli využitiu v lietadlách ako napríklad Z-142 alebo Z-43, ktoré sa nachádzajú aj na Žilinskej univerzite v Žiline, a tvoria súčasť pre letecké výcvikové vzdelávanie

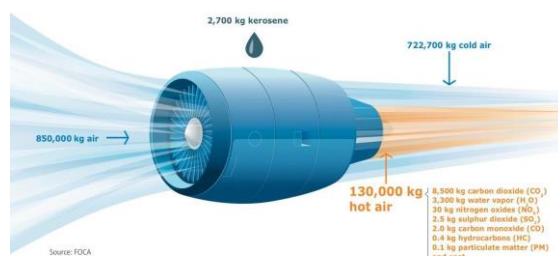
študentov. Ide o typ motora, ktorý vďaka adaptácii olejového a palivového systému umožňujú aj akrobatickú prevádzku. Druhý motor je SR460 určený pre nové programy jednomotorových alebo viacmotorových lietadiel pre profesionálne alebo súkromné využitie. Je to menej známy motor vyrobený francúzskym výrobcom, prezentovaný na Paris Air Show 2015. Jeho napájací systém bol upravený s použitím šiestich nezávislých čerpadiel poháňaných vačkovým hriadeľom namiesto jedného predchádzajúceho vysokotlakového čerpadla. Toto usporiadanie bolo jednoduchšie, vyžadovalo menej častí a umožnilo získať ešte presnejšie vstrekovanie paliva pre každý valec [4][5].

PRÚDOVÉ MOTORY

Za prúdový najúčinnjší motor na svete sa považuje Rolls-Royce Trent XWB, ktorý poskytuje špičkovú efektívnosť, najnovšie technológie systému, vyspelých materiálov a zároveň prináša úspory hmotnosti a zlepšenú aerodynamiku. GE9X, ktorý zaraďujeme tiež medzi najväčšie a najvýkonnejšie komerčné motory na svete zahŕňa najpokrokovejšie technológie spoločnosti GE aby poskytoval bezkonkurenčný výkon. Oba motory patria medzi motory, ktoré boli navrhnuté s ohľadom na životné prostredie, zároveň aby patrili medzi najtichšie motory s najnižším vznikom škodlivých emisií a najnižšou spotrebou paliva. Rolls-Royce Trent XWB nám prináša svojim postupným vývojom zníženie emisií CO₂ až o 20% oproti svojim predchodcom od roku 2000. Rovnako ako emisie CO₂ tak aj emisie NO_x majú svoje výrazné zníženie v porovnaní s rokom 2000 a to až o 60%. Zníženie hladiny hluku oproti roku 2000 nám klesne až o 50%, čo predstavuje výrazné zníženie [6][8].



Graf 1: Emisie RollsRoyce Trent [8]



Obrázok 1: Emisie dvojmotorového lietadla za 1hod/150 pasažierov [10]

III. HYBRIDNÉ POHONY LIETADIEL

Primárnym zámerom spoločností a výrobcov hybridných a elektrických pohonov lietadiel je vyvinúť metódu vhodnú pre dosiahnutie plne elektrického pohonu. Plne elektrický pohon začína najskôr hybridným pohonom, s energiou dodávanou uhl'ovodíkovými palivami a následne je cieľom prejsť

k plne elektrickému systému s batériami na zabezpečenie energie k pohonu. Hybridný elektrický pohon používa elektrickú energiu v kombinácii s aspoň jedným ďalším zdrojom energie. Hybridné pohony majú úzky súvis s emisiami a kvalitou životného prostredia. Európska únia tvrdí, že priame emisie z leteckej dopravy predstavujú približne 3% celkových emisií skleníkových plynov v EÚ a viac ako 2% globálnych emisií. Čísla naznačujú, že ak súčasná technológia nebude dosahovať pokroky, výstup CO₂ z leteckej dopravy sa pravdepodobne zvýši. Je to najmä kvôli, čoraz väčšiemu vyhľadávaniu leteckej dopravy v Číne, Indii, afrických a juhoamerických krajinách, ktoré stále viac uprednostňujú lietanie. Aj keď sú kompenzované krajinami, ktoré sa usilujú o zníženie emisií CO₂, stále to znamená celkový globálny nárast emisií CO₂ z leteckej dopravy o 5% [11].

Skutočné výhody nám môžu priniesť architektúry pohonu, vďaka zníženým emisiám a vývoj motorov na prechod k plne elektrickým lietadlám. Medzi rôznymi architektúrami pohonu uvažovanými pre budúce lietadlá možno rozlíšiť tieto hlavné kategórie, ktoré sa spoliehajú na rôzne technológie:

- **turbo – elektrická architektúra**
 - plne turboelektrická architektúra
 - čiastočná turboelektrická architektúra
- **hybrid – elektrická architektúra**
 - sériová hybridná architektúra
 - paralelná hybridná architektúra
- **elektrická architektúra**

Zvýšená prevádzka lietadiel na letisku alebo okolo neho, kde sa nachádza, tiež produkuje emisie, ktoré znižujú kvalitu vzduchu. Riziko predstavuje tvorba oxidov dusíka, NO_x, jemných častíc (Particle Material - PM_{2,5}; PM₁₀) a ozónu (O₃). Druhým faktorom nespokojnosti obyvateľov, ktorí sa nachádzajú pri letiskách, je hluk. Zavedením lietadiel poháňaných elektrickým pohonom existuje potenciál na podstatné zníženie hladiny hluku, nakoľko neprodujú také množstvo hluku ako lietadlá poháňané spaľovacími motormi. Zníženie množstva potrebného paliva, znižuje náklady na prevádzku lietadla. To sa časom zmení na väčšie náklady, ak sa predpokladá znížená dostupnosť ropy a jej náklady sa zvýšia.

Z toho vyplýva cieľ pre čistejšiu leteckú dopravu a to zníženie emisií CO₂, NO_x, PM_{2,5} a O₃, hluku a nákladov na palivo [11][12].

HYBRID – ELEKTRICKÉ LIETADLÁ

Hybridné elektrické lietadlá sa v blízkej budúcnosti považujú za veľmi účinnú náhradu za konvenčné lietadlá krátkého a stredného doletu. Mnoho veľkých spoločností v oblasti letectva a elektrických zariadení investuje do tejto technológie, ako napríklad Airbus, Siemens, Rolls-Royce, Boeing a ďalšie. Rôzne štúdie tvrdia, že bude možné úplne nahradiť 60% až 70% všetkých tradičných regionálnych lietadiel hybridnými lietadlami. V novembri 2017 uzavreli Airbus, Rolls-Royce a Siemens partnerstvo s cieľom vytvoriť hybridné elektrické demonštračné komerčné lietadlo E-Fan X, ktoré dokáže prepraviť 50 - 100 cestujúcich na palube, lietať na regionálnych a krátkych trasách s predpokladaným uvedením do prevádzky okolo roku 2035. Cieľom spoločnosti je do roku 2030 zníženie emisií o 25%. V USA spoločnosť Boeing a americká letecká spoločnosť založili spoločnosť Zunum Aero, ktorej cieľom je vyvinúť komerčné

hybridné elektrické lietadlo. Ako prvým jeho plánom bolo uviesť do prevádzky lietadlo v roku 2023, ktoré by dokázalo prepraviť 15 cestujúcich a letieť vo výške až do 1111,2 km. Medzi ďalšie plány spoločnosti Zunum patrí zavedenie hybridného lietadla krátko do roku 2027, ktoré by bolo schopné prepraviť 50 cestujúcich a letieť vo výške do 1852 km. Okrem toho existujú plány rozvoja pre 100-miestne lietadlo, ktoré by bolo schopné lietať až do 2800 km. Lietadlo by dokázalo znížiť 80% emisií CO₂ a očakáva sa, že sa uvedie do prevádzky okolo roku 2030. STARC-ABL, jeden z projektov X-lietadla NASA, je turboelektrické lietadlo, ktoré by malo prepraviť až 150 cestujúcich a predpokladá sa, že vstúpi do prevádzky v rokoch 2035 až 2040, s výhodami zníženia emisií o 10%. DaVinci s hybridným elektrickým pohonným systémom ponúka oveľa nižšie náklady ako akékoľvek iné lietadlo vo svojej triede. E-Fusion je dvojmiestny, hybrid-elektrický dolnoplošník. Lietadlo má prázdnu hmotnosť 410 kg a maximálnu vzletovú hmotnosť 600 kg. Vyžaduje si vzletovú vzdialenosť medzi 120 - 130 m a pristávaciu vzdialenosť od 150 - 200 metrov [11][16][17].

Tabuľka 4: Prehľad koncepcií hybrid - elektrických lietadiel [11][22].

HYBRID-ELEKTRICKÉ LIETADLO	ELEKTRICKÁ ENERGIA	UVEDENIE DO PREVÁDZKY	ZNÍŽENIE CO ₂	ROZSAH	POČET PASAŽIEROV
E-Fan X	8-16 MW	2030-35	25%	regionálne	50-100
ZunumAero	4-5 MW	2027	80%	regionálne	50
ZunumAero	15 MW	2030-35	80%	2800 km	100
STARC-ABL	2-3 MW	2035-40	10%	regionálne	150
DaVinci	N.A	2017	-	N.A	2+2
e-Fusion	60 kW	2016	-	1100 km	2

IV. ELEKTRICKÉ POHONY LIETADIEL

Plány na využitie elektriny ako čistej pohonnej energie pre lietadlá nedávno dosiahli výrazný pokrok. Elektromotory počas svojej činnosti neprodukujú žiadne emisie, čo z nich robí zásadný technologický prvok pri dosahovaní environmentálneho cieľa do roku 2050. Výroba elektrickej energie dnes zjavne nie je bez emisií, ale dá sa očakávať, že súvisiace emisie výrazne klesnú do roku 2050, vďaka silnému trendu smerom k obnoviteľným energiám vo všetkých odvetviach globálnej ekonomiky. Výrobcovia lietadiel v spojení s poskytovateľmi elektrických zariadení alebo špecializovanými spoločnosťami v súčasnosti vyvíjajú elektrické technológie slúžiace ako pohonná energia a dodávajúca energia na palubu lietadla. Najväčším problémom, s ktorým sa letecký priemysel stretáva spočíva v akumulátoroch. Aby sa z celoelektrického systému stala realita, je potrebná batéria s vyššou hustotou energie, ako je v súčasnosti k dispozícii, s dlhšou životnosťou a zvýšenou spoľahlivosťou. Z krátkodobého hľadiska môžeme povedať, že vývoj komerčne veľkých lietadiel typu „elektricky-hybridné“ budú skôr prístupné ako „elektrické“ [11] **Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**

Očakáva sa, že radikálne nové návrhy pohonných hmôt budú mať významný vplyv na zníženie spotreby paliva pre budúcu flotilu, a že implementácia revolučných motorov a elektrických lietadiel umožní v nadchádzajúcich desaťročiach veľmi výrazné úspory paliva a emisií. Ak všetky súčasné komerčné lietadlá majú konvenčnú konfiguráciu trupu a krídel,

pre budúce draky lietadiel sa zvažujú, aj nové konfigurácie s vyššími výhodami palivovej úspornosti. Najvýznamnejšie inovácie v oblasti technológií pohonu lietadiel sú:

- *technológia príjmu hraničných vrstiev*
- *technológia otvoreného rotora*
- *aerodynamická technológia*
- **v oblasti konfigurácii krídel:**
- *vystužené krídlo*
- *zmiešaná konštrukcia (samokrídlo)*
- *koncept malých BWB*
- *„Flying-V“*

Všetky tieto návrhy sú výrazne šetrnejšie k životnému prostrediu, ako konvenčné návrhy lietadiel a nielen úspornejšie, ale aj tichšie. Pre každú koncepciu uprednostňujú použiteľnosť na krátke alebo dlhé vzdialenosti. Okrem použitia generátora poháňaného konvenčným spaľovacím motorom na premenu mechanickej energie na elektrickú energiu sú dvoma hlavnými zariadeniami uvažovanými pre elektrický pohonný systém pre dopravné lietadlá akumulátory a palivové články [11][23].

ELEKTRICKÉ LIETADLÁ

Lietadlá poháňané akumulátormi dosahujú vo všeobecnosti najvyššie možné zníženie emisií CO₂ a environmentálny prínos. Počas prevádzky nevytvárajú emisie CO₂, ani znečisťujúce látky, ktoré ovplyvňujú kvalitu vzduchu a ich hluk je omnoho nižší, ako hluk lietadiel poháňaných spaľovacími motormi. Otázniky zostávajú nad CO₂ pri výrobe elektrickej energie. Niektoré štáty plánujú zníženie emisií CO₂ do roku 2050 o 90%. Predpokladá sa po roku 2040 viac ako 80% elektrickej energie neobsahujúcej CO₂ [11].

Spoločnosť Pipistrel v oblasti neustáleho vývoja, kvality, špičkovej technológie, lietania bez toho, aby došlo k poškodeniu životného prostredia toxickými plynmi alebo nadmerným hlukom predstavuje ALPHA Electro. Výkon ALPHA Electro je prispôbený potrebám leteckých škôl. 13% energie sa pri každom priblížení rekuperuje, čím sa zvyšuje vytrvalosť a súčasne umožňuje krátke - pristátie na poliach. X-57 Maxwell NASA je ďalším príkladom plne elektrického experimentálneho lietadla navrhnutého tak, aby demonštrovalo, že plne elektrický letún môže byť účinnejší, tichší a ekologickjší ako letúny poháňané tradičnými spaľovacími motormi. Iným typom plne elektrického lietadla môže byť plne elektrický VTOL (vertikálne vzletové a pristávacie lietadlo), ktoré môže prepraviť až dve osoby a lietať až 300 km za hodinu. Bezpilotný prototyp absolvoval svoj prvý let v roku 2017, väčšia päťmiestna verzia prvýkrát vykonala let v máji 2019, kde dokázala prepraviť 4 cestujúcich + pilot s dosahom 300 km, rýchlosťou 300km/h a s 36 elektrickými motormi [25][26].

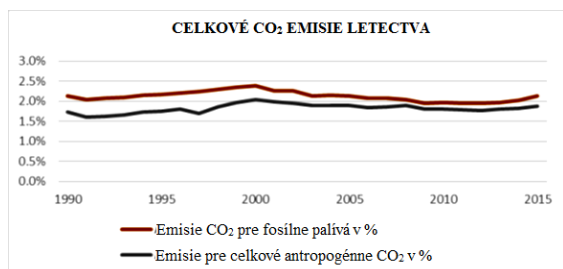
Ce-Liner s konfiguráciou krídla tvaru C, ktorý v porovnaní s konvenčným dizajnom draku výrazne zlepšuje jeho aerodynamickú účinnosť, aby sa minimalizovala spotreba energie a tým aj hmotnosť akumulátora. Lietadlo s maximálnou kapacitou sedadiel 189 cestujúcich vo verzii s jednou triedou a s rozsahom 1666 km je schopná vstúpiť do prevádzky do roku 2035 [11].

NASA skúmala koncepty BWB s distribuovanými turboelektrickými pohonnými systémami v posledných desiatich rokoch a predpovedala úspory paliva až 70%. Nedávny pokrok v navrhovaní malých BWB, by mohol viesť k novým príležitostiam

v tejto oblasti. Malé BWB typicky pokrývajú kategóriu sedadiel od 100 do 150, ktorá je oveľa lepšie prispôbena rôznym konceptom hybridného a elektrického pohonu. Ako príklad je N3-X založený na konštrukcii samokrídla, ktorá je určená na zlepšenie aerodynamiky, palivovej úspornosti, emisií a hluku. N3-X používa niekoľko supravodivých elektrických motorov na poháňanie distribuovaných ventilátorov na zníženie spaľovania paliva, emisií a hluku. Airbus predstavil nové lietadlo Maveric. Ide taktiež o samokrídlo, kde trup je súčasťou krídla, čo napomáha k zníženiu odporu a k zlepšeniu obtekania vzduchu. S dĺžkou 2 metre a šírkou 3,2 m s povrchovou plochou asi 2,25 m² má rušivý dizajn lietadla, ktorý má v porovnaní so súčasnými jednoplošnými lietadlami potenciál znížiť spotrebu paliva až o 20% [11][23][30][31].

ZHDNOTENIE HYBRIDNÝCH A ELEKTRICKÝCH POHONNÝCH SYSTÉMOV

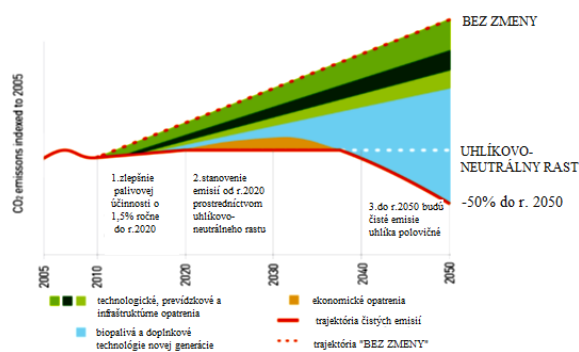
Neustále zlepšovanie palivovej účinnosti lietadiel hrá rozhodujúcu úlohu pri dosahovaní cieľa zníženia emisií CO₂ do roku 2050. Technologické inovácie, ako sú ľahšie materiály, vyšší výkon motora a aerodynamické vylepšenia, od začiatku doby skutočne znížili spotrebu paliva na kilometer na osobu o viac ako 70%. V budúcnosti sa očakáva ďalšie výrazné zníženie z nových technológií. Keď sa však zavedú nové, účinnejšie lietadlá, trvá to niekoľko rokov po uvedení do prevádzky, kým sa na trh nedostane dostatočný počet a ich výhody sa nezaznamenajú na úrovni palivovej účinnosti svetovej flotily.



Graf 2: Vývoj celkových CO₂ emisií letectva [11].

S prihliadnutím na súčasnú dynamiku smerom k obnoviteľnej energii a záväzky štátov podľa parížskej dohody je pravdepodobné, že iné priemyselné odvetvia sa v nadchádzajúcich desaťročiach presunú k dekarbonizácii. Jedným príkladom je nahradenie vozidiel fosílnych palív elektrickými. Letectvo musí vynaložiť veľké úsilie na zníženie svojich emisií CO₂ podobným tempom [11].

Konfigurácie elektrických lietadiel napájaných akumulátorom sa obmedzia na malé lietadlá (všeobecné letectvo), ktoré nie sú významným zdrojom emisií CO₂ v porovnaní s väčšími lietadlami. V prípade veľkých lietadiel je pravdepodobné, že aplikácie palivových článkov sa obmedzia na sekundárne systémy, ako sú pomocné energetické jednotky a štartovacie systémy a iné. Predtým, ako sa tieto zdroje energie zväžia pre veľké lietadlá, bude sa musieť dosiahnuť značné zlepšenie špecifickej energie akumulátorov a palivových článkov.



Graf 3: Plán znižovania emisií CO₂ [11].

Koncepcie turboelektrického pohonu do veľkej miery závisia od pokroku v technológiách elektrických energetických systémov lietadiel. Tieto technológie zahŕňajú generátorové systémy na výrobu elektrickej energie, výkonová elektronika na konverziu, úpravu a distribúciu energie, vysokovýkonná distribúcia lietadiel, ktorá zahŕňa ochranu obvodu, motory a skladovanie energie. Technologické elektrických systémov predstavujú množstvo problémov týkajúcich sa systému riadenia teploty (TMS). Elektrické technológie tiež generujú veľké množstvo tepla počas prevádzky, ktoré by malo byť riadené TMS, čo z nich robí rozhodujúcu súčasť turboelektrického pohonného systému. Systém riadenia teploty je dôležitým aspektom, pretože môže ovplyvniť nielen výkon elektrického pohonného systému, ale aj výkon lietadla. Výsledkom je, že štrukturálne a aerodynamicky účinnejšie konfigurácie môžu pomôcť pri riešení týchto problémov [23].

V. ZÁVER

V článku sme si povedali o postupných inováciách, o pokračujúcom raste odvetvia letectva a jeho zvýšenom výrobnom tempe. Tým sa vyvíja široká škála technologických inovácií s cieľom zlepšiť palivovú účinnosť lietadiel a znížiť spotrebu paliva, vznik emisií a hluku. Posun k postupnej elektrifikácii predstavuje riziko, pretože tento nový model vytvára množstvo technických prekážok, napríklad zlepšenie súčasného ukladania energie, kapacita akumulátorov, ako aj ľahké a efektívne elektrické generátory, motory a výkonová elektronika, ktoré sú schopné prevádzkať, upravovať a prepínať na vysokonapäťové napájanie. Z hodnotenia týchto technológií možno vyvodit' niekoľko záverov :

- Súčasná konfigurácia lietadiel trup a krídlo poháňaná spaľovacími motormi uhl'ovodíkovým palivom sa neustále vyvíjala. Spaľovanie paliva lietadlom na osobu na kilometer sa znížilo o viac ako 70% a je možné znížiť súčasné spaľovanie paliva približne o ďalších 30% bez toho aby došlo k radikálnym zmenám v konfigurácii a pohone lietadla.

- Hybridné elektrické lietadlá sa v blízkej budúcnosti považujú za veľmi účinnú náhradu za konvenčné lietadlá krátkeho a stredného doletu. Predpokladá sa, že ťažké batérie by sa mohli nahradiť vodíkovými palivovými článkami, len vtedy ak bude existovať spoľahlivá celosvetová sieť na dodávku vodíka. Tieto lietadlá sú navrhnuté tak, aby nahradili konvenčné lietadlá poháňané spaľovacími motormi na regionálnych trasách. Rôzne štúdie tvrdia, že bude možné úplne nahradiť 60 až 70% všetkých tradičných regionálnych lietadiel hybridnými lietadlami.

• Lietadlá poháňané batériami dosahujú vo všeobecnosti najvyššie možné zníženie emisií CO₂ a environmentálny prínos. Počas prevádzky nevytvárajú emisie CO₂ ani znečisťujúce látky, ktoré ovplyvňujú kvalitu vzduchu a ich hluk je omnoho nižší ako hluk lietadiel poháňaných spaľovacími motormi. Výroba elektrickej energie dnes zjavne nie je bez emisií, ale dá sa očakávať, že súvisiace emisie výrazne klesnú do roku 2050 vďaka silnému trendu smerom k obnoviteľným energiám vo všetkých odvetviach globálnej ekonomiky.

Otázka alternatívnych pohonných systémov v leteckej doprave je v súčasnej dobe veľmi frekventovaná. Postupné výskumy v tejto oblasti a produkcia koncepcií spomínaných partnerstiev a svetových gigantov leteckej doprave zodpovie otázky, ktoré sú dnes kladené. Naozaj náhrada elektrickými pohonnými systémami bude prospešná pre environmentálny systém, šetrenie paliva a hluku, alebo bude dopad na prírodu negatívnejší výrobou a dobíjaním akumulátorov?

Pod'akovanie

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

REFERENCIE

- [1] DURCHAN, V. 2014. *Současné trendy ve vývoji leteckých pohonných jednotek*: bakalárska práca. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojíního inženýrství, 2014. 45 s.
- [2] KOUTNÍK, T. 2014. *Letecké pohonné jednotky*: bakalárska práca. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojíního inženýrství, 2014. 49 s.
- [3] HOCKO, M. 2008. *ÚVOD DO TEÓRIE LETECKÝCH MOTOROV II.* [online]. Košice: TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH, LETECKÁ FAKULTA, KATEDRA LETECKÉHO INŽINIERSTVA. 2008. [cit. 05.03.2020]. Dostupné na: <http://web.tuke.sk/lf-kli/Hocko%20Marian/UVOD%20DO%20TEORIE%20LETECKYCH%20MOTOROV%20II.pdf>
- [4] LOM PRAHA. 2020. *Letecké pístové motory* [online]. 2020. [cit. 10.03.2020]. Dostupné na: <http://www.pistovemotory.cz/o-nas>
- [5] PASSIEUX. 2015. *SMA SR460* [online]. 2015. [cit. 10.03.2020]. Dostupné na: <http://jn.passieux.free.fr/html/Sr460.php>
- [6] GE Aviation. 2020. *GE9X Commercial Aircraft Engine* [online]. 2020. [cit. 11.03.2020]. Dostupné na: <https://www.geaviation.com/commercial/engines/ge9x-commercial-aircraft-engine>
- [7] BARIČ, M. 2018. *Predstavili súkromný Boeing 777X* [online]. 2018. [cit. 28.05.2020]. Dostupné na: <https://www.jet.sk/news/view/predstavili-sukromny-boeing-777x>
- [8] WHURR, J. 2013. *Future Civil Aeroengine Architectures & Technologies*: Chief Project Engineer, Future Programmes. Veľká Británia. 2013. 34 s.
- [9] RAMADIER, S. 2016. *Airbus predstavil lietadlo budúcnosti* [online]. Airbus S.A.S. 2016. [cit. 28.05.2020]. Dostupné na: <https://dromedar.zoznam.sk/cl/100073/1591655/Airbus-predstavil-lietadlo-buducnosti--Mame-detaily-aj-unikatne-VIDEA>
- [10] COKORIOLO, O. 2019. *CORSIA-Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation: Challenge and Practice* [online]. 2019. [cit. 28.05.2020]. Dostupné na: https://www.researchgate.net/figure/Emissions-from-a-Typical-Two-engine-Jet-Aircraft-During-1-hour-Flight-with-150-Passengers_fig1_333059258
- [11] MEMBER & EXTERNAL RELATIONS. 2020. *Aircraft Technology Roadmap to 2050*. Switzerland: IATA, 2020. 51 s.
- [12] FELDER, J. L. 2020. *NASA Electric Propulsion System Studies* [online]. Cleveland: NASA Glenn Research Center. 2020. 14 s. [cit. 10.03.2020]. Dostupné na: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20160009274.pdf>
- [13] AIGNER, B. - NOLLMANN, M. – STUMPF, E. 2018. *Design of a hybrid electric propulsion system within a preliminary aircraft design software environment*. Aachen: Institute of Aerospace Systems, RWTH Aachen University. 2018. 14 s.
- [14] STÜCKL, S. 2015. *Methods for the Design and Evaluation of Future Aircraft Concepts Utilizing Electric Propulsion Systems*. Mníchov: Technische Universität München, PhD thesis. 2015.
- [15] BROWN, G. V. 2011. *Weights and Efficiencies of Electric Components of a Turboelectric Aircraft Propulsion System*. In: 49th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition. 2011.
- [16] VOLARÉ, V. 2017. *Freedom Of Flight*. [online]. 2017. [cit. 23.04.2020]. Dostupné na: <http://www.voltavolare.com/performance/>
- [17] AEROSPACE TECHNOLOGY. 2020. *Magnus eFusion Light Sport Aircraft* [online]. 2020. [cit. 01.05.2020]. Dostupné na: <https://www.aerospace-technology.com/projects/magnus-efusion-light-sport-aircraft/>
- [18] CALDERWOOD, D. 2018. *Siemens shows hybrid electric-diesel test unit* [online]. 2018. [cit. 01.05.2020]. Dostupné na: <https://www.flyer.co.uk/siemens-shows-hybrid-electric-diesel-test-unit/>
- [19] AIRBUS S.A.S. 2019. *E – Fan X* [online]. 2019. [cit. 10.05.2020]. Dostupné na: <https://www.airbus.com/innovation/future-technology/electric-flight/e-fan-x.html>
- [20] THE FLEMISH AEROSPACE GROUP. 2018. *Zunum confirms flight testing schedule for hybrid-electric aircraft* [online]. 2018. [cit. 10.05.2020]. Dostupné na: <http://flag.be/newsitems/zunum-confirms-flight-testing-schedule-for-hybrid-electric-aircraft/>
- [21] DELBECQ, S. 2018. *Knowledge-Based Multidisciplinary Sizing and Optimization of Embedded Mechatronic Systems - Application to Aerospace Electro-Mechanical Actuation Systems* [online]. 2018. [cit. 16.05.2020]. Dostupné na: https://www.researchgate.net/figure/NASAs-Starc-ABL-aircraft-concept-242_fig2_333745085
- [22] ICAO. 2020. *Electric and Hybrid Aircraft Platform for Innovation* [online]. 2020. [cit. 16.05.2020]. Dostupné na: <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/electric-aircraft.aspx>

- [23] NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. 2016. *Commercial Aircraft Propulsion and Energy Systems Research: Reducing Global Carbon Emissions*. Washington, DC: The National Academies Press. 122 s. ISBN 978-0-309-44096-7
- [24] GÜMMER, V. 2018. *Conceptual Design Methods for Sizing and Performance of Hybrid-Electric Transport Aircraft*: dizertačná práca. Mníchov: die Fakultät für Maschinenwesen. 2014. 144 s.
- [25] PIPISTREL. 2020. *ALPHA ELECTRO* [online]. 2020. [cit. 16.05.2020]. Dostupné na: <https://www.pipistrel-usa.com/alpha-electro/#>
- [26] ANTCLIFF, K. R. 2020. *ASAB Projects* [online]. 2020. [cit. 16.05.2020]. Dostupné na: <https://sacd.larc.nasa.gov/x57maxwell/>
- [27] WALZ, E. 2019. *Air Taxi Startup Lilium Tests its Prototype 5-Passenger VTOL Electric Jet* [online]. 2019. [cit. 19.05.2020]. Dostupné na: <https://m.futurecar.com/3213/Air-Taxi-Startup-Lilium-Tests-its-Prototype-5-Passenger-VTOL-Electric-Jet>
- [28] WRIGHT. 2019. *Lower cost, quieter flight, cleaner future* [online]. 2019. [cit. 19.05.2020]. Dostupné na: <https://weflywright.com/>
- [29] BAUHAUS LUFTFAHRT e. V. 2017. *The Ce-Liner: potentially emission-free operation in commercial air travel* [online]. 2017. [cit. 20.05.2020]. Dostupné na: <https://www.bauhaus-luftfahrt.net/en/topthema/ce-liner/>
- [30] HALL, D. K. 2017. *Aircraft Propulsor Modeling and Design for Boundary Layer Ingestion: Advanced Modeling & Simulation Seminar*. NASA Ames Research Center. 2017. 41 s.
- [31] LAJČÁK, M. 2020. *Airbus chce zmeniť lietadlá ako ich poznáme*. In *Fontech Startitup* [online]. 2020. [cit. 21.05.2020]. Dostupné na: <https://fontech.startitup.sk/airbus-chce-zmenit-lietadla-ako-ich-pozname-tajne-otestoval-prelomovy-novy-dizajn/>
- [32] ĎURČANSKY, P. & ČERŇAN, J. 2019. Natural gas storage Safety and efficiency. *Transport Means - Proceedings of the International*
- [33] ČERŇAN, J., HOCKO, M. & CÚTTOVÁ, M. 2017. Safety risks of biofuel utilization in aircraft operations. *Transportation Research*
- [34] SEMRAD, K., ČERŇAN, J., CÚTTOVÁ, M. & FOZO, L. 2018. The concept of an air driven propeller as a thruster for special use. *NTAD 2018 - 13th International Scientific Conference - New Trends in Aviation Development Proceedings* 8551648, pages 144-149
- [35] BUGAJ, M., URMINSKY, T., JURÁK, P. & PECHO, P. 2018. *Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October*, pages 1174-1178.
- [36] BUGAJ, M. 2011. *Systémy údržby lietadiel*. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [37] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. *Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva*. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.
- [38] BUGAJ, M. 2005. Aircraft maintenance - new trends in general aviation. *Promet - Traffic - Traffico*, 17(4), pages 231-234.
- Dominika Dančová – narodená dňa 03.08.1993 vo Zvolene. Navštevovala ZŠ v Detve do roku 2008 a následne od roku 2008 študovala Strednú odbornú školu v Lučenci v odbore Hotelová akadémia. Po absolvovaní SOŠ sa zamestnala v gastronómii do roku 2017. V roku 2017 nastúpila na Žilinskú univerzitu v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky, dopravy a spojov, v odbore doprava, pričom sa zamerala na študijný program profesionálny pilot a od roku 2019 so zameraním na leteckú dopravu.

KOMPARÁCIA MODELOV SPOPLATNENIA LETECKÝCH NAVIGAČNÝCH SLUŽIEB VO VYBRANÝCH KRAJINÁCH

COMPARATION OF AIR NAVIGATION SERVICE CHARGING MODELS IN SELECTED COUNTRIES

Mariana Dendisová

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
dendisova7@stud.uniza.sk

Anna Tomová

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

Abstract – This paper describes basic principles of Air Navigation Service Charging. It follows ICAO's recommendations on the subject and also describes charging system applied to Single European Sky, which is then compared to the charging system in four selected countries, which are not members of the European Union. Selected countries are United Arab Emirates, Nepal, Kazakhstan and Ukraine. Two comparative hypothetical flights are developed for each country in order to approximate the methods of calculating individual charges for given flights.

Key words – air navigation services, charging, terminal charges, route charges/ en-route charges, United Arab Emirates, Nepal, Kazakhstan, Ukraine, Single European Sky

I. ÚVOD

Na to, aby letecká doprava fungovala správne a spravodlivo, musia byť dodržiavané prísne bezpečnostné a ekonomické pravidlá, nariadenia, usmernenia. Veľký vplyv na bezpečnosť má systém riadenia a navigácie lietadiel. V tejto práci sme sa zameriavali práve na letecké navigačné služby (ďalej aj ako ANS), bez ktorých by vo svete leteckej dopravy neexistoval poriadok, prehľadnosť a bezpečnosť, a na ich spoplatňovanie.

Každá krajina má práve spoplatňovanie týchto systémov nastavené inak a preto sme sa rozhodli bližšie sa pozrieť na systémy spoplatňovania leteckých navigačných služieb niektorých krajín a porovnať ich navzájom a taktiež s odporúčaniami ICAO. Práca vznikla na základe štúdia odbornej literatúry, nariadení Európskej komisie, AIP-ov skúmaných krajín, konkrétne častí GEN 4.2 a ďalších informačných zdrojov z internetu, ako napríklad webové stránky Eurolexu, EASA-y a podobne.

II. SYSTÉMY SPOPLATŇOVANIA LETECKÝCH NAVIGAČNÝCH SLUŽIEB

SPOPLATŇOVANIE ANS V EURÓPSKEJ ÚNII

V prvej časti bakalárskej práce sme sa zaoberali spoplatňovaním leteckých navigačných služieb v Jednotnom európskom nebi (ďalej aj ako SES) v rámci Európskej únie.

Skúmali sme odporúčania Dokumentu 9082/9 [1], ktorý hovorí ako by malo byť nastavované spoplatňovanie leteckých navigačných služieb. Avšak, dokument obsahuje len odporúčania a nie konkrétne nariadenia pre uvedenie spoplatňovania do praxe. Preto sme v rámci Jednotného európskeho neba hľadali konkrétne nariadenia.

Od roku 2007 do roku 2019 vydal Eurocontrol postupne tri nariadenia na úpravu poskytovania leteckých navigačných služieb v rámci EÚ. Na základe týchto nariadení vieme rozdeliť spoločný systém spoplatňovania do troch etáp [2]:

I. etapa: od roku 2007 do roku 2011 [3],

II. etapa: od roku 2012 do roku 2014 [4],

III. etapa od roku 2015 [5].

Pre obdobie od roku 2020 platí najnovšie vykonávacie nariadenie [6], ktoré je platné na referenčné obdobie do roku 2024.

Na základe týchto štyroch konkrétnych nariadení, môžeme definovať spoplatňovanie leteckých navigačných služieb nasledovne. ANS delíme na traťové a terminálne poplatky.

Traťové poplatky v rámci SES vypočítame ako súčin jednotkovej sadzby (UR) a jednotiek traťových služieb poskytnutých v rámci daného letu (Q):

$$\text{traťový poplatok} = UR * Q \quad (1)$$

pričom platí, že jednotky traťovej služby (Q) vypočítame ako násobok vzdialenosti (podiel preletených kilometrov po veľkej kružnici a čísla sto) a činiteľa hmotnosti (druhá odmocnina maximálnej vzletovej hmotnosti deleno päťdesiat):

$$Q = \frac{\text{preletené km}}{100} \cdot \sqrt{\frac{MTOM}{50}} \quad (2)$$

Terminálne poplatky po všetkých úpravách nariadeniami Eurocontrolu počítame ako súčin jednotkovej sadzby určenej pre terminálnu zónu (UR) a jednotiek terminálnych služieb poskytnutých za daný let (Q):

$$\text{terminálny poplatok} = UR * Q \quad (3)$$

pričom platí, že jednotku terminálnych služieb vypočítame vydelením MTOM číslom päťdesiat a následným umocnením na 0,7.

$$Q = \left(\frac{MTOM}{50}\right)^{0,7} \quad (4)$$

Avšak mocnina 0,7 platí len pre letiská členských krajín s minimálne 80 000 pohybmi leteckej dopravy za rok podľa pravidiel letu podľa prístrojov.

V oboch prípadoch, aj pri stanovovaní traťového poplatku, aj pri terminálnom poplatku, si členská Krajina sama stanoví výšku jednotkovej sadzby UR.

SPOLATŇOVANIE ANS V KRAJINÁCH MIMO EÚ

Keďže jedným zo základných cieľov tejto práce bolo popísať systémy spoplatnenia ANS vo vybraných krajinách mimo EÚ a poukázať na rozdielnosti oproti systému spoplatnenia ANS v SES, ako aj oproti systému spoplatnenia ANS, ktoré odporúča ICAO v Doc 9082 ICAO's Policies on Charges for Aiports and Air Navigation Services, vybrali sme si štyri nasledovné krajiny, ktorých systémy spoplatnenia sme do podrobnosti rozobrali:

- Spojené arabské emiráty
- Nepál
- Kazachstan
- Ukrajina.

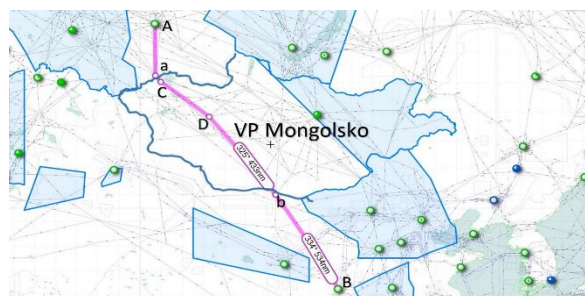
V každej krajine sme rozoberali systém spoplatnenia určený v dokumentoch GEN 4.2 [7-11], ktoré sme našli v leteckej informačnej príručke každej krajiny samostatne. V práci sme sa pri analýze sústredili na informácie ako členenie poplatkov, aplikácia poplatkov, sadzby poplatkov, oslobodenia a zníženie poplatkov a metódy platby. Následne sme pre každú krajinu aplikovali dva vopred určené scenáre letov, na základe ktorých sme si vedeli vytvoriť celistvejší obraz o nastavených systémoch spoplatňovania ANS. Scenáre hypotetických letov sú predstavené na ilustračných obrázkoch číslo 1 a 2. Na ilustráciu sme zvolili do pozorovania nezahrnutú krajinu – Mongolsko.



Obrázok 1: Hypotetický scenár prvého letu [Zdroj: <https://skyvector.com/>]

Na obrázku číslo 1 môžeme vidieť hypotetický let, v skutočnosti len preletom ponad pozorovanú krajinu, a teda VP Mongolska. Let sa začína na letisku A, ležiacom mimo pozorovanú krajinu, následne lietadlo vstupuje do nami skúmaného VP skrze bod „a“. Následne vylieta z VP bodom „b“ a pristáva v na letisku B ležiacom mimo pozorovanú krajinu.

Druhý let vzlieta a pristáva v rovnakých bodoch – letiskách ako prvý hypotetický let, čo znamená, že lietadlo vzlieta v cudzej krajine opäť z letiska A, vstupuje do vzdušného priestoru pozorovanej krajiny bodom „a“. Tu nastáva zmena, nakoľko pri druhom lete pozorujeme aj dve pristátia v rámci pozorovanej krajiny. Prvé pristátie je v bode C. Následne lietadlo opäť vzlieta a letí na letisko D, opäť v rámci VP sledovanej krajiny, ide teda o vnútroštátny let. Z letiska D lietadlo odlieta, opúšťa pozorovaný VP bodom „b“ a pristáva na letisku B ležiacom mimo pozorovanej krajiny.



Obrázok 5: Hypotetický scenár druhého letu [Zdroj: <https://skyvector.com/>]

V oboch prípadoch bola spoplatnená časť letu vykonaná od bodu „a“ po bod „b“.Všetky lety boli vytvárané pomocou aplikácie na webovej stránke <https://skyvector.com/>.

Všetky systémy spoplatňovania ANS môžeme bližšie pozorovať v samotnej bakalárskej práci.

ZHRNUTIE POZNATKOV

Na základe rozpracovania jednotlivých systémov spoplatňovania v pozorovaných krajinách sme vytvorili tabuľku č.1, v ktorej vidíme najzákladnejšie rozdiely v spoplatňovacích systémoch pozorovaných krajín.

Tabuľka 5: Zhrnutie poznatkov o systémoch spoplatňovania ANS v skúmaných krajinách [Zdroj: GEN 4.2 skúmaných krajín a Reg No. 2019/317]

Krajina	Separátne poplatky pre traťové a terminálne služby	MTOM	Vzdialenosť	Čas	Mena sadzieb	Mena fakturačná	Diskriminácia vnútroštátnych letov	Diskriminácia medzinárodných letov
EÚ	áno	áno	áno	nie	€	€	nie	nie
UAE	nie	áno	nie	nie	USD	USD	nie	áno
Nepál	nie	áno	nie	nie	Rs./USD	Rs./USD	nie	áno
Kazachstan	áno	áno	áno	áno	USD	USD	nie	nie
Ukrajina	áno	áno	áno	nie	€	€	nie	nie

Môžeme pozorovať, že delenie poplatkov na traťové a terminálne poplatky je praktizované len v Európskej únii, Kazachstane a Ukrajine. Môžeme pozorovať, že aj následkom tohto faktora, uvedené krajiny nediskriminujú medzinárodné lety, zatiaľ čo krajiny ako Spojené arabské emiráty a Nepál majú poplatky delené len na poplatky pre vnútroštátne lety a poplatky pre medzinárodné lety. Na základe tohto delenia môžeme vidieť, že poplatky za medzinárodné lety sú v týchto krajinách niekoľkonásobne vyššie ako poplatky za vnútroštátne lety, a tým sa prejavuje istá diskriminácia.

V každej krajine môžeme pozorovať ako faktor pre výpočet poplatkov MTOM, či už následne dopočítanie pomocou vzorcov alebo na odpočítanie hodnoty z tabuľky. Faktor vzdialenosti zohľadňujú len krajiny, ktoré nerozlišujú terminálne a traťové poplatky. Faktor času zohľadňuje len poplatkový systém Kazachstanu.

Podľa pozorovania môžeme vidieť vplyv Európskej únie na Ukrajinu, ktorá nastavuje poplatky takmer totožným systémom ako krajiny SES, nakoľko v budúcnosti má ambíciu pripojiť sa k členským štátom.

Vo všetkých krajinách môžeme vidieť priame financovanie poskytnutých ANS cez spotrebiteľské poplatky.

Druhým veľmi dôležitým výstupom z práce je porovnanie jednotlivých výšok poplatkov za poskytnuté ANS pre nami vytvorené hypotetické lety. Tento výstup môžeme pozorovať v tabuľke č.2.

Tabuľka 6: Komparácia poplatkov oboch hypotetických letov vo všetkých skúmaných krajinách [Zdroj: výpočty autora práce]

Krajina	MTOM	Preletené km	Prvý let v USD	Druhý let v USD
UAE	79 010 km	427,81	130,00	130,00
Nepál	79 010 km	420,00	305,50	668,91
Kazachstan	79 010 km	925,90	925,90	2 102,47
Ukrajina	79 010 km	1 285,29	899,04	2 725,25

Podľa výslednej tabuľky č. 2 môžeme zhodnotiť, že spoplatňovanie je fragmentované a každá krajina zvolila iný prístup a iné hodnoty odplát pokrývajúcich výšku nákladov za poskytnuté ANS.

III. ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bolo objasniť a charakterizovať systém spoplatňovania leteckých navigačných služieb podľa odporúčaní ICAO v súlade s Dokumentom 9082 a následne objasniť spoplatňovanie v jednotnom európskom nebi. SES sme si podrobne rozobrali v referenčných obdobiach od roku 2007 do plánovaného konca aktuálneho referenčného obdobia, do roku 2024. Priblížili sme si nariadenia uplatňované v EÚ aj pomocou systému spoplatnenia ANS pre Slovenskú republiku. Následne sme si zvolili štyri krajiny mimo Jednotného európskeho neba. V našom prípade jedna krajina ležala v Európe a tri na území Ázie. Podrobne sme rozobrali ich systémy spoplatňovania ANS. Popísali sme ich, vyčíslili sme výšku poplatkov skúmanými poskytovateľmi a navzájom sme ich porovnali pomocou vytvorených hypotetických ilustratívnych letov. Pre každú krajinu boli vytvorené konkrétne dva hypotetické

lety. Prvým bol prelet ponad sledovanú krajinu, druhým medzinárodný let s krajiny A, s dvomi medzipristátiami v skúmanej krajine a s konečným pristátím v krajine B. Pre všetky ilustračné lety sme zvolili rovnaký typ lietadla. Spoplatnenia letov sme porovnali navzájom, ale aj so systémom v jednotnom európskom nebi. Pozorovali sme rozdielne systémy spoplatnenia, ktoré viedli aj k istému spôsobu diskriminácie medzinárodných letov. Videli sme, ako v krajinách, kde poplatky za poskytnuté ANS nie sú rozdelené na poplatky terminálne a poplatky traťové, má veľký vplyv na výšku odplát práve maximálna vzletová hmotnosť lietadiel. Často však poplatky neboli úmerne rastúce. Zo skúmaných krajín má najväčšiu mieru zhody so systémom spoplatnenia leteckých navigačných služieb v Jednotnom európskom nebi Ukrajina.

Myslíme, že môžeme skonštatovať, že práca je príspevkom k bližšiemu poznaniu systémov spoplatňovania leteckých navigačných služieb vo svete. Môžeme jasne vidieť, ako veľmi sú jednotlivé systémy v krajinách odlišné a tým pozorovať fragmentovanosť svetového vzdušného priestoru.

Pod'akovanie

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] ICAO's Policies on Charges for Airports and Air Navigation Services (Doc 9082 – Ninth Edition – 2012) Section III.
- [2] TOMOVÁ, Anna. 2014. Economics of Air Navigation Services. Žilina: EDIS – vydavateľské centrum pri ŽU. 225s. ISBN 978-80-554-0905-4.
- [3] Nariadenie Komisie (ES) č. 1794/2006 zo 6. decembra 2006, ktorým sa stanovuje spoločný systém spoplatňovania leteckých navigačných služieb, Text s významom pre EHP
- [4] Nariadenie komisie (EÚ) č. 1191/2010 zo 16. decembra 2010, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie Komisie (ES) č. 1794/2006, ktorým sa stanovuje spoločný systém spoplatňovania leteckých navigačných služieb, Text s významom pre EHP
- [5] Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) č. 391/2016 z 3. mája 2016, ktorým sa stanovuje spoločný systém spoplatnenia leteckých navigačných služieb, Text s významom pre EHP
- [6] Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) 2019/317 z 11. februára 2019, ktorým sa stanovuje systém výkonnosti a spoplatňovania v jednotnom európskom nebi a ktorým sa zrušujú vykonávacie nariadenia (EÚ) č. 390/2013 a (EÚ) č. 391/2013 (Text s významom pre EHP)
- [7] GEN 4.2 Charges for Air Navigation Services, AIP United Arab Emirates, General Civil Aviation [online]. Dostupné na internete: <https://www.gcaa.gov.ae/aip/current/airacs/2020-p01/html/index-en-gb.html> (citované 23.03.2020)
- [8] GEN 4.2 Air Navigation Services Charges, AIP Nepal, CAAN [online]. Dostupné na internete: <http://e-aip.caanepal.gov.np/welcome/listall/1> (citované 25.03.2020)
- [9] GEN 4.1 Air Navigation Services Charges, AIP Nepal, CAAN [online]. Dostupné na internete: [43](http://e-

</div>
<div data-bbox=)

- aip.caanepal.gov.np/welcome/listall/1 (citované 25.03.2020)
- [10] GEN 4.2 Air Navigation Services Charges, AIP of Kazakhstan [online]. Dostupné na internete: <https://www.ans.kz/AIP/eAIP/2020-01-30-AIRAC/html/eAIP/UA-GEN-4.2-enGB.html> (citované 27.03.2020)
- [11] GEN 4.2 Air Navigation Services Charges, AIS of Ukraine [online]. Dostupné na internete: http://www.aisukraine.net/titul_en.php (citované 30.03.2020)
- [12] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & LOKAJ, P. 2017. Comparative analysis of U-fly and value alliance and global alliances. Paper presented at the Transportation Research Procedia 28, pages 27-36. doi:10.1016/j.trpro.2017.12.165
- [13] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & ŠVECOVÁ, D. 2018. The regional airports position within the slovak republic: The case study of piešťany airport and the proposal of measures for its revitalization. Paper presented at the Transportation Research Procedia 35, pages 209-219. doi:10.1016/j.trpro.2018.12.027
- [14] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A., KURDEL, P. & MREKAJ, B. 2018. Synthesis criterion of ergatic base complex with focus on its reliability. INFORMATICS 2017 - Proceedings, pages. 318-321.
- [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] TOMOVÁ, A., HAVEL, K. 2015. Ekonomika poskytovateľov leteckých navigačných služieb. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2015. - 154 s. ISBN 978-80-554-1153-8.
- [17] 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.
- [18] 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.

Mariana Dendisová –narodená v Žiline, absolvovala v roku 2017 Gymnázium sv. Františka z Assisi v Žiline, následne od roku 2017 študovala na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.

POHONNÉ JEDNOTKY AKROBATICKÝCH LIETADIEL

POWERTRAIN OF AEROBATIC AIRCRAFT

Filip Dvoran

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

Jozef Čerňan

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

ABSTRACT – *This paper aims to familiarize the reader with modifications of the engine parts of a light-sport aircraft necessary for aerial acrobatics. Modifications relating to the performance, operational capability, and resistance to the negative effects of the gravitational acceleration of acrobatic maneuvers to which the aircraft is subjected. First of all, the necessity of modification for the aircraft and its principle of operation is explained in the individual chapters. The secondary objective of the work is to introduce the design possibilities offered by manufacturing companies operating on the market, with the intention of the best product selection in the construction of acrobatic aircraft, with special requirements. The intention is to point out the factors that have to be taken into account when selecting products with their subsequent comparison in terms of technology used by the company for the best performance of the aircraft. The last chapter deals with the issue of aviation electrification, its use in aerobatic sports, and the advantages that the electric motor brings.*

Key words: invert system, gravitational accelerations, engine power, construction material, electric motor

I. ÚVOD

Po roku 1918 sa piloti 1. svetovej vojny zanieli pre zlepšovanie svojej zručnosti pilotovania lietadla. Piloti tejto doby, boli veľmi vynaliezaví vo vytváraní manévrov a ich vzájomných kombinácií t.j. sekvencií. Postupom času sa úmerne vyvíjali letecké technológie a technika pilotáže. Náročnosť manévrov si žiadala vyššie nároky na spoľahlivosť a výkon pohonnej jednotky, obzvlášť pri sekvenčných manévroch, skladajúcich sa z obráteného letu alebo nízkom prelete nad zemským povrchom.

Problematikou modifikácie pohonnej jednotky pre športové lietanie sa zaoberajú profesionálni výrobcovia, tak hlavne aj amatérski stavitelia lietadiel. Nariadenia organizácie ako EASA alebo FAA dovoľujú domácu stavbu lietadla a po uznaní letovej schopnosti aj následnú prevádzku. Pre finančnú dostupnosť je toto hoby celosvetovo rozšírené. Výrobcovia týchto lietadiel, ako aj ich budúci piloti si vylepšujú a prispôbujú svoje výrobky podľa svojich požiadaviek. Mnohokrát si svoje nápady nechávajú patentovať a sú následne aj používané závodnými akrobatickými tímami. Použitá literatúra je prevažne z webových stránok prevádzkovaných týmito amatérskymi staviteľmi. Mojm cieľom bolo nazhromaždiť informácie o základných úpravách

motora pre prekonanie extrémnych vplyvov gravitačných zrýchlení a dosiahnutí jeho najväčšej efektívnosti práce pre vykonanie aj tých najzložitejších akrobatických manévrov.

Technika pohybu, alebo schopnosť kontrolovane vykonávať pohyb, či už v tréningu ľudského tela v gymnastike, tanci, maľovaní, alebo riadenia mechanického stroja patrí k najťažším veciam, ktorým sa človek môže naučiť, preto sú jeho výsledky inými tak obdivované. Pri fyzickom športe človeka je dôležitá jeho fyzická zdatnosť tela, ktorá je riadená mozgom človeka, no v momente keď človek uchopí riadenie mechanizovaného stroja, stáva sa len jeho mozgom, fyzická zdatnosť je prenášaná do pohonnej jednotky celého stroja v našom prípade lietadla.

II. HISTÓRIA

Po krátkom čase ako bolo vynájdené lietadlo bratmi Wrightovcami začiatkom 20. storočia, bolo rýchlo upravené pre bojové účely. Týmto úpravami sa z lietadla stal bojový stroj, ktorý definoval nový druh bojového poľa a umenia pre prežitie. Piloti prvej svetovej vojny si po jej skončení zlepšovali techniku pilotáže. V prvých dňoch bol termín kaskadérske lietanie, označením pre bojové manévry, no s rastúcim entuziazmom a súťaživosťou pilotov sa z termínu stalo pomenovanie pre šport, čo následne viedlo k všeobecnému definovaniu pravidiel, zápisov a kritérií posudzovania manévrov. V Paríži roku 1934 sa konal prvý a zároveň aj jediný svetový pohár vo vzdušnej akrobacii. [1]

OSOBNOSTI V RANNOM ČASE AKROBACIE

Historicky prvým lietajúcim esom vo vzdušnej akrobacii bol francúzsky pilot Adolphe Célestin Pégoud, ktorému sa ako prvému, dňa 13. septembra v roku 1913, podaril obrátený let. [2] Prvá veľká vlna európskych akrobatických es prišla v medzivojnovom období, a vytvárali ju: Alfred Fronval a Marcel Doret (Francúzsko), Ernst Udet (Nemecko) a František Malkovský (Československo). Generácia pilotov, ktorí obohatili leteckú akrobaciu o nové techniky manévrov, boli: Michel Détroyat (vyvinul „slow roll“) a Jimmy Doolittle, ktorý ako prvý predviedol vonkajšiu („negatívnu“) slučku. Naším reprezentantom vo vzdušnej akrobacii bol František Novák, ktorý obsadzoval predné miesta v súťažiach akrobacie. Šampionáty tohto športu sa začali organizovať na medzinárodnej úrovni až od roku 1960, kedy ako svetový riadiaci orgán bola založená Medzinárodná letecká komisia (CIVA) Fédération Aéronautique

Internationale (FAI). Britské medzinárodné súťaže Lockheed Trophy, ktoré sa konali každoročne no iba jednu dekádu od roku 1955, poskytli všeobecné zásady pre ustanovujúce majstrovstvá sveta v FAI, ktoré sa konali aj v Bratislave, v auguste roku 1960. [1]

III. TECHNOLOGIE VZDUŠNEJ AKROBACIE

Počas akrobatických manévrov podstupuje ako pilot, tak aj samotné lietadlo extrémne zaťaženia od odstredivých síl. Obrátený let, ktorý je súčasťou mnohých akrobatických manévrov, má pre svoje vykonanie podmienky. Okrem techniky pilotáže si tento typ letu vyžaduje technické úpravy prívodu paliva a oleja z nádrží, do systému pohonnej jednotky. Táto úprava je nazývaná invertným systémom.

Invertný systém je nevyhnutný pre dlhodobý negatívny let typu G, ako je napríklad invertný let. Smer prúdenia tekutín cirkulujúcich v lietadle je ovplyvnený gravitačnou silou. Pri obrátenom lete prúdia tekutiny v inom smere, vzhľadom k lietadlu, ako v priamom lete. Palivo a olej sú problémom pri obrátenom lete na každom lietadle a problém môže postihovať aj niektoré sofistikované (väčšinou vojenské) lietadlá. Ak nie je lietadlo upravené invertným systémom, keď je lietadlo v obrátenom lete, preruší sa dodávka paliva a oleja do príslušných častí motora, čo má za následok zlyhanie a poškodenie motora. Prítok kvapaliny môže byť udržiavaný mnohými spôsobmi, pri invertnom lete, ale invertné systémy všeobecne spadajú do dvoch širokých kategórií: časovo obmedzené systémy a kontinuálne systémy. Časovo obmedzené systémy sú založené na obrátenej pomocnej nádrži. Kvapalina sa zhromažďuje v obrátenej nádrži počas zvislého letu a nádrž je umiestnená tak, že keď je lietadlo v obrátenom lete, je schopné dodávať tekutinu do príslušných systémov, až kým sa nevyprázdni. Zložitejšie obrátené systémy inovatívne kombinujú sieť čerpadiel a potrubí, aby poskytovali nepretržitý prívod tekutiny. [3]

PALIVOVÝ SYSTÉM

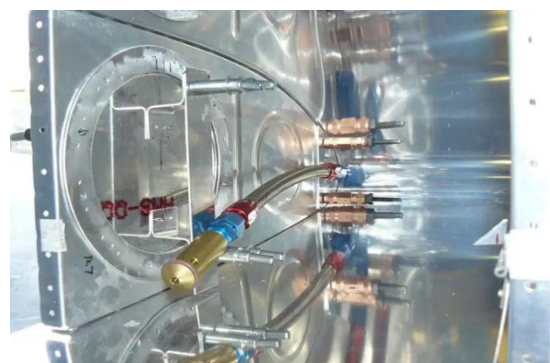
Palivový systém akrobatických lietadiel s obrátenými palivovými nádržami je vybavený vstrekovacími dýzami z dôvodu nefunkčnosti karburátora v invertnom lete. Ak je karburátor obrátený, nemôže ďalej merať palivo a plavák stúpa a prerušuje prívod paliva. Vstrekovač paliva, ktorý sa nestará o to, v akej polohe je, meria prítok vzduchu a správny pomer paliva ku každému valcu.

V počiatočných fázach druhej svetovej vojny boli nemeckí piloti Messerschmitt Bf 109, vo výhode oproti britským pilotom, vďaka vstrekovaniu paliva do motora. Umožňovalo im to lietieť obrátené, alebo vykonávať iné manévry s negatívnym G, bez obáv z vynechávania motora, ako sa to stalo u britských typov lietadiel vybavených plavákovými karburátormi. Briti tento problém vyriešili zavedením tlakových karburátorov, niekedy nazývaných vstrekovacie karburátory, ktoré sa prvýkrát používali v motoroch Merlin 50. Tlakový karburátor Bendix-Stromberg sa väčšinou vyskytuje na veľkých radiálnych piestových motoroch. Jeho princíp činnosti spočíva v štvorkomorovom regulátore na meranie správneho množstva paliva do výstupnej dýzy. [4]

V piestových motoroch je vstrekovanie paliva s kontinuálnym prítokom najbežnejším typom. Na rozdiel od

automobilových vstrekovacích systémov paliva je vstrekovanie paliva s nepretržitým prúdením do lietadla mechanické, a nevyžaduje na prevádzku žiadnu elektrinu. Existujú dva systémy: Bendix RSA a Teledyne Continental Motors (TCM). Systém Bendix je priamym potomkom tlakového karburátora. Namiesto vypúšťacieho ventilu v komore, používa delič prítoku namontovaný na hornej časti motora, ktorý riadi rýchlosť vypúšťania a rovnomerne rozdeľuje palivo cez vstrekovacie potrubie do nasávacích otvorov každého valca. Systém TCM je ešte jednoduchší. Nemá žiadnu Venturiho trubicu, žiadne tlakové komory, membrány a žiadny vypúšťací ventil. [5]

Aby sa zabezpečil prítok z palivovej nádrže do vstrekovača paliva, akrobatické lietadlo s palivovou nádržou v trupe je vybavené „flopovou trubicou“, pancierová flexi hadica, hmotnostne zaťažená na voľnom konci, ktorá je zapojená do palivovej nádrže. [6] Druhým riešením dodávky paliva v invertnom lete je zberná nádrž. Pri obrátenom lete je malá zberná nádrž v blízkosti nôh pilota. Zberná nádrž je spojená s hlavnými palivovými nádržami v krídlach, pri vzpriamenom lete prúdi palivo z krídlových nádrží gravitačne do zbernej nádrže, ktorá je pripojená k sacej strane palivového čerpadla - keď je rovina prevrátená, je zberná nádrž nad motorom, palivo tečie zo zbernej nádrže do motora. [7]



Obrázok 1: Znárodnenie Flopovej trubice vo Van's RV 7
[Zdroj: <https://generalaviationnews.com/2017/11/02/surviving-an-engine-failure-while-flying-straight-up-in-a-pitts>]

OLEJOVÝ SYSTÉM

Motory, ktoré používajú externú olejovú nádrž - motory „suchej vane“, majú zariadenie podobné pružnej trubici, ktorá dokáže nasť olej takmer v akejkoľvek polohe. V motoroch s mokrou vaňou, v ktorých je olej vnútorne uložený v nádržke na spodku kľukovej skrine, zaisťuje olejová zberná linka v blízkosti hornej časti motora, ako aj v olejovej vani, tak že olej je k dispozícii v akejkoľvek polohe. K hornej a dolnej časti motora je pripojený ventil s dvoma oceľovými guľami oddelenými pružinou; podobne ako pružná trubica, gule (a olej) idú tam, kde to vyžaduje gravitácia, striedavo zatvárajú a otvárajú príslušné miesto na odber oleja. [6]

IV. PIESTOVÉ POHONNÉ AKROBATICKE JEDNOTKY

Vzdušné akrobatické manévry si žiadajú konštrukčne pevné lietadlo, schopné odolávať vysokým „G“ silám pôsobiacich na letún, či už na jeho konštrukciu, alebo systémy udržiavajúce motor v chode. V nasledujúcich kapitolách sa

budeme zaoberať konštrukčným riešením pohonnej jednotky akrobatického lietadla od rámu motora cez výber motora a vrtule po chladiace systémy.

Tabuľka 1: Porovnanie technických špecifikácií

	<i>MX Aircraft kit plane</i>	<i>Van's Aircraft RV-8</i>	<i>Zenith Aircraft CH650</i>
„G“ obmedzenie	+/-14 G	+6.0/-3.0 G	+6/-4 g
Rýchlosť otáčania (Stupeň/sek)	420	140	N/A
Výkonová záťaž (lb/ph)	N/A	9.0	11.8
Celková hmotnosť (lbs)	1840	1800	1320
Motor (hp)	250 - 380	200	100- 116
Objem palivovej nádrže (gal)	58	42	24
Materiál konštrukcie	Uhlíkové vlákna	Kov	Kov

Pri výbere motora je východiskovým bodom odporúčanie výrobcu lietadla. Toto odporúčanie bude najčastejšie zahŕňať celý rad možných motorov, vo väčšine prípadov tej istej značky. No aj výrobcovia vychádzajú z rovnakých parametrov konštrukcie lietadla pri vypracovávaní odporúčaní. Sú nimi: celková hmotnosť, využiteľná hmotnosť, výkonová záťaž, rozmedzie koňských síl motora. V prípade rozhodnutia pre motor, ktorý nie je v zozname odporúčaných výrobcom lietadla, je treba zvážiť aj aspekty stability lietadla ako je hmotnosť a ťažisko, alebo účinnosť chladenia častí motora, ktorú pôvodný dizajn krytu motora nemôže dosiahnuť. Všetky spomenuté činitele pre správny výber motora zahŕňajú základný výpočet vztľaku, odporu, ťahu a hmotnosti.

KONŠTRUKCIA LEHKÝCH ŠPORTOVÝCH LIETADIEL

Vo svete existuje mnoho spoločností so službami ponúkajúce plány a materiál pre domácu výrobu ľahkého športového lietadla, ale stavba lietadla pre športové účely akrobatického charakteru, skracať zoznam a vytyčujú 3 spoločnosti vyrábajúce konštrukciu akrobatického lietadla.



Obrázok 2: Konštrukcia lietadla „MX aircraft kit“
[Zdroj: <https://www.mxaircraft.com/mx-aircraft-kits>]

V tabuľke číslo 1 je možné vidieť špecifikácie konštrukcie lietadla jednotlivých spoločností. Vlastnosti konštrukcie sú východiskovým bodom pre správny výber motora.

RÁM POHONNEJ JEDNOTKY

Hlavnou úlohou rámu motora lietadla je upevnenie motora k trupu, alebo draku lietadla. Okrem pôvodného účelu musí rám motora tiež slúžiť ďalším hlavným požiadavkám: rozdeliť hmotnosť motora a rozptýliť vibrácie a krútiaci moment generovaný mechanikou lietadla. Pri stavbe akrobatických lietadiel je dôležitý výber vhodného rámu, ktorého kritériá zohľadňujú zaťaženia pôsobiace na letún počas akrobatického letu, aby sa predišlo podobnej nehode, aká sa stala 15. Augusta 2015 v Châteauneuf sur Cher (Cher). „Pravé krídlo sa zlomilo a motor sa oddelil od draku. Vyšetrovatelia, v správe o nehode uviedli ako príčinu nehody zlyhanie hornej pravej podpornej konzoly pripievajúcej rám motora k draku lietadla v dôsledku únavy, aj keď lietadlo bolo vždy prevádzkované v letovej obálke definovanej výrobcom. Táto nehoda a jej podobné poukazujú na dôležitosť konštrukčných riešení rámu pohonnej jednotky. Poznáme tri z druhov rámov piestového motora: kónický, dynafokálny a lôžkový. [8]

Dynafokálne upevnenie motora je schopné rozdeľovať krútiaci moment a vibrácie z motora oveľa efektívnejšie. Pri tomto návrhu sa o miestach pripojenia rozhoduje na základe ťažiska použitého motora. Podobne ako kuželový držiak, zvyčajne existujú štyri upevňovacie body. Body sú zaoblené okolo motora a mechanizmus nadobúda prstencový tvar. [9]



Obrázok 3: Dynafokálny rám motora
[Zdroj: <http://www.cozygirrrl.com/images/Defiant/EM-DE-RDF1.jpg>]

Tabuľka 2: Porovnanie špecifikácií motorov

Špecifikácia	Lycoming AEIO-540 Thunderbolt séria	Continental x540 Titan séria
Sila	260/ 300	260 / 270
Maximálne otáčky	2700	2,700
Odporúčané TBO	1,400 hodín	2,000 hodín
Vnútorňý priemer valca	5,125 in	5.125 in
Pracovný objem piesta	4,375 in	4.375 in
Výtlač	540/ 541,5	541 in ²
Kompresný pomer	8,5:1/ 8,7:1	8:5:1/9.0:1
Súčasná hmotnosť	402/ 406 lbs	401 lbs

VÝBER MOTORA

Pri stavbe lietadla má každý domáci staviteľ mnoho úvah o najefektívnejšej konfigurácii motora a draku. Vo väčšine prípadov je rozhodnuté vo výbere motora za staviteľa, po výbere draku sa prakticky výber rýchlo zužuje. Lietadlá Van's série RV sa vyrábajú špeciálne pre motory Lycoming. Vo svete leteckých motorov je Lycoming najvyberanejším motorom konštruktérmi drakov, hneď za ním je Continental a Rotax. Dôvodom výberu je kvalita a odstup časových intervalov servisnej kontroly. Samozrejme je možné postaviť výkonný letún s inými motormi, ale to je práca pre skúseného staviteľa so solidnými vedomosťami leteckého inžinierstva.

Motor série Thunderbolt je najvýkonnejším produktom spoločnosti Lycoming. Dobrou preferenciou vlastností tohoto modelu je jeho štandardizované používanie v prestížnej leteckej súťaži Red Bull Air Race. Pre vytvorenie konkurencie motorov Lycoming Thunderbolt, vytvorili spoločnosti, ako Continental, alebo Superior, motory s architektúrou veľmi podobnej Lycoming (u).

Spoločnosť Continental ponúka obrovský výber motorov, berúc do úvahy staršie certifikované benzínové motory, novšie certifikované naftové motory. Séria Titan, experimentálny derivát motorov architektúry paralelných ventilov Lycoming (320, 340, 370 štvorvalce a 540 šesťvalec), sa odlišuje od série Thunderbolt použitými materiálmi. Pre zberné nádrže a sacie potrubia je štandardnou ponukou spoločnosti Titan horčíková verzia tradičného odliatku „horúcej vane“; ušetrí to zmysluplné tri kilogramy pri porovnaní s pôvodným hliníkovým odliatkom. Motory Titan sa môžu pochváliť aj prítlačnými podložkami z ocele, pre kľukový hriadeľ. Všetky motory Titan sú vybavené valčekovými zdvihadlami rozvodového systému. Taktiež umožňujú predný, alebo zadný regulátor vrtule. Valce motora sú z karbidu triniklu (Ni₃C) pre lepšiu odolnosť proti korózii.

Motory Continental sú vybavené aj najnovším elektronickým systémom riadenia motorov EFII System 32. Pokiaľ ide o motory s objemom 540 cm³, je Titan Continental jedinou konkurenciou pre Lycoming v kategórii, takto výkonných šesť valcov. [10]

Ďalšou alternatívou k motoru Lycoming je motor Superior. Vlajkovou loďou Superioru, je nová rada experimentálnych motorov XP, jedným je motor IO-408, ktorý dosahuje výkon 230 koní, zo zdvihutej platformy motora s paralelným ventilom IO-360. To dáva staviteľovi šesťvalcový výkon pri štvorvalcovej hmotnosti motora. Spoločnosť tiež vyrába motory O-360 a IO-360 s výkonom 180 koní za konkurencie schopné ceny.

Motory s paralelným ventilom 360 sú obľúbené u staviteľov GlaStar a RV-8, pretože za malý trest s pridanou hmotnosťou, bude k dispozícii ďalších 20 koní. Isteže, v niektorých prípadoch to vedie k dodatočným nákladom na vyššiu spotrebu paliva a počiatkové náklady, ale mnoho staviteľov to ochotne urobí. [11]

Akonáhle je motor vybraný, musí sa ďalej spresniť výberom vrtule.

VRTUĽA

Výber vrtule je zložitý, pretože zostava vrtuľového motora vyžaduje na zabezpečenie kompatibility, analýzu vibrácií a najefektívnejší počet listov vrtule k výkonu motora. Je potrebné vziať do úvahy aj spôsob montáže náboja, pretože niektoré vrtule sú stavané len pre špecifický motor.

Všetky vrtule pochádzajúce z továrne sú staticky vyvážené, to však zaisťuje len vyváženie listov. Dynamické vyváženie meria vibrácie vplyvajúce na systém „vrtuľa – motor“ počas prevádzky. Dynamické vyváženie sa dosahuje pomocou zariadenia, ktoré dokáže presne zmerať vibrácie a presne určiť miesto nerovnováhy. Hmotnosť sa zvyčajne pridáva vo forme skrutiek, matic a podložiek. Cieľom je dostať sa do 0, 07 IPS a menej. [12]

Všeobecne sú 2-listové vrtule o niečo účinnejšie. Efektívita však nepoháňa letún. Na prekonanie odporu a hmotnosti je potrebný ťah, ktorý pomáha lietadlu stúpať. Výber správneho počtu listov vrtule závisí od určitých parametrov vrátane výkonu motora daného lietadla, prevádzkových otáčok vrtule, obmedzení priemeru a požiadaviek na výkon. Preto najúčinnejší počet listov vrtule pre lietadlo závisí od kombinácie týchto faktorov, ktoré sa samozrejme budú líšiť v závislosti od lietadla. [13]

Tradičné materiály využívané pre výrobu leteckej vrtule ako drevo, alebo hliníková oceľ svojimi negatívnymi vlastnosťami výrazne ovplyvňujú výkon lietadla pri vykonávaní nezvyčajných manévrov. Súčasné technológie v materiálovom inžinierstve, dokážu posunúť maximá letovej obálky za jej hranice. [14] Nový kompozitný trojvrstvový dizajn ponúka akrobatickým pilotom vynikajúci ťah pri nízkej rýchlosti s minimálnym prírastkom na hmotnosti. [15]

Akrobatický letún má vrtuľu s pevným stúpaním, alebo s konštantnou rýchlosťou. Rozostup lopatiek je uhol, pod ktorým

sa „zaryjú“ do vzduchu. Na letúnoch s vrtľou s pevným rozstupom sú otáčky motora hlavným meradlom výkonu.

Úloha vrtule s konštantnými otáčkami je podobná automatickej prevodovke auta. Zmena uhla nábehu listu vrtule sa môže regulovať dvomi spôsobmi hydraulicky, alebo elektricky. Piloti v leteckej akrobacii používajú vrtuľu konštantných otáčok, ktorá má inštalované veľké protizávažie na každom koreni lopatky. Protizávažia sú dôležité v prípade ak dôjde k strate tlaku motorového oleja na regulátore pri manévroch s nulovými alebo zápornými hodnotami G, odstredivá sila protiváhy natáča list do najvyššieho možného uhlu nábehu. [16]

KAPOTAŽ – CHLADENIE MOTORA

Piestový motor premení iba určitú časť energie obsiahnutej v palive na využiteľnú energiu. Zvyšok energie zvyšuje teplotu motora a jeho príslušenstva. Ak by motor nebol chladený došlo by k jeho poškodeniu, keďže teplota plynov dosahuje cez 1 650° C v spaľovacej komore. Hliník začína strácať pevnosť okolo 260° C, preto je nevyhnutné odvádzať spaľovacie teplo, aby sa teplota hlavy valca udržiavala na bezpečnej úrovni - najlepšie okolo 190° C. V ranných rokoch letectva boli v obľube radiálne motory pre ich vysokú výkonovú produktivitu, relatívne nízky maximálny počet otáčok za minútu a veľkú čelnú plochu, čo znamenalo, že mohli byť efektívne chladené vzduchom. [17] No veľkosť tejto čelnej plochy bola zároveň dôvodom úpadku používania radiálneho motora v dôsledku veľkého aerodynamického odporu, ktorý vytvára. [18] U radového vzduchom chladeného motora, zadné valce dosahovali vysoké teploty. Preto dizajnéri navrhli kryt motora s vhodne dimenzovaným vstupom a výstupom pre prúd vzduchu, ktorý by obtekaním ochladzoval motor a jeho časti. [19]

V. ELEKTRIFIKÁCIA LETECTVA

Elektrifikácia v cestnej doprave sa koncom prvej dekády 21. storočia stala pre výrobcov motorových vozidiel súťažnou kategóriou na trhu. V automobilovom priemysle sa technológia elektrifikácie vyvíja rýchlo. V mnohých krajinách Európy sa elektrické, hybridné vozidlá a porty s elektrickým nabíjaním stávajú bežným pohľadom na ulici. Emisie leteckej dopravy taktiež znižujú kvalitu ovzdušia a majú čoraz väčší vplyv na globálne otepľovanie, keďže väčšina emisií sa vyskytuje vo vysokých nadmorských výškach. No elektrifikácia leteckej dopravy je v porovnaní s cestnou, časovo zaostala. Elektrický motor je v letectve používaný už dlhší čas, no doposiaľ len u RC modelov, dôvodom je poznatok dvoch najbežnejších zdrojov elektrickej energie, ktoré sa zvažujú v letectve, sú nimi solárna energia a batéria. Solárna energia bola aplikovaná vo väčšine len v hybridných lietadlách, z dôvodu neschopnosti generovať požadované množstvo prúdu pre pohon ľahkých športových lietadiel. U batérií je nevýhodou obmedzená výdrž a dosah využívajúci existujúce kapacity energie batérie. Vlastnosti, ktorými sa jednotlivé batérie od seba líšia sú: kapacita, hĺbka vybitia, napätie, životnosť a odolnosť voči vonkajším vplyvom. V porovnaní so systémami založenými na benzíne a naftě, nie je ani batéria užitočným zdrojom energie v civilnom letectve pre nedostatok hustoty energie ako má benzín, alebo nafta. No pre ľahké športové lietadlá, ktoré sú využívané pre krátkodobé lety leteckých akrobatických závodov, kde let trvá v priemere 90

sekúnd, je batériou poháňaný elektrický motor efektívnejší ako klasický piestový pre jeho vyšší výkon, ktorý je na závodoch tak dôležitý. V súčasnosti existujú dve čisto elektrické lietadlá: P1e a ACCEL od spoločnosti Electro Flight.



Obrázok 4: Model elektrického športového lietadla P1e
[Zdroj: <https://twitter.com/electroflight/status/778890308213960704>]

VRTUĽA S PROTIBEŽNÝMI LOPATKAMI

Architektúra vysokovýkonných elektrických motorov umožňuje centrálnu inštaláciu koaxiálneho usporiadania hriadeľa medzi dva motory a priame poháňanie hnacích hriadeľov, čím nevzniká potreba prevodov. Výmenou piestového motora za motor elektrický zásadne zmení výkon lietadla. Vyším výkonom elektrického motora vzniká dopyt pre vrtuľu, schopnú spracovať tento výkon. V lietadle, poháňanom piestovým motorom, je diktujúcim činiteľom výkonu vrtuľa. Výmenou tradičnej vrtule za dvojicu protisebe rotujúcich listov (CR) však výrazne zvyšuje schopnosti pohonného systému a výkon lietadla. Elektrický protibežný pohonný systém s pevným rozstupom má niekoľko efektívnych vlastností. Hlavnou vlastnosťou, ktorá je rovnako pozitívna, ale aj negatívna v leteckej akrobacii, je vytváranie ťahu bez krútiaceho momentu. Protibežným točením listov je táto vlastnosť eliminovaná spolu s vytváraním ťahu s vírením. Vďaka čomu je výsledný aerodynamický odpor znížený, čo naopak zvyšuje účinnosť protibežnej vrtule o päť až sedem percent, oproti jednej vrtule. Tieto vlastnosti protibežnej vrtule sú pozitívnymi pre rýchlostné akrobatické závody akou je Red Bull Air race, no pre čisto akrobatické závody, ktoré obsahujú manévry akým je napríklad „Lomcovák“, je točivý moment nevyhnutnosťou pre jeho vykonanie.

Významnou vlastnosťou protibežnej vrtule, je možnosť zvýšenia rýchlosti vzduchu na 0,6 Mach, kde jednostupňová vrtuľa dokáže urýchliť prúd vzduchu pri maximálnej vyťaženosti na 0,5 Mach (0,1 Mach = 75 mph). [20]

VI. ZÁVER

Kľúčovým slovným spojením tejto práce je „Motor akrobatického lietadla“. Práca bola rozdelená do troch častí na základe jednotlivých slov kľúčového spojenia. Ciele, ktoré sme si vytýčili na začiatku práce, sme dosiahli postupne pri vypracovávaní týchto troch častí práce.

V prvej kapitole sme sa oboznámili so vzdušným akrobatickým športom, s jeho pôvodom vzniku, vynálezcami jeho prvých manévrov a aj jeho fyzikálnou stránkou. Táto vstupná kapitola bola nevyhnutnou pre zdôraznenie dôležitosti vlastností pohonnej jednotky.

V druhej kapitole sme sa zaoberali riešením dodávky paliva a mazacieho oleja do motora od počiatku vzniku manévrov s obráteným letom. Vysvetlili sme si dôvod inštalácie invertného systému a jeho princíp činnosti počas invertného letu, a taktiež sme sa oboznámili s riešeniami vytvárania a dodávky pracovnej zmesi pomocou tlakového karburátora Bendix-Stromberg.

Jedným z našich cieľov bolo predstavenie konštrukčných možností, ponúkaných výrobnými spoločnosťami pôsobiacimi na trhu domácich staviteľov lietadiel tzv. „Kitplane“. Druhú kapitolu sme zoradili do sektorov pohonnej jednotky, ktoré sú podľa nás dôležitými pri jej návrhu. Začali sme výberom konštrukcie lietadla, s požiadavkou pre zvládnutie extrémnych zaťažení konštrukcie počas manévrov, z ponuky sme vyseletovali tri modely lietadiel s účelom pre akrobáciu, boli nimi: MX kitplane od MX Aircraft, RV- 8 od Van's Aircraft a model CH650 od spoločnosti Zenith Aircraft. Modely sa líšili svojimi limitami záťaže či už gravitačných síl, alebo výkonu motora. Jednou z ďalších vlastností, ktorými sa konštrukcie lietadla líšili bola kompatibilita použitého rámu a motora, čo nás prenieslo k ďalšiemu sektoru a to rámu motora. V tejto kapitole sme uviedli konštrukčné možnosti rámov, ich prácu so spracovávaním pôsobiacich síl a aj dôležitosť ich kontrol možných poškodení uvedením jednej z akrobatických nehôd. Ďalej sme pokračovali výberom samotného motora. Počas výberu konštrukcie lietadla sme zistili aj skutočnosť, že výrobcovia prispôbujú letúne najmä pre motory značiek Lycoming, Continental a Rotax. Dôvodom sú výkonové vlastnosti, odstup časových intervalov servisnej kontroly a vysoká obľúbenosť u ľudí. Naším hlavným parametrom bol vysoký výkon, pre komparáciu sme vybrali motory značiek Lycoming a Continental, keďže značka Rotax neponúka motory o šiestich valcoch a viac ako 250 hp. Obe spoločnosti majú svojho zástupcu pre vysoký výkon. Lycoming ponúka motor série Thunderbolt a spoločnosť Continental motor série Titan. Pri komparácii bola zistená u motora série Titan, ktorý je na trhu časovo kratšie ako Thunderbolt, veľmi podobná architektúra konštrukcie akú má Thunderbolt. Titan sa vyznačuje kvalitnejšími použitými materiálmi, preto má lepší časový odstup medzi servisnými kontrolami. No napriek tomuto zisteniu, je Thunderbolt o 30 hp výkonnejší i po zvýšení kompresného pomeru u Titánu. Naším osobným odporúčaním je využitie služieb u firiem ako Barrett Precision Engines, Sky Dynamics a Aero Sport Power, ktoré sa špecializujú na modifikáciu leteckých motorov, kombináciou funkcií výrobných častí z Continental, Superior, alebo Lycoming s vlastnými funkciami, ako sú elektronické zapalovacie systémy, výmenou materiálov častí motora, alebo úpravou kompresného pomeru. Pre spracovanie takto výkonných leteckých spaľovacích motorov bol dôležitý správny výber vrtule, čo bol sektor, v ktorom sme sa venovali vplyvu počtu listov vrtule na výkon motora, pozitívami používania lopatiek vrtule z kompozitného materiálu, voči štandardným materiálom, akým je drevo, alebo hliníčkovej zliatiny, a nakoniec sme si vysvetlili možnosti natáčania vrtule. Posledným sektorom v tejto časti práce bola kapotáž pohonnej jednotky a jej ovplyvňovanie výkonu chladením častí motora. Tu sme sa oboznámili s konštrukčnými riešeniami ochladzovania motora používaných u profesionálnych závodných tímov.

V poslednej tretej kapitole sme sa venovali súčasnému celosvetovému trendu a to elektrifikácii dopravy. Poukázali sme

na jej nízky progres v leteckom odvetví voči automobilovému, zapríčinením ešte neobjaveného dostatočného zdroja elektrickej energie. Nasledovala podkapitola o uplatnení protibežnej vrtule v elektricky poháňanom akrobatickom lietadle. Vytýčili sme jej pozitívnu vlastnosť pre spracovanie veľkého výkonu elektrického motora no aj jej vlastnosť, ktorá je súčasne pozitívna a negatívna, je ňou absencia točivého momentu, ktorý je podmienkou pre vykonávanie akrobatických manévrov akým je napríklad „Lomcovák“. Napriek všetkému vidíme veľké perspektívy vo využívaní elektromotorov v blízkej budúcnosti vo vzdušnej akrobácii.

REFERENCIE

- [1] Carson, Annette J. <https://www.britannica.com/sports/aerobatics>. Britannica. [Online] [Cited: 3 19, 2020.] <https://www.britannica.com>.
- [2] Reichhardt, Tony. <https://www.airspacemag.com/daily-planet/pegoud-flies-upside-down-1913-143766023/>. Airspacemag. [Online] 9 1, 2010. [Cited: 3 19, 2020.] <https://www.airspacemag.com>.
- [3] Goulian, Geza Szurovy Mike. <https://www.aircraftspruce.com/catalog/pdf/13-00677.pdf>. https://www.aircraftspruce.com/catalog/bvpages/basic_aerobatics.php. [Online] 2 22, 1994. [Cited: 3 22, 2020.] <https://www.aircraftspruce.com>. 9780070629264.
- [4] Rusling, Steven. <https://www.quora.com/How-did-the-propeller-driven-planes-of-World-War-II-get-fuel-to-the-engine-when-they-were-flying-at-steep-angles-or-inverted>. QUORA. [Online] 1 2, 2019. [Cited: 5 22, 2020.] <https://www.quora.com>.
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_injection#cite_ref-32. Wikipedia. [Online] 4 21, 2020. [Cited: 5 20, 2020.] <https://en.wikipedia.org>.
- [6] Trenner, Patricia. <https://www.airspacemag.com/flight-today/how-things-work-flying-upside-down-27746739/>. Air & Space Magazine. [Online] Máj 2002. [Cited: 3 22, 2020.] <https://www.airspacemag.com>.
- [7] <https://science.howstuffworks.com/transport/flight/modern/question252.htm>. How Stuff Works. [Online] April 1, 2000. [Cited: 3 22, 2020.] <https://science.howstuffworks.com>.
- [8] Cívile, Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation. Accident to MX Aircraft MX2 experimental aircraft registered N88MX on 16 August 2015 at Châteauneuf sur Cher (Cher). Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile. Le Bourget : Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile, November/2018. BEA2015-0491.
- [9] Jones, Mason. <https://www.simplifiedpurchasing.com/blog/types-of-aircraft-engine-mounts/>. Simplified Purchasing Blog. [Online] 3 18, 2019. [Cited: 3 22, 2020.] <https://www.simplifiedpurchasing.com>.
- [10] Wilson, Tom. <https://www.kitplanes.com/2020-engine-buyers-guide/>. Kitplanes. [Online] December 26, 2019. [Cited: Marec 29, 2020.] <https://www.kitplanes.com>.
- [11] Prizio, Dave. <https://www.kitplanes.com/firewall-forward-choosing->

- your-engine/. Kitplanes. [Online] Február 14, 2012. [Cited: Marec 29, 2020.] <https://www.kitplanes.com>.
- [12] Simon, Jeff. <https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2018/january/22/propeller-maintenance-balancing>. AOPA. [Online] January 22, 2018. [Cited: Apríl 14, 2020.] <https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2018/january/22/propeller-maintenance-balancing>.
- [13] <https://hartzellprop.com/are-more-propeller-blades-better/>. Hartzell Propellers. [Online] August 28, 2018. [Cited: 3 22, 2020.] <https://hartzellprop.com>.
- [14] Cook, LeRoy. <https://www.kitplanes.com/propeller-buyers-guide/>. Kitplanes. [Online] November 16, 2018. [Cited: 3 22, 2020.] <https://www.kitplanes.com>.
- [15] Blog, Hartzell prop. <https://hartzellprop.com/benefits-of-composite-propellers/>. Hartzell propeller. [Online] April 19, 2018. [Cited: 3 22, 2020.] <https://hartzellprop.com>.
- [16] Trenner, Patricia. <https://www.airspacemag.com/how-things-work/flying-upside-down-3244070/?page=1>. Air & Space Magazine. [Online] Máj 2002. [Cited: 22 3, 2020.] <https://www.airspacemag.com>.
- [17] Brain, Marshall. <https://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/radial-engine3.htm>. How stuff work. [Online] 9 26, 2002. [Cited: 5 16, 2020.] <https://science.howstuffworks.com>.
- [18] Aeghan, Aakash. <https://www.quora.com/Why-are-radial-engines-are-not-commonly-used-What-are-its-drawbacks>. QUORA. [Online] 8 23, 2017. [Cited: 5 16, 2020.] <https://www.quora.com>.
- [19] Garrison, Peter. <https://www.flyingmag.com/aircraft/more-pretty-face/>. Flying Magazine. [Online] Január 23, 2015. [Cited: 3 22, 2020.] <https://www.flyingmag.com>.
- [20] Sills, Nick. <https://www.pressreader.com/uk/pilot/20190101/281535112064316>. Press Reader. [Online] Január 1, 2019. [Cited: 3 22, 2020.] <https://www.pressreader.com>.
- [21] Bugaj, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [22] Bugaj, M. 2015. Aeromechanika 1: základy aerodynamiky. Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.
- [23] 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
- [24] Bugaj, M. 2012. Failure analysis-basic step of applying reliability centered maintenance in general aviation. Transport Problems 7(1), pages 77-86.
- [25] 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>
- [26] Novák, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [27] Pecho, P., Wylie, M. & Bugaj, M. 2018. Transportation Research Procedia 35, pages 287-294.
- Filip Dvoran – narodený 09. 03. 1998 v Nitre. Absolvoval v roku 2017 Strednú priemyselnú školu potravinársku, Spojenej školy Slančíkovej 2 v Nitre, následne v tom istom roku začal v septembri štúdium na Žilinskej univerzite v Žiline, odbor letecká doprava.

PREVOZ ŽIVÝCH ZVIERAT V NÁKLADNÝCH PRIESTOROCH DOPRAVNÝCH LIETADIEL

TRANSPORTS OF LIVE ANIMALS IN THE HOLD OF CARGO AIRCRAFT

Kristína Fečíková

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
fecikova2@stud.uniza.sk

Ján Rostáš

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

Abstract – The paper is focused on the transport of live animals in cargo spaces of transport aircraft. The bachelor thesis consists of two separate chapters. The first chapter deals with the transport of live animals. It characterizes air transport of animals. It focuses on the ways of transporting animals. Describes animal cages. It deals with the definition of the term welfare. It focuses on cargo terminals and air freight information system. The second chapter of the thesis is devoted to general conditions in the transport of animals. It focuses on legislation in the field of animal transport. It describes requirements for transported animals and requirements for transport containers. The result of the thesis is a comprehensive framework for handling with possible application as a guide for this typical type of carriage.

Key words – transport, animals, aircraft, aircraft hold.

I. ÚVOD

Letecká doprava predstavuje najbezpečnejší, najpohodlivejší a najrýchlejší spôsob dopravy osôb a tovarov, medzi ktoré zaraďujeme aj prepravu živých zvierat. Svetový objem leteckej dopravy v poslednom desaťročí výrazne narastá. Prírodným impulzom rastu sú faktory spojené s ekonomickým rozvojom vo všetkých častiach sveta. Pre správne fungovanie slobodného pohybu osôb, tovaru a kapitálu teda spoločného trhu v rámci Európskej únie má kľúčový význam práve doprava. V tomto kontexte je nezanedbateľným faktorom pre zavádzanie moderných technických riešení v leteckej doprave a leteckých službách potreba zvyšovania efektívnosti leteckej dopravy, aby sa súčasne vytvárali podmienky pre konkurencioschopnosť prevádzkovateľov leteckej dopravy v skracovaní letových ciest, doby letu a pre samotné znižovanie nevyhnutných nákladov pre vykonaný let. [1]

Preprava zvierat leteckou dopravou sa vďaka svojej rýchlosti dá pokladať za humánnejšiu a pohodlnejšiu než iné dlhotrvajúce spôsoby dopravy na veľké vzdialenosti.

Cieľom tejto práce je zmapovanie problematiky prepravy zvierat leteckou dopravou. Zaoberať sa budeme aj

právnymi predpismi, ktoré súvisia s týmto druhom prepravy a popíšeme si tiež materiálno – technické i veterinárne požiadavky na prepravované zvieratá.

II. CHARAKTERISTIKA LETECKÉHO PREPRAVNÉHO PROCESU

Ide o cieľavedomé premiestnenie dopravnými prostriedkami z miesta A do miesta B po dopravných komunikáciách za účelom vytvorenia zisku. Preprava je produktom dopravy. Jej vykonávateľom je dopravca a prepravca (objednávateľ). Ten s dopravcom uzatvára prepravnú zmluvu. Do prepravy sa radí aj s ňou súvisiace činnosti, jedná sa o nakládku, vykládku alebo prekládku. Veľmi dôležitým faktorom je dodržanie životných potrieb zvierat počas prepravy, vrátane odpočinku. [1]

V lietadle je možné prepravovať napríklad osobné domáce zvieratá (pes, mačka, morča), alebo vodiace a asistenčné psy. Špeciálnymi prípadmi sú športové zvieratá (kone), hospodárske zvieratá určená pre chov, zvieratá určené na porážku, zoológické zvieratá a zvieratá prepravované z dôvodu vedy (výskum). Možno tiež prepravovať malé vtáky, hmyz a morské živočíchy, všetko ale v malom množstve. [4]

STRES A PROSTREDIE

Je nutné brať do úvahy, že to, ako zvieratá vníma prostredie v ktorom sa nachádzajú, výrazne ovplyvňuje jeho správanie. Zvieratá sa môžu niečo zľaknúť a zraniť buď seba, alebo svoje okolie. Ak zvieratá nechápu nové prostredie (nevedia, kde sa nachádzajú), je zvyčajne vydesené a hlavne veľmi nepokojné. Všetky zvuky by preto mali byť znížené na minimum. Stres zvierat je najhorším faktorom počas celej prepravy. Reakcie zvierat pri stresových situáciách sú takmer dosť nepredvídateľné. Niekedy je zvieratá schopné zaútočiť, niekedy má tendenciu schovávať sa, alebo sa môže dokonca vzoprieť a utiecť. Preto sa musí brať do úvahy akékoľvek možné riešenie, ktoré zabraňuje vzniku stresu a hlavne ho minimalizuje. [7] Zvieratá sú ovplyvnené aj teplotnými extrémami. Musí sa brať do úvahy aj to, či zvieratá netrpia na prievan a tiež, nesmie byť vystavené ani prehriatiu. [8]

Tabuľka 7: Odporúčané teploty pri preprave vybraných druhov zvierat [Zdroj: Bina a kol., 2014]

Druh zvierat'a	Minimálna teplota (°C)	Maximálna teplota (°C)
Vtáci	7	29
Mačka	7	27
Rys červený	4	18
Pes, dlhá sršť	4	27
Pes, krátka	10	32
Králík	2	21
Medveď	4	29
Jazvec	4	24
Dojnica	-1	24
Koza	2	29

SPÔSOB PREPRAVY ZVIERAT

Živé zvieratá je možné prepravovať iba do krajín, kde to povoľujú predpisy cieľovej krajiny a za podmienok stanovených touto krajinou. Ak sú dovážané zvieratá alebo výrobky z nich, uvedené v zozname medzinárodného dohovoru CITES, musí byť predložené vývozné povolenie CITES krajiny vývozu a dovozné povolenie CITES krajiny dovozu. Prepravné podmienky pre prepravu živých zvierat uvedených v zozname medzinárodného dohovoru CITES musia spĺňať kritériá podľa IATA (LAR). [17]

Podrobnejšie informácie poskytuje veľvyslanectvo danej krajiny, prípadne Štátna veterinárna správa Slovenskej republiky. Zvieratá môžu na palubách leteckých spoločností vo väčšine prípadov cestovať:

- v kabíne lietadla (ako kabínová batožina),
- v nákladovom priestore lietadla ako registrovaná batožina,
- v nákladovom priestore ako tovar (cargo) [9]

V kabíne sa môžu zvieratá prepravovať iba za nasledujúcich podmienok:

- zvieratá musí byť umiestnené v špeciálnej schránke (max. rozmer cca 48 x 32 x 29 cm, max. váha so zvierat'om cca 8 kg),
- za prepravu zvierat'a je účtovaný poplatok podľa príslušnej tarify. Výnimku tvoria záchranárske a policajné psy v službe a sprievodné psy pre cestujúcich so zdravotným postihnutím. Tieto zvieratá sa prepravujú v kabíne lietadla prednostne, bez schránky a zadarmo. [9]



Obrázok 1: Prepravka na prepravu zvierat'a [Zdroj: www.profizoo.sk]

Zvieratá sa prepravujú v nákladovom priestore lietadla ako registrovaná batožina za nasledovných podmienok:

- preprava zvierat v nákladovom priestore ako odbavenú batožinu je povolená len do určitých krajín,
- zvieratá musí byť prepravované v schránke s nepriepustným dnom a otvormi pre dýchanie (max. rozmer cca 125 x 69 x 80 cm),
- schránku je možné zakúpiť na letisku,
- schránka musí byť označená vašim menom, adresou a telefonickým kontaktom,
- zvieratá musia byť vybavené príslušnými dokladmi,
- za prepravu zvierat'a je účtovaný poplatok podľa príslušnej tarify,
- prepravované zvieratá bude na let odbavené počas odbavenia ostatnej batožiny.

Letiskový personál skontroluje, či schránka spĺňa predpisy, či v nej má zvieratá dostatok priestoru a či je vybavené jedlom a vodou s možnosťou doplnenia zvonku schránky. Súčasne skontroluje sprievodnú dokumentáciu zvierat'a a jeho zdravotný stav. Potom bude zvieratá odovzdané pracovníkom handligu na nakladanie lietadiel. [9]

Živé zvieratá je možné prepravovať v nákladovom priestore aj ako tovar. Touto oblasťou sa zaoberá oddelenie leteckej spoločnosti pre nákladnú prepravu - Cargo. [9]

DEFINÍCIA POJMU WELFARE

Zvieratá ťažko znášajú dlhé cesty, preto je snahou zaistiť také podmienky, aby netrpeli. Pri preprave je potrebné zabezpečiť zvieratám pohodu – tzv. welfare. Najčastejšie je pojem welfare prekladaný ako pohoda zvierat. Zvieratá rovnako ako ľudia reagujú kladne na príjemné situácie a podnety a naopak negatívne na nepríjemné. Rovnako ako u ľudí, tak aj u zvierat je možné pozorovať správanie, ktoré zjavne ukazuje na pocity bolesti a depresie, alebo naopak na ich radosť a uspokojenie. To znamená, že je potrebné zvieratá považovať za hlboko vnímajúce tvory, ktoré ukazujú schopnosť myslenia, sú schopné pociťovať potešenie alebo bolesť a svoje správanie k nim tejto skutočnosti podriaďujú.

Welfare predstavuje široký pojem, ktorý obsahuje mentálny a fyzický stav cítenia sa. Všetky pokusy o hodnotenie welfare musia zohľadniť vedecké poznatky, ktoré dovoľujú vysvetliť pocity zvierat, ktoré môžu byť odôvodnené od funkcií a

štruktúry ich organizmu ako aj ich správania. Pohoda predstavuje stav cítenia zvierat. Ide o stav, ktorý sa môže dynamicky meniť a musí byť skúmaný komplexne. Pre hodnotenie pohody sa používa viac metód. Základom je skúmanie či sú splnené nároky a potreby zvierat'a. [2]

III. VŠEOBECNÉ PREPRAVNÉ PODMIENKY

Zabezpečenie rýchlej, bezpečnej a kvalitnej prepravy tovarov od odosielateľa ku konečnému príjemcovi s využitím leteckej dopravy vyžaduje od všetkých zúčastnených zložiek dokonalú prípravu a následné prevádzanie rady náročných organizačných a technických činností. Základnou požiadavkou je vytvorenie zodpovedajúcej siete.

Základným prepravným dokumentom potvrdzujúcim uzatvorenie zmluvy o preprave tovarov medzi odosielateľom a leteckým dopravcom, o prevzatí nákladu k preprave o podmienkach prepravy je Letecký nákladný list (Air Waybill). Ten sprevádza zásielku od okamihu jej prevzatia dopravcom až do momentu jej vydania príjemcovi. Pri medzinárodnej leteckej doprave boli vzhľadom k množstvu colných, bezpečnostných a štatistických požiadaviek potrebné vystaviť až 30 papierových dokumentov. Klasický papierový Air Waybill sa spracováva až v 16 vyhotoveniach, to znamená tri originály pre dopravcu, odosielateľa a príjemcu, ostatné kópie sú určené pre colné odbavenie, pre prípadného ďalšieho dopravcu, pre potvrdenie príjmu zásielky a pod. [1]

Vzhľadom k tomu, že zvieratá zle znášajú dlhé cestovanie, je pre prepravu najvhodnejšie použiť práve leteckú dopravu. Preto je veľmi dôležité zachovať vysoké štandardy a požiadavky na určitú oblasť personálu, starajúci sa o celú prepravu. Radia sa tu veterinárni inšpektori, chovatelia, psovodi, ošetrovatelia, výrobcovia kontajnerov, leteckí dopravcovia, piloti pod. Takéto podmienky možno najlepšie dosiahnuť pomocou regulácie a dohľadu. [14]

IATA LAR

IATA (International Air Transport Association) je medzinárodná asociácia leteckých dopravcov. Ide o mimovládnu medzinárodnú organizáciu, ktorá združuje leteckých dopravcov. Sídli v Kanade, v Montreale. Formou tejto organizácie sú leteckí dopravcovia povinní medzi sebou konzultovať ceny. Sú základným štandardom pre leteckú prepravu zvierat. Jeho hlavnou úlohou je zabezpečiť bezpečné a spoľahlivé zaobchádzanie so všetkými druhmi prepravovaných zvierat. [15]

ZÁKON O OCHRANE ZVIERAT

V § 3 zákona č. 115/1995 Z.z. ochrane zvierat sú uvedené základné povinnosti pri preprave zvierat. Chovateľ je povinný pred vykonaním prepravy zvierat'a skontrolovať, či je zvierat schopné prepravy. Prepravy nie sú schopné zvieratá:

- a) gravidné, u ktorých by mohol nastať pôrod počas prepravy,
- b) mladšie ako dva dni, s výnimkou hydiny.

Preprava zvierat sa musí vykonať čo najkratšou cestou. Zvieratá musia byť pri preprave chránené pred zranením, nepriazňou počasia a pred prudkým kolísaním teploty. Počas prepravy sa musí zvieratám zabezpečiť potrebný prísun krmiva, vody a iných tekutín (§ 3 ods. 4 zákona č. 115/1995 Z.z.).

POŽIADAVKY NA PREPRAVOVANÉ ZVIERA

V prípade, že chce cestujúci zvierat prepravovať lietadlom, musí mať k dispozícii predpísané doklady a dokumenty zvierat'a. Tieto doklady kontroluje veterinár. Colníci s veterinárom kontrolujú, či je dovolený vývoz a dovoz zvierat'a. V niektorých krajinách zvierat prechádza karanténou. Dĺžka karantény je rôzna a určujú si ju jednotlivé štáty. Dovozy alebo vývozy zvierat je možný iba cez letisko, kde je veterinárna služba. Veterinár musí skontrolovať zdravotný stav zvierat'a pred odletom a po prilete. V lietadle musia byť k dispozícii, a na požiadanie predložené, doklady s vopred stanovenými informáciami. Musí tu byť uvedený pôvod zvierat a meno majiteľa, miesto odoslania, deň a čas odletu, plánované miesto určenia a očakávaná dĺžka trvania cesty. Každé zvierat musí splniť nasledujúce požiadavky:

- **mať platné veterinárne osvedčenie** – jedná sa o veterinárne osvedčenie a zdravotné potvrdenie na premiestnenie zvierat'a, ktoré vydáva veterinár. Majiteľ zvierat'a si musí zabezpečiť dva výťažky tohto osvedčenia. Originál odovzdá leteckej spoločnosti, ktorá bude jeho zvierat prepravovať a kópiu si nechá. Zdravotné osvedčenie musí byť vydané a podpísané licencovaným veterinárnym lekárom 10 dní pred plánovanou prepravou zvierat'a.
- **pas** – pas pre zvieratá vychádza z nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 998/2003 / ES z roku 2003. Pas má rovnakú podobu vo všetkých štátoch Európskej únie a každý je označený kódom krajiny. Ďalej tu musí byť uvedené poradové číslo krajiny, ktoré je u nás pridelené Štátnej veterinárnej správe. Pas je možné získať u schválených a licencovaných veterinárnym lekárom.
- **medzinárodný čip** – je známy skôr pod názvom mikročip. Mikročip je nutný predovšetkým pri vystavení pásu zvierat'a. Do roku 2011 bolo možné vystaviť pas, aj keď zvierat nebolo načipované. Od 2. júla 2011 sa situácia mení a cestovanie bez mikročipov nie je možné. Čip sa umiestňuje na ľavú stranu krku zvierat'a, tesne pod lopatku.
- **príslušné očkovanie** – každé zvierat musí byť očkované proti besnote a mať medzinárodný očkovací preukaz. Je nutné dodržať termín očkovania, najskôr jeden rok pred cestou a najneskôr mesiac pred cestou. Medzinárodný očkovací preukaz a ostatné doklady sú vyplnené v jazyku pôvodu zvierat'a a aj v anglickom jazyku. Majiteľ sa letecké spoločnosti, ktorá jeho zvierat prepraví, preukáže 1 kópiu certifikácie očkovania, ktorú vydal a schválil veterinár. Pokiaľ má zvierat menej ako 12 týždňov, očkovania nie sú potrebné. Medzinárodný očkovací preukaz je tvorený dvoma dokumentami: certifikát o platnom očkovaní a vlastný medzinárodný očkovací preukaz. Certifikát o platnom očkovaní je vystavený podľa IHR (International Health Regulations). Pri cestách do oblastí s výskytom choroby zvanej žltá zimnica sa musí zvierat nechať zaočkovať. Povinnosť očkovania sa vzťahuje aj na tranzit cez oblasť, kde sa táto choroba vyskytuje. Hlavnou zložkou

certifikátu o platnom očkovaní je očkovaní proti žltej zimnici. [12]

POŽIADAVKY NA PREPRAVNÉ KONTAJNERY

Zvieratá musia byť prepravované iba v uzavretých schránkach (kontajneroch). Požiadavky na kontajneru upravuje manuál IATA LAR. Každé zviera je iné, čiže každá schránka závisí od veľkosti zvieratá. K tomuto účelu slúžia základný vzorec pre konštrukciu kontajnera:

A= dĺžka zvieratá od ňufáka po koreň chvosta

B= dĺžka predných nôh zvieratá

C= šírka chrbta zvieratá v najširšom bode

D= výška zvieratá, meraná od zeme po temeno hlavy, alebo po špičky uší

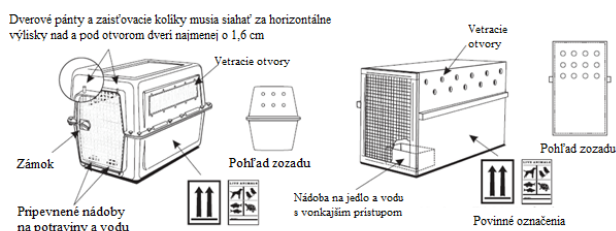
Dĺžka kontajneru = $A + 1/2 B$

Šírka kontajnera = $C \times 2$ (pre jedno zviera)

Výška kontajnera = D

Iné požiadavky platia napríklad u vtáctva či akváriových rybičiek. V prípade prepravy vtákov je nutné, aby mal vták vzpriamenú hlavu a nedotýkal sa chvostom podlahy schránky. U akváriových rybičiek je nutné, aby truhla bola dvojité, vonkajší obal musí byť zhotovený z pevného materiálu a vnútorný musí byť naplnený vodou. [7]

Kontajneru pre leteckú prepravu zvierat musia byť konštruované tak, aby boli zachované normálne zvyky zvieratá a umožňovali jeho pohyb. zvieratá môžu byť prepravované iba v uzavretých kontajneroch. Prepravu v otvorenom kontajneri možno zabezpečiť, ale je nutná predchádzajúcej konzultácie s dopravcom. Kontajner musí byť dobre konštruovaný a musí byť schopný odolať prípadnému poškodeniu. Nutnosťou je zabezpečiť, aby zviera nemohlo utiecť cez diery či medzery vo švíkoch (škárach) alebo kĺboch schránky. Musí byť konštruovaný z netoxických materiálov. Chemicky impregnované drevo môže byť pre zviera jedovaté a zakazuje sa jeho používanie. Dvere sú konštruované tak, aby v prípade akejkoľvek nehody nedošlo k ich otvoreniu. [16]



Obrázok 6: Kontajner na prepravu zvierat [Zdroj: IATA LAR – Live Animal Regulations]

Kontajner nesmie zvieratú spôsobiť zranenia. Všetky hrany vo vnútri sú hladké a rovné. Ak je kontajner použitý po inom zvierati, je nutné ho vopred vyčistiť, vydezinfikovať alebo ho sterilizovať. Podstielku zabezpečuje dopravca, ktorý pozná presné požiadavky na jednotlivé druhy zvierat. Slama je zakázaná

takmer vo všetkých krajinách. Ďalšou podmienkou je to, že kontajner má jednoduché ovládanie pre personál, jedná sa hlavne o držadlá. Držadlá sú prispôbené tak, aby zviera nemohlo drapnúť alebo pohryzť obsluhujúci personál. Nesmú byť na miestach, kde je zabezpečené vetranie. Držadlá môžu byť pripojené do upevňovacích otvorov na palube lietadla. Ak sú počas prepravy požadované zdvíhacie vozíky, všetky medzery musí byť najmenej 5 cm široké. [16]

Kontajner zaisťuje ventilovanie najmenej na troch stranách, hlavná ventilácia je zaistená v hornej časti kontajnera. Ventiláčne otvory sú čo najmenšie alebo bývajú prikryté sieťami, ktoré zabraňujú úteku. Jedlo a žliabky na vodu sú umiestnené buď vo vnútri kontajnera, alebo pripevnené na kontajner zvonku. Misky majú zvyčajne okrúhle hrany a sú vyrobené z netoxických materiálov vhodných pre určité druhy zvierat. Inštrukcie týkajúce sa kŕmenia sú pripevnené na kontajner a ich kópiu vlastní prepravná spoločnosť. Kŕmenie je poskytované dopravcom a musí byť skontrolované, či neporušuje predpisy krajín, do ktorých zviera putuje. V prípade uzavretých či zapečatených kontajnerov kŕmenie to nie je možné a letecká spoločnosť s tým musí byť oboznámená.

IV. ZÁVER

Práca sa venuje problematike prevozu živých zvierat v nákladných priestoroch dopravných lietadiel. Pozostávala z dvoch samostatných kapitol.

V prvej kapitole sme sa zamerali na problematiku prevozu živých zvierat vrátane charakteristiky leteckej prepravy zvierat. Obsahuje spôsoby prepravy zvierat a kliečky určené na prevoz zvierat. Zvýšený dôraz bol venovaný definícii pojmu welfare. Kapitola zahŕňa aj problematiku cargo terminálov a informačných systémov určených pre leteckú nákladnú dopravu.

Druhá kapitola je zameraná na všeobecné podmienky prepravy zvierat. Identifikuje legislatívu v oblasti prepravy zvierat, požiadavky na prepravované zvieratá a požiadavky na prepravné kontajneru.

V súvislosti s prepravou zvierat existuje niekoľko aspektov, ktoré môžu spôsobiť obavy o dobré životné podmienky zvierat. Hodnotenie dobrých životných podmienok zvierat by malo zahŕňať opatrenia na zvieratách vrátane fyziologických zmien a zmien správania v reakcii na prepravu. Právne predpisy na ochranu dobrých životných podmienok zvierat počas prepravy by nemali načrtávať len minimálne požiadavky, ktoré musia osoby, ktoré sa na procese podieľajú, dodržiavať. Avšak, presadzovanie právnych predpisov je zložitá a náročná úloha. Znenie právnych predpisov musí byť jasné a jednoznačné.

Poznatky, už spomenuté v práci, nám dávajú predstavu o postupoch, dokumentácii ale aj legislatíve, ktoré sa musia dodržiavať a sú ďalším podstatným dielom vo vykonávaní činnosti a dozore úradov a organizácií v oblasti dopravy.

Spomenutý pojem welfare tiež môžeme charakterizovať ako prežívanie života jednotlivých druhov zvierat na úrovni k ich spokojnosti v danom časovom intervale. Na prepravované zvieratá negatívne pôsobí vytrhnutie z ich domovského prostredia, v ktorom sa chovali. Zrazu sa ocitajú v prostredí s neznámymi ľuďmi, ktorí narušujú ich osobný priestor.

Pri pôsobení stresových faktorov môže dôjsť aj k úhynu zvierat'a, ako počas samotnej prepravy, tak aj bezprostredne po nej. Hranica spokojnosti zvierat'a je individuálna. Podmienky, ktoré sú optimálne pre jeden druh zvierat, môžu byť pre iný druh nevyhovujúce. Preto je potrebné vytvoriť podmienky také, ktoré by zabránili vytvoreniu nadmerného stresu a podmienky umožňujúce im realizovať prirodzené prejavy správania.

Pod'akovanie

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

REFERENCIE

- [1] BÍNA, L., a kol., 2014. *Provozování letecké dopravy a logistika*. Brno: CERM, 2014, ISBN 978-80-7402-855-7.
- [2] DEBRECÉNI, O., a kol., 2016. *Etológia hospodárskych zvierat*. Štvrté prepracované vydanie. Nitra: SPU, 2009. 246s. ISBN 978-80-552-1498-6.
- [3] HALO, M., KOVALČÍK, E. 2000. *Welfare v chove koní - požiadavky na ustajnenie*. In *Slovenský chov*, roč. 5, 2000, č. 7, s. 18-19. ISSN 1335-1990.
- [4] HANÁK, P., 2004. *Obchodná prevádzková činnosť v leteckej doprave*. Žilina: EDIS, 2004. ISBN 80-8070-280-2.
- [5] HEINRICOVÁ, M. 2013. *Létající koně aneb letecká přeprava*. [online]. [cit. 20.2.2020]. Dostupné na: <https://www.hellosandy.cz/magazin/letajici-kone-aneb-letecka-preprava-12500/>
- [6] HROUZ, J., a kol., 2007. *Etologie hospodárskych zvierat*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 189s. ISBN 978-80-7157-463-7.
- [7] KVOKAČKA, V., 2010. *Ochrana zvierat pri preprave*. Košice: Inštitút vzdelávania veterinárnych lekárov v Košiciach, 179s. ISBN 978-80-8928-028-5.
- [8] ONDRUŠ, P., 2016. *Preprava psov a iných zvierat na Slovensku a v zahraničí*. [online]. [cit. 20.2.2020]. Dostupné na: <https://www.chovatelahospodar.sk/tema/preprava-zvierat>
- [9] *Cestovanie so zvieratami*, 2020. [online]. [cit. 20.2.2020]. Dostupné na: <https://www.wings.sk/informacie-pre-cestujucich/specialna-starostlivost/cestovanie-so-zvieratami>
- [10] Nariadenie Rady (ES) č. 1/2005 o ochrane zvierat počas prepravy a s ňou súvisiacich činností
- [11] *Preprava zvierat*, 2016. [online]. [cit. 15.3.2020]. Dostupné na: <https://www.bts.aero/informacie/prakticke-rady/preprava-zvierat/>
- [12] *Preprava živých zvierat | ROTH Cargo . ROTH Cargo | Letecká doprava, letecká preprava zboží a zvířat* [online]. [cit. 10.3.2020]. Dostupné na: <http://www.roth.cz/preprava-zivych-zvirat/>
- [13] Zákon č. 115/1995 Z.z. ochrane zvierat
- [14] *Transporting Live Animals By Air - SKYbrary Aviation Safety*. [online]. [cit. 15.3.2020] Dostupné na: http://www.skybrary.aero/index.php/Transporting_Live_Animals_By_Air
- [15] *International Air Transport Association*. [online]. [cit. 15.3.2020] Dostupné na: <http://www.iata.org/about/pages/index.aspx>
- [16] *IATA LAR - Live Animals Regulations*. IATA, 2015. ISBN 9789292526351.
- [17] *AIP Letecká informačná príručka*. [online]. [cit. 16.3.2020] Dostupné na: https://aim.lps.sk/eAIP/eAIP_SR/AIP_SR_valid/html/LZ-GEN-1.4-sk-SK.html
- [18] *IATA Dangerous Goods* [online]. [cit. 20.3.2020] Dostupné na: <https://www.iata.org/en/programs/cargo/dgr/>
- [19] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. *Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva*. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.
- [20] 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.
- [21] TOMOVÁ, A., HAVEL, K. 2015. *Ekonomika poskytovateľov leteckých navigačných služieb*. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2015. - 154 s. ISBN 978-80-554-1153-8.
- [22] 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.
- [23] CATLOS, M., KURDEL, P., NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A., LABUN, J. & CESKOVIC, M. 2018. *Continual Monitoring of Precision of Aerial Transport Objects*. NTAD 2018 - 13th International Scientific Conference - New Trends in Aviation Development, Proceedings 8551683, pages 76-81
- [24] Tomová, A. & Materna, M. 2017. *The Directions of On-going Air Carriers' Hybridization: Towards Peerless Business Models?* *Procedia Engineering* 192, pages 569-573

Kristína Fečíková – narodená dňa 04.02.1998 v Snine absolvovala v roku 2017 Strednú priemyselnú školu strojnícku v Košiciach, následne od roku 2017 študovala na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.

DETEKCIA A PREDIKCIA HROZBY NÁMRAZY NA ZÁKLADE ANALÝZY POVETERNOSTNEJ SITUÁCIE A SPRÁV O POČASÍ NA LETISKU ŽILINA

DETECTION AND PREDICTION OF THE THREAT OF ICING BASED ON THE ANALYSIS OF WEATHER CONDITIONS AND WEATHER REPORTS AT THE AIRPORT ŽILINA

Pavol Fodor

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

Miriam Jarošová

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

Abstract – The aim of the paper was to introduce the issue of icing as a dangerous phenomenon in aviation, its effect and impact on the safety of air transport and to approach this dangerous phenomenon in terms of aviation meteorology. We also paid considerable interest to air accidents caused by icing. However, we primarily focused on the description of the different types of icing, its division and occurrence of icing throughout various weather situations. In addition, we paid attention to classify and evaluate the occurrence of the icing on a specific weather situation, which made it possible to effectively predict the occurrence, origin or intensity of icing. We have also introduced the current state of icing prediction and prevention of flight into meteorological conditions with danger of icing.

Key words – icing, aviation meteorology, prediction, prevention, classification, dangerous phenomenon.

I. ÚVOD

Letecká doprava patrí medzi jeden z najrýchlejších sa rozvíjajúcich priemyslov. Jej rýchlosť prepravy osôb, tovaru, či pošty nemá v porovnaní s ostatnými prostriedkami prepravy takmer žiadnu konkurenciu. Môžeme ju nepochybné zaradiť medzi najbezpečnejšie prvky dopravnej sústavy. Avšak aj letecká doprava od nepamäti čelí jednému z najzásadnejších faktorov ovplyvňujúcich jej pravidelnosť a včasnosť a je ním počasie.

Z hľadiska meteorológie hovoríme najmä o javoch spojených s búrkovou činnosťou, zníženou viditeľnosťou, námrazou, silným vetrom a pod. V našom článku sme kládli dôraz a venovali sme sa najmä podmienkam vzniku námrazy.

Námraza, ktorá sa vytvára na lietadlách nám značne ovplyvňuje letové vlastnosti a výkonnosť lietadla. Znižuje vztlak, zvyšuje odpor a celkovú hmotnosť lietadla, ovplyvňuje letové

prístroje a mnoho ďalších. Existuje nespočetné množstvo nehôd, ktoré boli spojené práve so vznikom námrazy.

Zamerali sme sa na konkrétne typy námrazy, obdobia jej vzniku a na prostriedky detekcie a predikcie námrazy. Takisto sme sa venovali aj štatistike, ktorej náplňou bolo dokázať vážnosť celej situácie na letisku Žilina, a to najmä podmienkam zníženej dohľadnosti a konkrétnym meteorologickým situáciám, počas ktorých bol na letisku Žilina pozorovaný vznik jednotlivých podmienok, či už hmly, dymna alebo mrznúcej hmly.

ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

Námraza patrí v letectve medzi najnebezpečnejší a zároveň najzaujímavejší atmosférický jav prejavujúci sa vznikom ľadových kryštálov na povrchoch objektov. Vzniká pri usadzovaní a zamŕzaní podchladených kvapiek vody pri kontakte s povrchom letúna. Podchladené kvapky vody môžeme chápať ako kvapky, ktoré si udržiavajú svoje kvapalné skupenstvo aj napriek ich záporným teplotám. Najčastejšie sa vyskytujú v oblačnosti, daždi, mrholení, či hmle. Výskyt námrazy v atmosfére je podmienený viacerými faktormi. Jedným a hlavným z nich je prítomnosť podchladených vodných kvapiek a ďalším teplota povrchu letúna pod bodom mrazu.

Tieto javy ale možno predpovedať z aerologických meraní a najčastejšie sú poskytované prostredníctvom informácií SIGMET. Značnú časť údajov o námraze sprostredkujú aj piloti lietadiel počas letu a aktívne spolupracujú s meteorológmi. Vážnosť námrazy nám dokazuje množstvo leteckých nehôd s ňou spojených, a preto je nevyhnutné zaoberať sa teóriou vzniku námrazy už od počiatku leteckých výcvikov pilotov. Pre zachovanie bezpečnosti letu musia piloti ovládať postupy, ako námrazu predpovedať a vyhnúť sa jej.

Medzi jednu z najvážnejších nehôd patrí aj havária letu číslo 1285. 12. decembra 1985 letún typu McDonnell Douglas DC-8 krátko po vzlete z mesta Gander v Kanade na lete do Fort

Campbell v USA asi pol kilometra od vzletovej a pristávacej dráhy stratil vztlak, havaroval a zhorel. Na palube zahynulo všetkých 248 cestujúcich a 8 členov posádky. Nehoda patrí medzi najtragickejšie v celej histórii Kanady. Za príčinu nehody bol mimo prekročenej maximálnej vzletovej hmotnosti označený najmä neprípustne vysoký odpor letúna a znížený vztlak spôsobený nahromadením ľadu na krídlach a nábežných hranách, ktoré viedli k strate rýchlosti v malej výške a následnému pádu letúna [1].

Počas letu podľa prístrojov, predovšetkým v zimnom období, sa nie vždy dá vyhnúť podmienkam so vznikom námrazy. Preto bolo nevyhnutné vyvinúť prostriedky, či už na odstraňovanie námrazy, alebo proti jej vzniku. S prvým takýmto prostriedkom prišla už v roku 1923 spoločnosť Goodrich Corporation, ktorá ako prvá dokázala vytvoriť na nábežnej hrane profilu akési hrubú, gumenú membránu, nafukovanú stlačeným vzduchom z pneumatického systému a ňou efektívne odstraňovať vzniknutú námrazu, napríklad na krídlach, výškových kormidlách a pod. [2].



Obrázok 1: Nafukovacia nábežná hrana [Zdroj: <https://www.boldmethod.com/learn-to-fly/systems/how-deicing-boots-work/>]

Nafukovacie nábežné hrany sa neprestali používať ani v súčasnosti, avšak využívajú sa najmä pri menších turbovrtuľových lietadlách a postupne ich začínajú nahrádzať modernejšie a účinnejšie prostriedky. Patrí medzi ne napríklad termické odmrazovanie s využitím horúceho vzduchu. Tento systém používa väčšina väčších prúdových lietadiel pre udržanie častí letúna nad teplotou mrazu potrebnou na akumuláciu ľadu.

II. KLASIFIKÁCIA NÁMRAZY

Námrazu možno klasifikovať podľa intenzity, tvaru a štruktúry. Z hľadiska intenzity poznáme štyri kategórie. Od slabej, nepredstavujúcej takmer žiadne nebezpečenstvo, až po veľmi silnú námrazu, vyžadujúcu okamžitý zásah posádky.

Najnebezpečnejším typom námrazy z hľadiska tvaru je **žliabková námrazu**. Je priesvitná a vytvára akési koryto v dôsledku odvíjania častí kvapiek na hrane krídla, ktoré boli roztopené na mieste najväčšieho ohrevu. **Profilová námrazu** vzniká na miestach pri kontakte s krídlom, kopíruje profil, narastá hmotnosť lietadla, avšak ohrozenie je minimálne [3].

ZRNITÁ NÁMRAZA

Štruktúra námrazy je ovplyvňovaná veľkosťou podchladených kvapiek vody. Zrnitá námrazu sa tvorí, keď malé podchladené kvapky vody rýchlo zamrznú pri kontakte s povrchom lietadla s teplotou nižšou ako 0 °C. Námrazu je drsná a kryštalická kvôli uviaznutým čiastočkám vzduchu v nej. Zrnitá námrazu sa vo väčšine prípadov vyskytuje vo vrstevnatej oblačnosti.

PRIESVITNÁ NÁMRAZA

Z veľkých podchladených kvapiek vody, z ktorých časť pri kontakte s povrchom zamrzne, ale veľká časť sa rozptýli ďalej po profile a mrzne postupne sa vytvára priesvitná námrazu. Zamrznutý ľad obsahuje iba minimálne množstvo vzduchových bublín a tým pádom je výlučne priehľadný alebo priesvitný. Tvorba priesvitnej námrazy prebieha väčšinou v kopovitej oblačnosti.

INOVAĽ

Inovaľ (kryštalická námrazu) sa tvorí pri silných mrazoch v podmienkach s vysokou vlhkosťou vzduchu, prípadne pri hmle počas odparovania sa vody z predmetov, ktoré mali pôvodne vyššiu teplotu ako okolitý, prudko ochladzujúci sa vzduch. Vodná para zamŕza do tvaru ihličiek a jej štruktúra je kyprá a kryštalická. Na jej vznik sú potrebné teploty minimálne - 8 °C a menšie. Inovaľ zaraďujeme medzi jednu z menej škodných typov námrazy [4].



Obrázok 2: Kryštalická námrazu [Zdroj: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=65311]

MRZNÚCI DAŽĎ

Pred teplými frontami v zime sa mrznúci dažď vyskytuje bežne. Silná námrazu sa vyskytuje, keď lietadlo letí blízko hornej časti hmoty studeného vzduchu pod rozsiahlou vrstvou teplého vzduchu. Dažďové kvapky sú omnoho väčšie ako kvapôčky v oblačnosti, čím sa zaisťujú ideálne podmienky pre tvorbu námrazy. Pri teplotách pod bodom mrazu sa vytvára priesvitná námrazu.

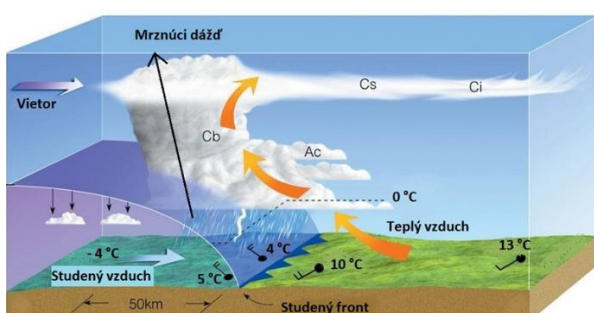
III. OBDOBIA A OBLASTI VZNIKU NÁMRAZY

Výskyt námrazy môžeme očakávať v priebehu celého roka bez ohľadu na ročné obdobie. Avšak je podmienený zemepisnou polohou, najmä zemepisnou šírkou. V oblastiach

strednej Európy sa námraza vyskytuje prevažne počas zimného obdobia, kedy sa rapídne znižuje hladina zamrznania v porovnaní s letným obdobím. Existujú ale výnimky, kedy môže námraza ojedinele vzniknúť aj počas leta a to v búrkových mrakoch so silným vertikálnym rozvojom.

FRONTÁLNE OBLASTI

Front predstavuje hranicu oddeľujúcu dve vzduchové hmoty rôznej hustoty vzduchu. Býva hlavnou príčinou väčšiny meteorologických javov, medzi ktoré patrí aj vznik námrazy. Vo všeobecnosti má frontálna oblačnosť vyššiu pravdepodobnosť námrazy ako iné oblaky. Odhaduje sa, že 85% pozorovanej námrazy lietadiel sa vyskytuje v blízkosti frontálnych zón. Najväčší horizontálny rozsah námrazy sa zvyčajne spája s teplými frontami, naopak najintenzívnejšiu námrazu by sme našli v studených frontoch [5].



Obrázok 3: Prierez studeným frontom [Zdroj: http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/notes/chapter11/cf_xsect.html]

IV. PREDIKCIA A DETEKCIA NÁMRAZY

PREDIKCIA NÁMRAZY

Oficiálne predpovede námrazy sú vytvárané národnými meteorologickými službami, ktoré musia spĺňať požiadavky medzinárodnej organizácie civilného letectva. Piloti by mali vedieť efektívne vyhodnotiť a predpovedať riziko vzniku námrazy na základe všetkých dostupných meteorologických informácií. Patria medzi ne pozorovania zo Zeme, vývoj teplôt, oblastné predpovede počasia, správy týkajúce sa výskytu špecifických javov počasia počas letu na trati (SIGMET, AIRMET), správy od posádok lietadiel (PIREP) či mapy význačného počasia [6].

DETEKCIA NÁMRAZY

Detektor námrazy je zariadenie, ktoré informuje posádku o vzniku námrazy na kritických miestach lietadla. Tvorba námrazy a jej intenzita môže byť tak nebezpečná, že rýchlosť reakcie pilotov na vzniknutú situáciu často znamená rozdiel medzi životom a smrťou. Prítomnosť námrazy je možné zistiť vizuálne, ale väčšina moderných dopravných lietadiel má jeden alebo viac detektorov námrazy, ktoré upozorňujú letovú posádku, najčastejšie rozsvietením varovného svetla. V niektorých typoch lietadiel sú dokonca umiestnené detektory,

ktoré automaticky spustia systém odmrazovania pri detegovaní námrazy.

V súčasnosti sú k dispozícii rôzne technológie na varovanie posádky pred námrazou. Najjednoduchšou metódou je monitorovanie vonkajšej teploty vzduchu a atmosférických podmienok.

Na detekciu námrazy sa používa široké spektrum rôznych typov detektorov využívajúcich rôzne materiály, ako aj rôzne princípy činnosti. Patria medzi ne napríklad detektory na princípe vibračného mechanizmu, malých veterných turbín, či optické detektory, ktoré sú synchronizované s protinámrazovými systémami a v súčasnosti sú schopné selektívne ovládať tieto systémy tak, že zabezpečia odmrazovanie iba tých plôch, ktoré sú vystavené námraze [7].

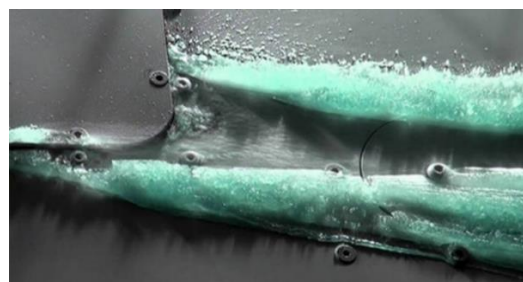
V. ÚČINKY VZNIKU NÁMRAZY

Námraza na lietadle môže viesť k zníženej výkonnosti, strate vztaku alebo zhoršenej ovládateľnosti, čo následne vedie ku strate kontroly nad lietadlom, prípadne k jeho pádu. Medzi nebezpečenstvami súvisiacimi so vznikom námrazy patria: nežiaduce aerodynamické účinky, zablokovanie pitot-statického systému a nebezpečenstvo spôsobené padajúcim ľadom.

Prúdenie vzduchu na kritických miestach, ako sú nábežné hrany krídel alebo listy vrtule, je natoľko narušené, že dochádza k nárastu hmotnosti, strate vztaku, zvýšeniu odporu vzduchu či posunu pôsobiska vztaku. Tento posun môže výrazne narušiť pozdĺžnu stabilitu letúna.

Čiastočné alebo úplné zablokovanie prívodu vzduchu do ktorejkoľvek časti pitot-statického systému môže spôsobiť chyby pri odčítaní tlakových prístrojov, ako sú výškomery, indikátory vzdušnej rýchlosti a indikátory vertikálnej rýchlosti.

Námraza zhadzovaná v priebehu odmrazovania počas letu nemá takú veľkosť, ktorá by mohla predstavovať nebezpečenstvo, ak by sa zachovala v tuhej forme až po dopadnutie na zem. Avšak počas histórie letectva sa zaznamenalo niekoľko incidentov spojených s padajúcim ľadom, ktoré spôsobili poškodenie majetku alebo viedli k zraneniu osôb. Tento ľad najčastejšie pochádza z odtokov umiestnených na lietadle a vznikol nefunkčnosťou odmrazovacích telies umiestnených na daných odtokoch. Zdrojom pre vytvorenie ľadu bývajú buď kvapaliny z palubnej kuchynky, alebo z toaliet. Ľad z toaliet sa označuje ako „modrý ľad“ [8].



Obrázok 4: Modrý ľad z odpadu z toaliet [Zdroj: <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-916895b13632c24b089af2d685713f83>]

VI. ANALÝZA SITUÁCIE NA LETISKU ŽILINA

Nízka oblačnosť alebo hmla, v ktorej sa nielen rapídne znižuje dohľadnosť, ale aj zvyšuje riziko námrazy, hlavne počas zimných mesiacov, je pomerne často objavujúcim sa problémom v blízkosti letísk. Hovoríme najmä o výskyte mrznúcej hmly. Tieto javy nám znižujú bezpečnosť letu, ako aj v mnohých prípadoch bránia jeho vykonaniu.

Medzi jedno z letísk, na ktorých sa často vyskytujú dlho pretrvávajúce hmly patrí aj medzinárodné letisko Žilina. Letisko sa nachádza v Žilinskom kraji, neďaleko obce Dolný Hričov, západne od mesta Žilina. Leží v nadmorskej výške 311 m n.m., v doline obklopenej niekoľkými pohoriami s výškou do 1 709 m n.m. Meteorologická situácia na letisku Žilina je týmito pohoriami výrazne ovplyvňovaná. Vietor, ktorý fúka počas noci z vyšších (chladnejších) polôh hôr smerom do doliny (teplejšej oblasti), častokrát označovaný ako horský vietor, má vplyv na tvorenie hmly alebo teplotnej inverzie. Tento vietor fúka zvyčajne rýchlosťou okolo 20 km.h⁻¹. Za jeho vznikom stojí rýchle ochladzovanie zeme vo vyšších výškach pohorí z dôvodu zemského vyžarovania. Okolitý vzduch je potom chladnejší a má vyššiu hustotu, čiže má tendenciu klesať do nižšie položených oblastí, v tomto prípade aj do oblasti Dolného Hričova. V prípade, že pohoria sú pokryté vrstvou snehu a obloha je bezoblačná, vietor je o to silnejší a aj tvorba hmly či teplotnej inverzie je intenzívnejšia [11].

O hmle hovoríme vtedy, keď sa na zemi alebo nad ňou vytvorí oblak s veľkým množstvom mikroskopických vodných kvapiek (< 0.5 mm), ktoré znížia dohľadnosť pod 1 000 metrov. V prípade teplôt pod bodom mrazu sú tieto kvapky vo forme podchladených kvapiek vody, a tým pádom vznikajú podmienky na tvorbu námrazy. Tvorí sa tenká vrstva zrnitej námrazy od teploty 0° až -20 °C.

Ďalším nezanedbateľným faktorom tvorby poveternostnej situácie býva vodstvo, ktoré prispieva k tvorbe hmiel predovšetkým počas zimy. Vodná nádrž Hričov, ako aj Vodné dielo Žilina sú dve veľké vodné plochy a spolu s riekou Váh, ktorá tečie popri letisku, majú potenciál ovplyvňovať tvorbu hmiel. Avšak na základe 20 ročnej analýzy tvorby hmiel na letisku Žilina bolo dokázané, že tieto vodné plochy majú minimálny vplyv na tvorbu hmiel. Dokonca v obdobiach, kedy bola Vodná nádrž Hričov vypustená, sme mohli pozorovať nárast dní s výskytom hmiel [9].

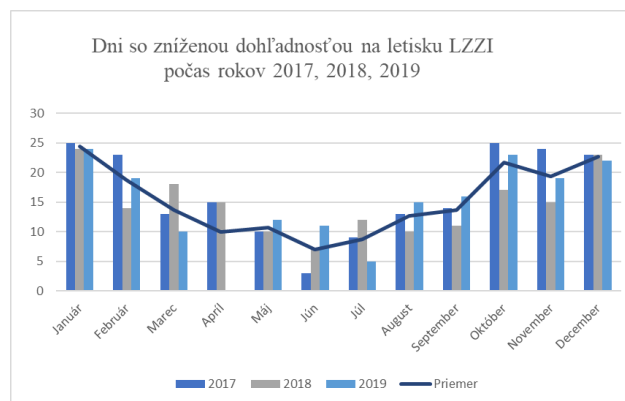
Letisko Žilina sužuje aj ďalší typ hmly, nazývaný radiačná hmla. Vzniká po západe Slnka, radiačným ochladzovaním zemského povrchu, čím dochádza k ochladzovaniu vzduchu nad zemou. Keď je táto vzduchová hmota dostatočne nasýtená vlhkosťou a ochladená pod teplotu rosného bodu, spustí sa tvorba radiačnej hmly. Na jej vytvorenie je ale nevyhnutné, aby bola bezoblačná obloha, keďže prítomná oblačnosť by teplo zadržovala a bránila tak ochladzovaniu vzduchu. Radiačná hmla na letisku v Žiline sa vyskytuje počas jesene a na začiatku zimy, ale zvyčajne sa v priebehu doobedia rozplynie. Akonáhle sa začne proces insolácie, hmla sa začína postupne vyparovať a zaniká. Vietor s rýchlosťou od 15 km.h⁻¹

taktiež prospieva k zániku hmly. Hmla sa tak začína miešať s okolitým vzduchom a mizne alebo sa vytvára vo vyšších polohách v podobe oblaku typu Stratus.

Všetky vyššie spomenuté skutočnosti a s nimi spojené nebezpečné meteorologické javy naberajú na dôležitosti o to viac, že letisko Žilina je popri medzinárodnej preprave cestujúcich využívané aj Žilinskou univerzitou v Žiline na výcvik nových pilotov. Začínajúci piloti prežívajú obrovské množstvo stresu, keďže hneď na začiatku výcviku sú na nich kladené veľké požiadavky. Zvládnutie stresujúcich situácií, napríklad pri zníženej dohľadnosti a pod., predstavuje pre pilotov s minimálnymi skúsenosťami ťažko splniteľnú úlohu so zvýšeným nebezpečenstvom.

METÓDY VÝSKUMU

Na verifikáciu doposiaľ uvedených faktov v práci, sme sa taktiež rozhodli využiť štatistickú metódu, ktorá dokazuje, že výskyt dní so zníženou dohľadnosťou na letisku Žilina (ďalej LZZI) je väčší, ako na iných letiskách Slovenska. V našom prípade sme si zvolili pre porovnanie Letisko Milana Rastislava Štefánika v Bratislave (ďalej LZIB). Hlavným zdrojom informácií, na základe ktorého sme porovnanie spracovali, bol Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ), ktorý nám poskytol 106 tisíc správ METAR, z ktorých sme následne vyseletovali iba tie, kde sa vyskytovali podmienky so zníženou dohľadnosťou, t.j. dohľadnosťou pod 10 km spôsobenou hmlou a dymom. Pre analýzu a porovnanie sme si zvolili obdobie za roky 2017, 2018 a 2019. Každý rok bol rozdelený na jednotlivé mesiace, kde pri každom mesiaci bol uvedený počet dní so zníženou dohľadnosťou. Tento postup sme použili pri letisku LZZI aj LZIB. Následne sme z týchto údajov vytvorili grafy s ročným chodom hmiel za obdobie troch rokov na týchto dvoch letiskách a údaje sme porovnali.



Graf 1: Dni so zníženou dohľadnosťou na LZZI [Zdroj: Autorské spracovanie]

Ako je vidieť z grafu, dni so zníženou dohľadnosťou je na letisku LZZI pomerne veľa. Najväčší výskyt je počas jesene a zimy. Podmienky so zníženou dohľadnosťou sa vyskytovali v takmer troch štvrtinách týchto dní, zväčša vo večerných či ranných hodinách, ale v nemalom množstve aj počas celého dňa.

V priemere sa za skúmané obdobie znížená dohľadnosť vyskytovala na letisku LZZI v 183 dňoch roka.



Graf 2: Dni so zníženou dohľadnosťou na LZIB [Zdroj: Autorské spracovanie]

Je zrejme, že dni so zníženou dohľadnosťou na letisku LZIB je porovnateľne menej, ako na letisku LZZI. Znížená dohľadnosť na letisku LZIB sa vyskytovala v priemere v 96 dňoch z kalendárneho roka, čo je takmer o polovicu menej ako na letisku LZZI. Vo všeobecnosti sa aj v tomto prípade znížená dohľadnosť objavovala najmä počas jesene a zimy. Jej výskyt počas leta je veľmi zriedkavý. Ak sa aj znížená dohľadnosť objavila počas leta, čo možno vidieť z grafu, takmer vo všetkých prípadoch hovoríme o prízemnej hmle, ktorá netrvala dlhšie ako 30 až 60 minút a výhradne v nočných, či ranných hodinách dňa.

EXPERIMENT

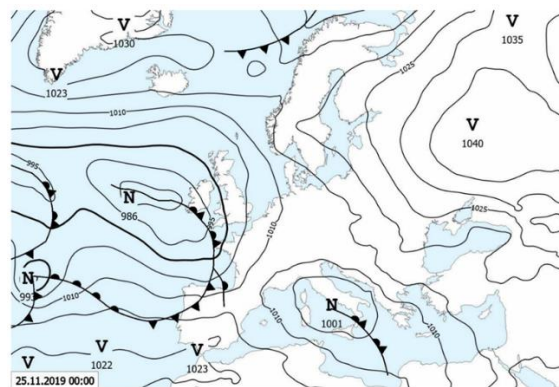
Dňa 25.11.2019 sa na letisku Žilina vyskytovala mrznúca hmla. Z výťažku správ METAR vidno, že v ranných hodinách bola teplota ovzdušia pod bodom mrazu, čo spôsobilo, že kvapôčky vody rozptýlené v prízemnej vrstve boli vo forme podchladených kvapiek vody a vznikla mrznúca hmla. Po východe slnka začal proces insolácie a hmla sa rozplynula, ako možno vidieť aj z postupne zlepšujúcej sa dohľadnosti.

```

201911250900 METAR LZZI 250900Z VRB02KT 9999 FEW002 03/03 Q1014=
201911250830 METAR LZZI 250830Z VRB02KT 5000 2000NE BR FEW002 SCT037 02/02
Q1014=
201911250806 SPECI LZZI 250806Z 07003KT 3000 BR FEW002 SCT034 01/01 Q1014=
201911250800 METAR LZZI 250800Z 09003KT 1300 R06/P2000U BR FEW002 SCT034
00/00 Q1014=
201911250749 SPECI LZZI 250749Z 08003KT 0900 R06/1200U FG FEW002 BKN032
00/M00 Q1014=
201911250730 METAR LZZI 250730Z 07002KT 0500 R06/0600D FZFG SCT002 M00/M01
Q1014=
201911250700 METAR LZZI 250700Z VRB01KT 0300 R06/0450D FZFG BKN002 M01/M01
Q1014=
201911250630 METAR LZZI 250630Z VRB01KT 0300 R06/0500N FZFG BKN002 M01/M01
Q1014=
201911250600 METAR LZZI 250600Z 06002KT 0700 R06/P2000D FZFG BKN002 M01/M01
Q1014=
201911250545 SPECI LZZI 250545Z 07002KT 0800 R06/P2000N FZFG OVC002 M01/M01
Q1014=
201911250530 METAR LZZI 250530Z VRB01KT 0300 R06/0700D FZFG OVC002 M01/M02
Q1014=
201911250500 METAR LZZI 250500Z 24001KT 0200 R06/0700U FZFG BKN002 M01/M01
Q1013=

```

Obrázok 5: Výťažok správ METAR – [Zdroj: SHMÚ]



Obrázok 6: Prízemné tlakové pole zo dňa 25.11.2019 [Zdroj: http://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/KMIS/publikacie/BMaK_1119.pdf]

Na vzniku hmly sa podieľalo najmä rozmiestnenie tlakových útvarov nad Európou. Z mapy prízemného tlakového poľa je zrejme, že nad územie Slovenskej republiky zasahovala rozsiahla tlaková výš z východu. V oblasti vysokého tlaku vzduchu sa často vytvárajú ranné hmly pri bezoblačnom počasí, keďže zemský povrch sa dokáže dostatočne rýchlo ochladzovať, čím sa ochladzuje aj vzduch blízko nad zemou. Hmly sa stávajú hustejšími a dlhšie trvajúcimi práve vtedy, keď oblasť vysokého tlaku vzduchu zotrúva nad daným územím dlhšiu dobu. Na Slovensku sa takáto situácia vyskytuje počas prechodového ročného obdobia alebo v zime pri inverznom charaktere počasia. Práve Zima 2019/2020 bola bohatá na takýto typ poveternostnej situácie. Len počas januára 2020 sa vyskytovala inverzia v nižších polohách vo viac ako v dvoch tretinách mesiaca.

VII. ZÁVER

Cieľom práce bolo definovanie a rozdelenie rôznych typov námrazy, uvedenie si základných informácií ohľadom jej pôvodu a vzniku na základe čoho bolo možné námrazu predpovedať či vyhnúť sa jej. Vznik námrazy už o zanedbateľnej hrúbke môže totižto ovplyvniť letové charakteristiky lietadla natoľko, že spôsobí stratu vzlaku, neovládateľnosť lietadla, či nekontrolovateľný pád lietadla.

Štatistika za obdobie troch rokov z oboch letísk nám priniesla zaujímavé fakty o výskyte zníženej dohľadnosti spôsobenej hmlou alebo dymom. Je evidentné, že letisko LZZI čelí nepriaznivým meteorologickým podmienkam ovplyvňujúcich jeho chod takmer v dvojnásobnom množstve oproti letisku LZIB. Za ich vznikom stoja mnohé faktory spomenuté vyššie. Najzávažnejším z nich je poloha letiska v doline medzi pohoriami v obkolesení viacerých vodných plôch, ktoré poskytujú priaznivé podmienky na vznik a pretrvanie zníženej dohľadnosti.

Jednotlivé skutočnosti uvedené v práci, ako aj konkrétne situácie z praxe by nás mali pripraviť a naučiť, ako s námrazou bojovať a vyhnúť sa jej. Všetky tieto poznatky sú nepochybným prínosom najmä pre začínajúcich pilotov Žilinskej

univerzity v Žiline, ale aj pre ostatný letecký personál využívajúci letisko.

[14] KAZDA, A. 1995. Letiská design a prevádzka. Žilina: Edičné stredisko VŠDS 1995. 377 s. ISBN 80-7100-240-2

REFERENCIE

- [1] AVIATIONSAFETYNETWORK. Flight 1285 [online]. Dostupné na internete: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=19851212-0>
- [2] EASA. Deicing [online]. Dostupné na internete: https://www.easa.europa.eu/default/files/dfu/198961_EASA_EGAST_GA10.pdf
- [3] AVIATIONWEATHER. How to Properly Use an Icing Forecast [online]. Dostupné na internete: https://www.aviationweather.gov/static/adds/docs/icing/How_to_properly_use_an_Icing_Forecast.pdf
- [4] AVIATIONKNOWLEDGE. Airframe Icing – A Pilots Worst Enemy!! [online]. Dostupné na internete: <http://aviationknowledge.wikidot.com/sop:airframe-icing>
- [5] WEATHER. Icing [online]. Dostupné na internete: https://www.weather.gov/source/zhu/ZHU_Training_Page/icing_stuff/icing/icing.htm (citované 2020-01-08)
- [6] SKYBRARY. Pilot Report (PIREP) [online]. Dostupné na internete: [https://www.skybrary.aero/index.php/Pilot_Report_\(PIREP\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Pilot_Report_(PIREP))
- [7] INDUSTRIAL-ELECTRONICS. Aircraft Electronics + Electrical Systems: Warning and protection systems [online]. Dostupné na internete: http://www.industrial-electronics.com/aircraft_15.html
- [8] SKYBRARY. In-Flight Icing [online]. Dostupné na internete: https://www.skybrary.aero/index.php/In-Flight_Icing
- [9] JAROŠOVÁ, M.; VOJTKOVÁ, J. 2019. Fog and its occurrence at the Žilina Airport. In *INAIR 2019 GLOBAL TRENDS IN AVIATION* [online]. 2019, vol. 8, Dostupné na internete: <https://pdf.sciencedirectassets.com> (citované 2020-05-09).
- [10] NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2018. The regional airports problems in the Slovak Republic. In *19th International Scientific Conference - LOGI 2018* [online]. 2018 (citované 2020-05-07)
- [11] KAZDA, A. et al., 2017. Small regional airports operation: unnecessary burdens or key to regional development. In *INAIR 2017* [online]. 2017 Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235214651731089X> (citované 2020-04-05)
- [12] STEFANIK, M., BADÁNIK, B. & MATAS, M. 2012. Aspects of airport ground access/egress systems. International Conference on Industrial Logistics, ICIL 2012 - Conference Proceedings, pages 17-29
- [13] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & ŠVECOVÁ, D. 2018. The Regional Airports' Problems in the Slovak Republic: The Case Study of Zilina Airport. MATEC Web of Conferences 236, 02001

Pavol Fodor – narodený v Bratislave absolvoval v roku 2017 SPŠE na Zochovej ulici v Bratislave. Od roku 2017 študuje na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava. Absolvoval letecký výcvik na získanie kvalifikácie CPL a FI. Aktuálne pracuje vo výcvikovej organizácii Globe Aviation s.r.o. ako letecký inštruktor.

POSTUPY A ROZHODNUTÍ PŘEDCHÁZEJÍCÍ BEZPEČNOSTNÍMU PŘISTÁNÍ

PROCEDURES AND DECISION PRIOR TO PRECAUTIONARY LANDING

Daniela Fraňková

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
deni.frankova@seznam.cz

Roman Topolčány

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
topolcany@lvvc.uniza.sk

Abstract – The paper is focused on the precautionary landing, its procedures and decisions that affect the pilot during the flight and landing itself. The main purpose of the work is a detailed analysis of procedures, circumstances supporting the aforementioned decision, as well as safety landing training and the scope of exercises of this role in pilot training. The work describes in detail the methodology for precautionary landing, simulation of precautionary landing and analysis of the most ideal area for landing. Furthermore, the work mentions the legislation that affects flight training, as well as legislation governing in-flight emergency procedures. Last but not least, the possibilities of precautionary landing training and the most ideal procedures in an emergency situation are also described within. Theoretical knowledge was achieved by studying available materials and practice. The conclusion of the training of precautionary landing is to train the exercise in other training tasks than prescribed for precautionary and emergency landing. The result is a summary of information and practical advice for the correct execution of the landing with the least possible risk of injury to the flight crew and damage to property.

Key words – precautionary landing, procedures, methodology, training, safety.

I. ÚVOD

Letectví se z každého incidentu a chyby snaží vyvodit další postup, který by snižoval rizika, tím dochází k zvyšování bezpečnosti a letectví je díky tomu aktuálně jedno z nejbezpečnějších druhů dopravy. Během své letecké kariéry, ať už profesionální nebo volnočasové, se pilot může dostat do situace, která vyústí v rozhodnutí vykonat bezpečnostní nebo nouzový postup. V závěrečné práci je podrobně rozebráno bezpečnostní přistání, jeho průběh, výcvik a témata úzce související s hlavním předmětem práce.

V obsahu práce jsou jasně vysvětleny difference, mezi bezpečnostním a nouzovým přistáním, důvody, které vedou ke každému z těchto druhů přistání. Dále jsou v práci obsaženy

nejběžnější příčiny, které dovedou pilota k bezpečnostnímu přistání, legislativa týkající se postupů při nouzi za letu i legislativa týkající se výcvikových středisek a výcviků.

V práci je podrobně popsán postup a vykonání bezpečnostního přistání, základní podmínky pro správný výběr plochy.

II. PŘISTÁNÍ

V letectví se můžeme setkat s přistáním nouzovým a bezpečnostním, přičemž oba tyto případy jsou abnormální stavy za letu a je snaha jim co nejprozíravěji předcházet. Hlavním rozdílem mezi nouzovým a bezpečnostním přistáním je fakt, že u bezpečnostního přistání má letadlo stále funkční pohonnou jednotku, pilot tak není limitován výběrem plochy během pár sekund, ale může celý manévr promyslet a vybrat ideální plochu pro přistání.

Největším zdrojem pro úpravy bezpečnostních opatření jsou v letectví chyby ostatních pilotů, které se dále analyzují. Některé chyby se u pilotů stále opakují. Nejtýpější chyba pilota je špatné rozhodnutí na základě několika faktorů, ať už je to malá rozletanost, nebo minimální zkušenost s lety podle přístrojů. Na základě informací ze závěrečných zpráv leteckých nehod a incidentů lze vytvořit tabulku charakteristik nejohroženější skupiny pilotů. S tím souvisí i 178 sekund, což je čas, který má v průměru pilot po vletu do IMC než bude v situaci, ze které nemá šanci se dostat živý. **Chyba! Nenašel sa žiaden zdroj odkazov.**

Tabulka 1: Charakteristiky ohroženého pilota **Chyba! Nenašel sa žiaden zdroj odkazov.**

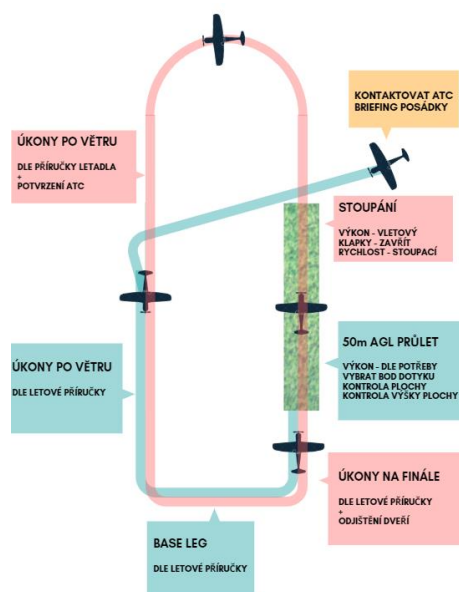
Pilotní profil	
1	V den, ve který pilot letěl, neměl adekvátní předletový briefing a většinou informace získal pomocí mobilního telefonu
2	Let nebyl pracovní, ani důležitý, pilot si šel zaletět jen pro potěšení
3	Pilot byl vlastníkem průkazu soukromého pilota, ale neměl doložku přístrojového létání

4	Pilot měl v průměru nalétáno mezi 100 až 299 hodinami
5	V době před incidentem měl pilot nalétáno méně, než 50 hodin v předchozích 90 dnech
6	Pilot havaroval po vletu do IMC podmínek během dne
7	Pilot neměl žádné zkušenosti s IMC, ani nalétaný IMC čas
8	Pilot neměl podaný žádný FPL
9	Pilot letěl s minimálně jedním cestujícím
10	Nejvíce incidentů se stalo v prosinci, pak v listopadu, září a srpnu. Únor má nejméně incidentů

III. METODIKY BEZPEČNOSTNÍHO PŘISTÁNÍ

Bezpečnostní přistání je doprovázeno jasně danou metodikou a každé bezpečnostní přistání by mělo být provedeno s ohledem na situaci a také na tyto pravidla.

První a nejvýznamnější bod pro bezpečnostní přistání je výběr plochy. Nad danou plochu pilot nalétne, zkontaktuje příslušné stanoviště FIC a s ohledem na povětrnostní podmínky a překážky v okolí se zařadí do polohy po větru. V poloze po větru jsou udělány veškeré úkony dle letové příručky daného letadla. Ve fázi finále pilot přejde na potřebný výkon a vpravo od zvolené plochy udělá průlet v minimální výšce 50 m (170 ft) AGL, kdy si zkontroluje stav plochy a překážky na ploše. Po průletu následně pilot nastaví vzletový výkon a stoupá do minimální výšky 150 m (500 ft) AGL. První a druhá zatáčka je spojena do jedné a pilot se zařadí do polohy po větru. Zde znovu vykoná úkony dle dané letové příručky a ohlásí se znovu stanovišti FIC. Na finále mimo běžných úkonů pro dané letadlo přibývá úkon odjištění dveří. Po přistání pilot opět kontaktuje stanoviště FIC, zastaví chod motoru dle letové příručky a zajistí letadlo.



Obrázek 1: Schéma vykonání bezpečnostního přistání

VÝBĚR PLOCHY

Při bezpečnostním přistání stále pracuje pohonná jednotka, což je právě pro výběr správné plochy jedna z největších výhod.

Jako první alternativa by pro pilota mělo být nejbližší letiště, je zde jistota ideální plochy pro přistání, pokud je ovšem letiště bez rádiového spojení, metodika bezpečnostního přistání je stále důležitá a je potřeba udělat průlet nad plochou, aby se pilot mohl ujistit, že je dráha ve vhodném stavu.

Je vždy důležité volit plochu co nejdelší, bez elektrického vedení, či jiných viditelných překážek. Pokud se let odehrával v kopcovitém prostředí, směr přistání musí být vždy směrem do kopce. Pokud nelze vybrat ideální plochu, pole, s nízkým porostem, podrovnání je vždy vykonáno na špičky porostu.

IV. OVLIVŇUJÍCÍ FAKTORY

Faktorů, které mohou vést k příčině bezpečnostního přistání je mnoho. Můžeme je rozdělit do třech nejzákladnějších:

- technické,
- meteorologické,
- fyziologické.

Náhla změna stavu letadla může vést k bezpečnostnímu přistání, mohou to být například náhlý únik paliva, vysoká teplota oleje, nepravidelný chod motoru. Nejčastější meteorologickou příčinou je změna podmínek za letu z VMC na IMC. Další častou příčinou je námraza na letadle, která může vzniknout i za VMC při delším letu pod oblačností. Inkapacitace je fyziologická příčina, při níž dojde k náhlému zhoršení zdravotního stavu pilota, který nedovoluje další pokračování letu.

V dnešní době dle nařízení (EU) č. 1178/2011 podmínek pro provoz leteckých škol ATO a DTO musí každá škola mít svůj Safety Management System (SMS), nebo bezpečnostní politiku a tím i tzv. ochranu oznamovatele - Just Culture. Tento systém zajišťuje ochranu oznamovatele a každý z leteckých incidentů je prošetřen tak, aby byl zák. poučen a spravedlivě posouzen s určitou mírou ochrany. **Chyba! Nenašel s a žiaden zdroj odkazov.Chyba! Nenašel sa žiaden zdroj odkazov.**

V. NÁVRH ZMĚNY VE VÝCVIKU

Veškeré PPL výcviky se vykonávají v souladu s předpisem (EÚ) č. 1178/2011, kde jsou určeny úlohy pro nácvik bezpečnostních a nouzových přistání. Žáci tyto úlohy cvičí v pevně daných fázích výcviku a jsou na ně psychicky připravení.

Během letu při těchto úlohách si žáci vědomě vybírají potencionální plochu pro přistání a volí trajektorii letu tak, aby vždy pod sebou měli plochu, kterou mohou využít v případě, že se instruktor rozhodne pro nácvik nouzového, nebo bezpečnostního přistání. Instruktor tak sám přichází o moment překvapení žáka a žák se nerozhoduje pod tlakem. Pokud ovšem letí pouze navigační let nebo let do prostoru, se většina žáků

nesoustředí na vědomé nebo podvědomé vybírání plochy pro přistání.

Pro účinnější výcvik žáka - pilota je vhodné, aby nouzové a bezpečnostní přistání bylo integrováno v celé osnově výcviku a trénovalo i při letech do prostoru, po okruhu a navigačních letech ve dvojím - pod dohledem instruktora. Instruktor tak má možnost vidět reakce žáka i jeho odhad a rozhodovací schopnosti. U žáků, kteří budou připravováni během celého výcviku na nouzové situace i během jiných úloh je reálná pravděpodobnost, že budou psychicky připraveni na neočekávanou situaci během letu, na kterou budou umět rychle a adekvátně reagovat, stejně tak, jako budou mít podvědomě vytrénovanou schopnost vybírání trasy letu a potencionálních ploch.

VI. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo podrobně analyzovat bezpečnostní přistání, stejně tak detailně zkoumat témata, která se bezpečnostního přistání týkají.

Není možné veškerým incidentům v letectví zamezit, je ovšem na pilotech, aby se i oni svědomitě připravovali na let a mohli tak být připraveni na komplikace, které mohou nastat. Je zde významná jak příprava během výcviku, tak i příprava po výcviku pilota. Příslušné úřady definují potřebné přezkoušení i rozlétanost pilotů, každý pilot je však osobitně zkušený, zručný, nebo má předpoklady pro létání. Je proto podstatná sebereflexe pilotů, aby správně zhodnotili své dovednosti a popřípadě častěji létali s instruktorem, nebo se rozvíjeli i v teoretických znalostech.

Ne vždy pilot musí být do bezpečnostního přistání donucen, jedná se o nouzový stav, kdy by mělo být rozhodnutí podmíněně okolnostmi, pilot by však měl mít pořád na vědomí, že pokud by se mněl dostat například do „IMC počasí“ je lepší se rozhodnout pro bezpečnostní přistání, než letět dál a vystavit se tak vysokému riziku nezvládnutí techniky pilotáže.

Byla bych ráda, pokud by tato závěrečná práce dokázala upozornit na tematiku bezpečnostního přistání a správného vykonávání jeho výcviku a tím pomohla zvýšit bezpečnost leteckých výcviků i zvyšovala situační povědomí již vycvičeným pilotům.

REFERENCIE

- [1] Metodika pilotního výcviku na letounech. Praha: SVAZARM, 1990. 266 s.
- [2] nařízení komise (EU) č. 923/2012 [online]. Úřední věstník Evropské unie, 2012. 66 s. [cit. 2019-11-16]. Dostupné na internetu: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:281:0001:0066:EN:PDF>
- [3] Letecký předpis – pravidla létání L2, Čj. 153/2014-220 [online]. Úřad pro civilní letectví. Ministerstvo dopravy České republiky, 2017. 112 s. [cit. 2019-12-11]. Dostupné na internetu: https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/print/L-2_cely.pdf
- [4] Nařízení komise (EU) č. 1178/2011 [online]. Úřední věstník Evropské unie, 2011. 193 s. [cit. 2020-1-3]. Dostupné na internetu: [content/CS/TXT/?qid=1396858467583&uri=CELEX:32011R1178](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?qid=1396858467583&uri=CELEX:32011R1178)
- [5] směrnice CAA-ZLP-141 Organizace pro výcvik a létání [online]. Úřad pro civilní letectví 2018. 40 s. [cit. 2020-1-15]. Dostupné na internetu: <https://www.caa.cz/wp-content/uploads/2019/07/3-141-ATO.pdf>
- [6] příloha VII – část ORA [online]. EASA 2016. 100 s. [cit. 2020-2-6]. Dostupné na internetu: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Part-ORA.pdf>
- [7] Paul a. Craig. 1992. Be a Better Pilot: Making the Right Decision. TAB Books. 1992. 240 s. ISBN: 0830620532
- [8] ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA o odborném zjišťování příčin letecké nehody ULL EV97 EuroStar SL poznávací značky OK-UUU 72 2 km E obce Nížkov ze dne 24. října 2017 – CZ-17-1037 [online]. Praha: ÚZPLN 2018. 19 s. [cit. 2020-1-24]. Dostupné na internetu: <http://www.uzpln.cz/pdf/20190304145505.pdf>
- [9] ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA o odborném zjišťování příčin letecké nehody ULL EV97 EuroStar SL poznávací značky OK-UUU 72 2 km E obce Nížkov ze dne 24. října 2017 – CZ-17-1037 [online]. Praha: ÚZPLN 2018. 19 s. [cit. 2020-1-24]. Dostupné na internetu: <http://www.uzpln.cz/pdf/20180523070549.pdf>
- [10] ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA o odborném zjišťování příčin vážného incidentu letounu Zlín Z 43, poznávací značky OK-DOJ, v prostoru severního hřebene Lysé hory, dne 30. srpna 2015 – CZ - 15 – 564 [online]. Praha: ÚZPLN 2016. 14 s. [cit. 2020-1-31]. Dostupné na internetu: http://www.uzpln.cz/pdf/incident_VudigjZT.pdf
- [11] ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA o odborném zjišťování příčin incidentu letounu Cessna 172S poznávací značky OK-FCA na LKPM dne 2. 11. 2018 – CZ-18-1111 [online]. Praha: ÚZPLN 2018. 10 s. [cit. 2020-1-31]. Dostupné na internetu: <http://www.uzpln.cz/pdf/20181212144154.pdf>
- [12] ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA o odborném zjišťování příčin vážného incidentu letounu SIAI Marchetti S208 poznávací značky OO-PLC LKTA 18. 7. 2016 – CZ-16-561 [online]. Praha: ÚZPLN 2016. 12 s. [cit. 2020-1-31]. Dostupné na internetu: http://www.uzpln.cz/pdf/incident_vFzLtBXi.pdf
- [13] ZÁVĚREČNÁ SPRÁVA o bezpečnostnom vyšetřovaní leteckej nehody lietadla typu Z-226 MS poznávací značky OM-MFN – SKA2019002 [online]. Bratislava: LNVÚ 2019. 10 s. [cit. 2020-2-15]. Dostupné na internetu: <https://www.mindop.sk/ministerstvo-1/doprava-3/letecky-a-namorny-vysetrovaci-utvar/zaverecne-spravy/rok-2019/2019-zaverecne-spravy>
- [14] KAŠPAR, D. 2018. Vyhodnocení zavedení systému řízení rizik a sledování shody v prostředí leteckého výcvikového a vzdělávacího centra Žilinské univerzity: diplomová práce. Žilina: ŽU PEDAS 2018. 104 s.
- [15] 178 Seconds to Live [online]. FAA– Federal aviation administration. 1 s. [cit. 2020-2-4]. Dostupné na internetu: https://www.faa.gov/about/office_org/field_offices/fsdo/faa/local_more/alaskan_articles/media/178-Seconds_to_Live.pdf
- [16] P&E: PROFICIENCY THE LOST LESSONS OF ‘178 SECONDS TO LIVE’ [online]. AOPA Foundation. 2016. [cit. 2020-2-24]. Dostupné na internetu: https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2016/march/pilot/pe_proficiency

- [17] KOBR, M. 1979. Směrnice pro létání v aeroklubech Svazarmu. Pardubice: ÚV Svazu pro spolupráci s armádou. Východočeské tiskárny. 1979.
- [18] Výcvik na získanie PPL(A) s triednou kvalifikáciou SEP(L). Žilinská univerzita v Žilíně, LVVC. Výtlačok č.: PPL/ŽU
- [19] Emergency procedures – chapter 17 [online]. FAA – Federal aviation administration. 18 s. [cit. 2020-3-15]. Dostupné na internetu: https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/airplane_handbook/media/19_afh_ch17.pdf?fbclid=IwAR0OY3Z_K78Ly1SqMfnmnl-UIRsHMfuAMThd4R2RwYzIRy0X4FYh_gEWbyE
- [20] Opinion No 06/2017 – Loss of control prevention and recovery training [online]. EASA. 2017. 62 s. [cit. 2020-4-3]. Dostupné na internetu: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Opinion%20No%2006-2017.pdf>
- [21] FaQ n.44870 [online]. EASA 2018. [cit. 2020-3-1]. Dostupné na internetu: <https://www.easa.europa.eu/faq/44870>
- [22] KDĚR, D. 1978. Metodika výcviku na kluzácích – základní výcvik [online]. Praha: ÚV Svazu pro spolupráci s armádou – ústřední rada aeroklubu svazarmu. 1978. 140 s. [cit. 2020-2-15]. Dostupné na internetu: <http://people.tuke.sk/peter.gasparovic/pokus/V-PL-4.pdf>
- [23] Námraza – vliv na bezpečnost letu (3. Díl) [online]. FlyMag.CZ – letecký magazín. 2014. [cit. 2020-2-26]. Dostupné na internetu: <http://www.flymag.cz/article.php?id=9630>
- [24] Dvořák, P. 2006. Co dělat, když nás za letu zastihne námraza [online]. Aeroweb. 2006. [cit. 2020-1-19]. Dostupné na internetu: <https://www.aeroweb.cz/clanky/52-co-delat-kdyz-nas-za-letu-zastihne-namraza>
- [25] Kapitola II. Bezpečnost letecké dopravy (část 1) [online]. VŠB – TU Ostrava, Fakulta Strojní. Registrační číslo projektu: CZ.1.07/2.3.00/09.0150. 2009. [cit. 2020-1-24]. Dostupné na internetu: <http://projekt150.havet.cz/node/122>
- [26] FIC Praha [online]. AIM – letecká informační služba. 2020. [cit. 2020-2-15]. Dostupné na internetu: <https://aim.rlp.cz/?lang=cz&p=fic-praha>
- [27] NOVÁK, A., TOPOLEČÁNY, R., BRACINÍK, T. 2009. Výcvik leteckých posádek s využitím nových technologií. Žilinská univerzita, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, 2009. - 94 s. ISBN 978-80-554-0108-9.
- [28] KAZDA, A., CAVES, R.E. 2007. Airport Design and Operation. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6.
- [29] BREZOŇÁKOVÁ, A., ŠKVAREKOVÁ, I., PECHO, P., DAVIES, R., BUGAJ, M. & KANDERA, B. 2019. The effects of back lit aircraft instrument displays on pilots fatigue and performance. Transportation Research Procedia Volume 40, pages 1273-1280.
- [30] ROSTÁŠ, J. & ŠKULTÉTY, F. 2017. Are today's pilots ready for full use of GNSS technologies? Transportation Research Procedia 28, pages 217-225.
- [31] 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.
- [32] NOVÁK, A., & MRAZOVA, M. 2015. Research of physiological factors affecting pilot performance in flight simulation training device. Communications - Scientific Letters of the University of Žilina 17(3), pages 103-107.

Daniela Fraňková – narodená v Praze absolvovala v roce 2017 Obchodní Akademii Vinohradská v Praze, následně od roku 2017 nastoupila ke studiu na Žilinské univerzitě v Žilíně, obor Letecká doprava. Během letní sezóny 2019 pracovala na Ground Operations ve společnosti Smartwings.

MOŽNOSTI ZVYŠOVANIA VÝKONU LETECKÝCH PIESTOVÝCH MOTOROV A ICH VÝVOJ

POSSIBILITIES OF INCREASING THE POWER OF THE AIRCRAFT PISTON ENGINE AND ITS DEVELOPMENT

Jakub Goldschmidt

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
Jakub.Goldschmidt123@gmail.com

Jozef Čerňan

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

Abstract – *The purpose of this paper is to refer to possibilities of increasing the power of the aircraft piston engine. In the first part of this thesis I analyze and point out, what in general aircraft piston engine is, what parts the engine is consisted of, and what types of piston engine we know. Further, it is focused on the types of these engines as well as the differences between them. At the core of this thesis I describe the possibilities for increasing the short-term power, or long-term power of the engines, their history and also their advantages and disadvantages.*

Key words: piston engine, enhancing of power, injecting of water, supercharging, tuned exhaust pipes.

I. ÚVOD

V súčasnosti, v čase globalizácie, keď sa ľudia potrebujú často a rýchlo presúvať na veľké vzdialenosti, sa letecká doprava stáva čoraz častejšie využívanou dopravou. S dopytom po leteckej preprave vzrastá aj záujem dopravcov po možnostiach zrýchlenia prepravy. Cieľom mojej bakalárskej práce je poukázať a priblížiť možnosti zvyšovania výkonu leteckých piestových motorov od ich použitia v letectve v jeho rannom období až po súčasné trendy. Práca sa zamerne nevenuje turbínovým motorom, ktoré sú osobitou kapitolou leteckých pohonov a presahovali by zámer tejto práce.

Keďže vývoj ide stále dopredu a prepravcovia potrebujú prepraviť viac ľudí, je potrebné vybaviť lietadlá výkonnejšími motormi. Konštruktéri dostali rôzne požiadavky na vytvorenie motorov, na ktorých experimentovali, a zisťovali ktoré prostriedky slúžia najlepšie na zvýšenie výkonu. V mojej bakalárskej práci chcem priblížiť jednotlivé typy piestových motorov a niektorých komponentov pomocou ktorých je možné zvýšiť ich výkon. Ďalším cieľom mojej práce je priblížiť aj históriu vývoja komponentov používaných na zvyšovanie výkonnosti piestových motorov. V jednotlivých kapitolách som sa zameril na vývoj a opis dielov piestového motora, typy

piestového motora, prácu ktorú piestové motory vykonávajú a komponenty ktoré slúžia na zvyšovanie výkonu.

Zvyšovanie výkonu motorov sa využívalo v minulosti nie len v civilnom, ale hlavne vo vojenskom letectve. Stalo sa mimoriadne dôležitým pri únikových manévroch stíhacích lietadiel počas bojov. V civilnom ale aj športovom letectve sa krátkodobé zvyšovanie výkonu využíva na skrátenie vzletu v núdzových prípadoch, zrýchlení prepravy a rýchlejšom dosiahnutí letovej výšky ako aj pri manévroch akrobatických lietadiel. Tieto možnosti by mali byť kľúčové pri zefektívnení leteckej dopravy.

II. METODIKA A METODOLÓGIA

V tejto kapitole si priblížime a rozpíšeme, aký je hlavný cieľ mojej bakalárskej práce, a taktiež metódy, ktoré som využil pri jej spracovaní.

Hlavný cieľ

Hlavným cieľom mojej bakalárskej práce, je priblížiť čitateľovi, akými spôsobmi je možné zvýšiť výkon piestových leteckých motorov, aké majú tieto prostriedky využitie a ako sa časom vyvíjali.

Čiastkové úlohy

Moju bakalársku prácu som rozdelil na jednotlivé kapitoly a ich podkapitoly, ktoré približujú čitateľovi aké rôzne komponenty je možné použiť na zvýšenie výkonu leteckého piestového motora, či už dlhodobo, alebo krátkodobu.

V prvej kapitole mojej bakalárskej práce som rozpísal, z ktorých častí sa letecký piestový motor skladá a na čo tieto časti v motore slúžia. Taktiež som v tejto kapitole rozpísal, aké typy leteckých piestových motorov poznáme a aké sú ich výhody a nevýhody.

V druhej, tretej a štvrtej kapitole sú charakterizované a opísané tepelné cykly a taktiež princípy Ottoho motora, Dieslova motora a ich historický vývoj.

V poslednej piatej kapitole, ktorú považujem za najdôležitejšiu, rozpisujem konkrétne prostriedky, ktorými je

možné zvýšiť výkon, oboznamujem čitateľa s ich históriou a taktiež som uviedol príklady, v ktorých lietadlách mali tieto prostriedky na zvyšovanie výkonu využité.

Metódy spracovania práce

Pri tvorení mojej bakalárskej práce som používal nasledovné metódy:

Pozorovanie

Metódu pozorovania som využíval pre popis a vysvetlenie toho, z čoho sa skladajú a načo slúžia časti z ktorých sa piestové motory skladajú, a ako pracujú tieto motory pracujú.

Porovnanie

Túto metódu som využíval hlavne v druhej, tretej a štvrtej kapitole mojej bakalárskej práce. Porovnával som tam tepelné cykly, výhody a nevýhody princípu Dieslovho a Ottovho motora. Taktiež som v prvej kapitole porovnával rôzne typy piestových motorov, a v poslednej kapitole som využíval túto metódu na porovnanie niektorých prostriedkov, ktorými sa zvyšuje výkon.

Analýza

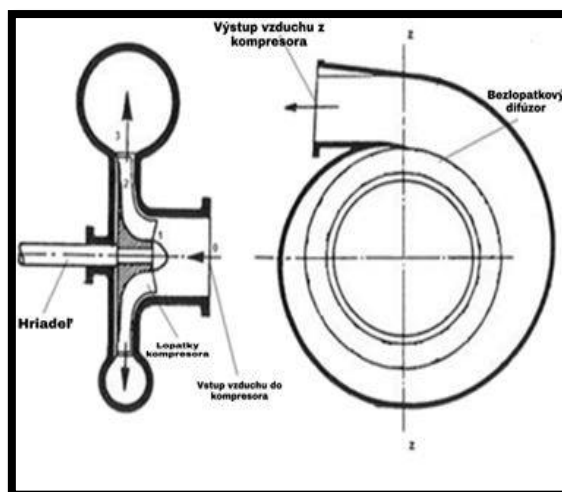
Metódu analýzy som použil vo väčšine mojej bakalárskej práce, no najviac som ju využíval v piatej kapitole, keď som rozoberal a bližšie skúmal dané princípy zvyšovania výkonu leteckých piestových motorov.

III. ZVYŠOVANIE VÝKONU

Konštruktéri lietadiel dostali rôzne požiadavky na výrobu motorov, na ktorých experimentovali a zisťovali aké rôzne spôsoby sa dajú použiť, aby sa motorom zvýšil výkon. Existuje mnoho možností ako sa dá v motore docíliť zvyšovanie výkonu. Zvýšenie výkonu leteckých motorov slúžilo k tomu, aby lietadlá dosahovali vyššie rýchlosti, mali kratšiu vzletovú a pristávaciu dráhu, a aby mohli uniesť väčšiu hmotnosť nákladu.

IV. PREPLŇOVANIE KOMPRESOROM

Preplňovanie je pokrokovou metódou v stavbe spaľovacích motorov, pretože umožňuje podstatne zvýšiť výkon bez toho, aby vyžadovalo zmenu základných parametrov. Podstatou preplňovania je teda snaha zvýšenia výkonu bez toho, aby bolo potrebné zväčšenie vírtania, zvýšenie počtu valcov a zväčšenie zdvihu valcov. Pri leteckých motoroch slúži kompresor k dodávaniu potrebného množstva vzduchu do vnútra valcov pod určitým tlakom. Pre zmenšenie rozmeru prevodu a zmenšenie opotrebovateľnosti ozubených kolies sa do prevodu vkladajú ďalšie ozubené kolesá, pomocou ktorých sa docíli zvyšovanie počtu otáčok kompresora. Kompresor je schopný udržovať konštantný tlak len do určitej výšky, ktorú nazývame kritická výška. Od tejto výšky sa výkon motora s výškou znižuje. [1,2,4,6



Obrázok 1: Odstredivý kompresor [1]

V. PREPLŇOVANIE TURBOKOMPRESOROM

Najpoužívanejší spôsob zvyšovania výkonu je v dnešnej dobe preplňovanie turbokompresorom. Turbokompresor umožňuje motoru vyvinúť maximálny výkon pri prevádzke vo vysokých nadmorských výškach, alebo zvýšiť jeho výkon pri vzlete. Vo vysokých nadmorských výškach, kde je riedky vzduch má motor bez preplňovania problém so stratou výkonu a preto sa pre stlačenie vzduchu používa kompresor, ktorý odoberá z výkonu motora a turbokompresor, ktorý je poháňaný výfukovými plynmi z motora a neovplyvňuje výkon. Nezvyšuje sa iba kompresia ale aj expanzný pomer. [1,3,4,5]

VI. VSTREKOVACIE DÝZY FIRAD

Najnovšie vstrekovacie systémy sú čoraz zložitejšie, a výrobný proces si preto vyžaduje vyšší štandard kvality. Osadením týchto dýz do motora sa zvýši krútiaci moment a tým aj výkon. Dýzy majú väčší prietok a lepšie rozprašovanie, čím sa do spaľovacej komory dostane viacej rozprášeného paliva. [7]

VII. OSTRÉ VAČKY

Ako časté úpravy, ktoré sa vykonávajú za účelom zvýšenia výkonu motora, je výmena klasických vačiek za ostré vačky. Keďže chceme aby sa počas dosahovania vyššieho výkonu dostávalo do spaľovacej komory čo najviac paliva, musia ostať sacie ventily otvorené po čo najdlhšiu dobu. To isté platí aj pri výfukových ventiloch, ktoré tiež ostávajú otvorené čo najdlhšie aby sa výfukové plyny čo najrýchlejšie dostali preč. Výmenou klasických vačiek za ostré sa navýši výkon približne o desať percent a motor sa rýchlejšie vytočí do otáčok. [8]

VIII. ÚPRAVA HLAVY VALCOV

Účinný, no za to náročný spôsob zvýšenia výkonu, je znížiť hlavu valcov. Táto úprava sa vykonáva na sústruhu, pričom sa hlava valcov môže znížiť len o jeden alebo dva milimetre a musí byť znížený rovnomerne. Keď sa prekročí veľkosť tohto zníženia, môže pri chode motora dôjsť k tomu, že sa piest zrazí

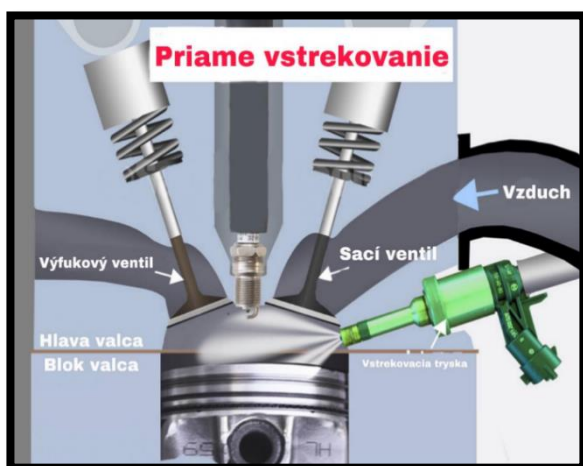
s ventilmi. Znížením hlavy valcov docielime to, že sa vo valcoch zvýši kompresný pomer a zároveň sa zvýši aj tlak vo valcoch. [9]

IX. LADENÉ VÝFUKOVÉ ZVODY

Medzi úpravy motora, patrí aj výmena klasických sériových zvodov za ladené. Výfukové zvody sa skladajú z viacerých potrubí, ktoré sú na konci pospájané do jedného vývodu. Tento vývod, vyvádza plyny od hlavy valcov, až ku samotnému výfukovému potrubiu. Ladené zvody sú vytvarované a pospájané tak, aby odvádzali spaliny z hláv valcov čo najrýchlejšie a najefektívnejšie. [10]

X. PRIAME VSTREKOVANIE

Motory s priamym vstrekom pripravujú zmes vzduchu a paliva už priamo v spaľovacej komore. To znamená, že palivo, ktoré je pomocou vstrekačov vstrekané do spaľovacej komory, je tak jemne rozprášené, že sa môže okamžite vznietiť bez toho, aby sa muselo premiešať v spaľovacej komore. Umožňuje to vyššiu kompresiu motora, čo má za následok vyššiu účinnosť. Táto technológia priameho vstrekovania tiež významne prispieva k lepšiemu chladeniu valca. [11, 12]



Obrázok 2: Priame vstrekovanie [2]

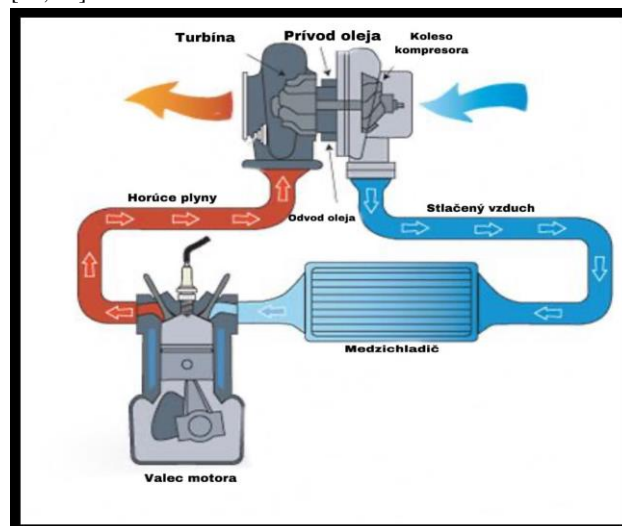
XI. NÁPOROVÉ SANIE

Tento typ úpravy nasávania je konštrukčne náročnejší, ale zato účinný. Pri tejto úprave sa do motora vzduch dostáva náporom. Znamená to, že čím rýchlejšie lietadlo letí, tým je táto úprava účinnejšia, keďže sa do motora dostáva viac vzduchu. Prívod studeného vzduchu pracuje na princípe zvyšovania množstva kyslíka dostupného na spaľovanie s palivom. Pretože chladnejší vzduch má vyššiu hustotu, teda väčšiu hmotnosť na jednotku objemu. Prívody studeného vzduchu vo všeobecnosti fungujú tak, že sa chladiaci vzduch privádza z miest, kde je na lietadle najväčší nápor. [13, 14]

XII. MEDZICHLADIČ

Medzichladič je zariadenie, ktoré chladí vzduch privádzaný do motora a bežne sa používa pri preplňovaných

motoroch. Do medzichladiča je privádzaný horúci vzduch z turbokompresora, ktorý sa tu ochladzuje a tým sa zväčší hustota vzduchu dodávaného do motora. Vzduch, ktorý je nasávaný do kompresora alebo turbokompresora je zosilnený a stláčaný, čím sa prirodzene zohrieva a preto je potrebné ho ochladiť. Chladením docielime, aby bolo možné natlačiť do motora čo najviac vzduchu, teda aj kyslíka ktorý sa v ňom nachádza. Väčšie množstvo kyslíka umožňuje spaľovať väčšie množstvo paliva, aby sa dodržal pomer zmesi, čo má za následok zvýšenie výkonu. [15, 16]



Obrázok 3: Vzduchom chladený medzichladič [3]

XIII. VSTREKOVANIE LAHKOODPARITEĽNEJ KVAPALINY DO MOTORA

Pri vysokom kompresnom pomere, je do spaľovacej komory vstrekané palivo s horúcim stlačeným vzduchom z kompresora a v motore môže vznikať detonačné horenie. Vstrekovanie vody (alebo vody s metanolom), fungujú na princípe že táto kvapalina je rozprášená do sacieho potrubia, kde sa v dôsledku horúceho vzduchu vyparí a túto horúcu zmes paliva so vzduchom ochladí. Tým že je zmes ochladená zväčší sa jej hustota, a do motora sa jej zmestí viac, teda motoru sa zvýši výkon. [17, 18, 19, 20]

XIV. TURBÍNA, KTORÁ POMÁHA POHÁŇAŤ KLUKOVÝ HRIADEĽ

Tento motor pracuje na princípe rekuperácie výfukových plynov. Plyny ktoré opúšťajú spaľovaciu komoru, putujú potrubím až k turbíne. Vyfúknutie opisuje akýkoľvek proces, pri ktorom plyn pod vysokým tlakom expanduje cez ventil, kde sa zníži jeho tlak bez toho, aby sa pri tomto procese vykonávala práca. Vo vnútri cyklónového valca, pri otvorení ventilu na takmer atmosferický tlak výfukového potrubia, plyny opúšťajú valec zvukovou rýchlosťou pri priemernej teplote výfukových plynov. Motor s turbokompresorom, ktorý pomáha poháňať hriadeľ, používa tento vysokorýchlostný plyn na poháňanie kolesa s impulznou turbínou, ktoré pracuje tak, že absorbuje určitú časť rýchlosti plynu bez toho, aby na valce pôsobilo protitlakom. [21, 22]

XV. MOTOR S KOVANÝMI ČASŤAMI

Kovaným motorom nazývame motor, ktorého niektoré časti sa na rozdiel od odlievajúcich vytvárajú kovaním. Týmto procesom sa zlepši pevnosť materiálu a teda aj odolnosť proti namáhaniu, pretože jeho povrch je viacej spevnený kovaním a má väčšiu hustotu. Kovanie je proces, pri ktorom sa materiál zahrieva a postupne sa stláča do určitej formy pod vysokým tlakom. Pre takéto stláčanie sa používa hydraulický lis. Naopak pri odlievaní, sa do formy, ktorá má tvar danej súčiastky, naleje roztečený materiál, ktorý sa po stuhnutí vyberie. Do odlievajúcich súčiastok sa pridáva kremík, ktorý spolu so zliatinou zabraňuje nadmernej rozťažnosti. Kremík je však krehký materiál a pri nadmernom tlaku môže súčiastka prasknúť alebo môže byť poškodená aj inými spôsobmi. Preto je potrebné so súčiastkami manipulovať opatrne. Pri kovaných častiach sa takéto deformácie stávajú málokedy. Preplňované motory sú vystavené väčšiemu množstvu mechanického namáhania a musia sa spoliehať na trvanlivé časti, ktoré sú špeciálne navrhnuté na použitie v extrémnych podmienkach. Použitím kovaných piestov v nastavení motora je určite možné získať výkonnostné body, ktoré vyhovujú akejkoľvek preferovanej úprave motora. [23]



Obrázok 4: Ojnica ohnutá pod vplyvom vysokého tlaku v nekovanom motore [4]

XVI. MOTOR SO VSTREKOVANÍM OXIDU DUSNÉHO

Oxid dusný je plyn, ktorý sám o sebe nie je horľavý, preto sa vstrekuje do horúceho motora, kde sa pri vysokej teplote oxid dusný rozloží na kyslík a dusík. Oxid dusný v sebe obsahuje takmer až dva a pól krát viac kyslíka ako toho, ktorý je obsiahnutý v atmosfére. Viacej kyslíka v spaľovacej komore urýchli horenie a teda aj zväčší prívod paliva, aby udržal správny pomer zmesi. Dusík sa pri expanzii extrémne ochladí a teda ochladí aj kyslík. To má za následok ešte väčšiu účinnosť spaľovacieho procesu. Nevýhodou tohto systému je, že zvyšovanie výkonu motora týmto systémom môžeme iba krátkodobo (15-20 sekúnd). Pri dlhodobom použití hrozí prehriatie a poškodenie motora, hlavne tým komponentom, ktoré sú spojené s rotačnou zostavou motora. Pre dlhšiu životnosť motora a ako prevencia proti poškodeniu

motora, je potrebné motor pri tejto úprave zosilniť a niektoré časti vymeniť za silnejšie kované. Pri použití oxidu dusného vo valci motora výrazne vzrastie tlak, čo má za následok detonačné spaľovanie. Aby sme zabránili detonačnému spaľovaniu, v okamihu použitia oxidu dusného musia mať motory nastavené oneskorené zapalovanie. Počas druhej svetovej vojny sa používal pre stíhacie lietadlá systém GM1, ktorý umožňoval zlepšiť výkon vo vysokých nadmorských výškach, kde je menšia hustota vzduchu a motoru klesá výkon. [24, 25]

XVII. ZÁVER

Táto bakalárska práca podala stručný prehľad o možnostiach zvyšovania výkonu piestových leteckých motorov. Snažil som sa zhrnúť dostupné informácie o danej téme a som rád, že sa mi podarilo získať viacero poznatkov, ktoré boli pre mňa dovtedy neznáme.

V úvode mojej bakalárskej práce som popísal piestový motor a časti z ktorých sa skladá. Tieto motory umožnili rozvoj letectva, keďže stáli pri jeho zrode a mali ako jediné priaznivé pomer výkonu a hmotnosti.

Ďalej som opisoval typy piestového leteckého motora a porovnal som ich výhody a nevýhody v praxi a ich použitie na lietadlách od počiatkov rozvoja letectva. Opísal som Carnotov cyklus, Ottov a Dieslov motor a aj ich tepelné cykly a následne som sa zaoberal možnosťami zvyšovania výkonu leteckých piestových motorov ktorými v minulosti boli a aj v dnešnej dobe sú: preplňovanie kompresorom, preplňovanie turbokompresorom, použitím vstrekovacích dýz FIRAD, ostrých vačiek, úpravou hlavy valcov, nahradením sériových výfukových zvodov za ladené, použitím priameho vstrekovania, použitie náporového sania, použitie medzichladiča, použitie systému vstrekovania vody do motora, použitie turbíny, ktorá pomáha poháňať kľukový hriadeľ, výmena odliatych častí motora za kované a použitím vstrekovania oxidu dusného do motora. Konštruktéri sa snažia stále napredovať, konkurujú si a preto si myslím že zvyšovanie výkonu leteckých piestových motorov bude v budúcnosti napredovať a rozširovať svoje možnosti.

REFERENCIE

- [1] KŘÍŽ, J. 2004. *Lietadlové pohonné jednotky*. Žilina : Žilinská univerzita, 2004. 264 s. ISBN 80-807-342-6.
- [2] ZAPLETAL, M. – MIFFEK, K. – KLIMENT, V. 1966. *Přepřehování naftových motorů*. Praha : SNTL, 1966. 242 s.
- [3] KOCÁB, J. – ADAMEC, J. 1991. *Letadlové pohonné jednotky*. 2. vyd. Praha : Nadas, 1991. 380 s. ISBN 80-7030-103-1.
- [4] WILD, T. – KROES, M. 2013. *Aircraft powerplants*. 8th edit. USA : Quad-Graphics, 2013. 768 s. ISBN 978-0-07-179913-3.
- [5] MAKSAJ, A. – POLANSKI, H. 1957. *Teorie leteckých piestových motorů*. Praha : Naše vojsko, 1957. 288 s.
- [6] SEDLÁČEK, B. 1971. *Letecký provoz: draky-motory-řístroje*. 2. vyd. Bratislava : Alfa, 1971. 306 s.
- [7] Firad: Technology. [online] Dostupné na internete: <http://www.firad.it/company/technology/?lang=en> (cit. 2020. 03. 13)

- [8] AUTORIDE. 2020. Ostré vacky: Pozri sa na ich výhody a nevýhody [online]. [cit. 2020. 02. 02]. Dostupné na internete: <<https://autoride.sk/ostre-vacky-pozri-sa-na-ich-vyhody-nevyhody/>>.
- [9] AUTOBLINK. 2019. Zníženie hlavy valcov: Čo prinesie takáto úprava motora. [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <<https://autoblink.sk/znizenie-hlavy-valcov-co-prinesie-takato-uprava-motora/>>.
- [10] AUTORIDE. 2020. *Ladené výfukové zvody: Spôsob ako zvýšiť výkon motora.* [online]. [cit. 2020.02.02]. Dostupné na internete: <https://autoride.sk/ako-zvysit-vykon-motora-ladene-vyfukove-zvody?fbclid=IwAR0fpLWAZbtwIbEHRS5MbIJF2lNswjOfy1IJHT9eHRFA6Y_BLCk26sse8cA>.
- [11] BOSCH. 2014. *How gasoline direct injection works.* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <<https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/how-gasoline-direct-injection-works-42561.html>>.
- [12] CARLEZ, L. 2016. *Gasoline direct injection (GDI).* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <https://www.aalcar.com/library/what_is_gasoline_direct_injection.htm>.
- [13] AUTORIDE. 2020. *Úprava sacieho potrubia dokáže zvýšiť výkon motora.* [online]. [cit. 2020.02.02]. Dostupné na internete: <<https://autoride.sk/ako-zvysit-vykon-motora-na-tuto-otazku-sme-pripravili-clanok-v-ktorom-sa-to-dozvies?fbclid=IwAR3TJwXHGisLBt4H2DWhva04TgZE5SMtFQIPsAvH5omsLlnVoxrDpICCos>>.
- [14] SETIAWAN, R. 2018. *Understanding a car air intake system.* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <<https://www.sgcarmart.com/news/writeup.php?AID=127>>.
- [15] Turbosmart. 2012. How does intercooler work? [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <<https://www.turbosmart.com/news/how-does-intercooler-work/>>.
- [16] WIESINGER, J. 2019. *Die Flüssigkeitskühlung.* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <https://www.kfztech.de/kfztechnik/motor/kuehlung/wasse-rkuehlung.htm?fbclid=IwAR0IV6iKmrndlWTUUhTgoTjFZYm8GketrgvkOpFyy_Zb40fCaZikiAr5hDY>.
- [17] ANDREJČÁK, T. 2019 *Bosch: Vstrekovanie vody zníži spotrebu až o 13 %. Už v roku 2019.* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <<https://auto.pravda.sk/novinky/clanok/404279-bosch-vstrekovanie-vody-znizi-spotrebu-az-o-13-uz-v-roku-2019/>>.
- [18] FORMÁNEK, V. 2015. *Ako vstrekovanie vody zvýši výkon motora?* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <<https://www.autoviny.sk/novinky/15508/ako-vstrekovanie-vody-zvysi-vykon-motora>>.
- [19] Tuningcardesign: *Vstrekovanie vody a metanolu Snow Performance* [online]. Dostupné na internete: <https://www.tuningcardesign.sk/vstrekovanie-vody-a-metanolu-snow-performance-stage-1-diesel/> (citované 2020-03-28)
- [20] Wikipedia: MW 50. [online]. Dostupné na internete: https://en.wikipedia.org/wiki/MW_50 (citované 2020-03-28)
- [21] [21] JÄÄSKELÄINEN, H. –MAJEWSKI, W. A. 2020. *Turbocompounding.* [online]. [cit. 2020. 02. 02] Dostupné na internete: <https://dieselnet.com/tech/engine_whr_turbocompound.php>.
- [22] Wikipedia: Turbo-compound engine. [online] Dostupné na internete: https://en.wikipedia.org/wiki/Turbo-compound_engine (cit. 2020. 03. 13)
- [23] CARSDIRECT, 2012. *The Benefits of Forged Pistons.* [online]. [cit. 2020.03.13]. Dostupné na internete: <https://www.carsdirect.com/aftermarket-parts/why-install-forged-pistons?fbclid=IwAR30e-ZYeNF3b-7GhP69oipj9twK53Tj9GYhSm9_VNAXKuJU11AqJxqz8>.
- [24] TUNING SK. 2016. *Nitrous Oxide System (NOS). Čo to vlastne je ?* [online]. [cit. 2020. 02. 02] Dostupné na internete: <<https://www.autodoplnky.cz/tuning-sk/nitrous-oxide-system-nos-co-to-vlastne-je-a308033>>.
- [25] Wikipedia: Nitrous oxide engine. [online] Dostupné na internete: https://en.wikipedia.org/wiki/Nitrous_oxide_engine (cit. 2020. 03. 13)
- [26] 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>
- [27] 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.
- [28] BUGAJ, M. 2011. *Systémy údržby lietadiel.* vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [29] BUGAJ, M. 2015. *Aeromechanika 1: základy aerodynamiky.* Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.
- [30] HOLODA, Š., PECHO, P., JANOVEC M. & BUGAJ, M. 2017. Modification in Structural Design of L-13 "blanik" Aircraft's Wing to Obtain Airworthiness. *Transport Problems* 7(1), pages 77-86
- [31] BUGAJ, M. 2005. Aircraft maintenance - new trends in general aviation. *Promet - Traffic - Traffico*, 17(4), pages 231-234.
- [32] BUGAJ, M., URMINSKY, T., JURÁK, P. & PECHO, P. 2018. *Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October*, pages 1174-1178.
- [33] JANOVEC, M., SMETANA, M., & BUGAJ, M. 2019. Eddy Current Array Inspection of Zlin 142 Fuselage Riveted Joints. *Transportation Research Procedia* 40, pages 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.042>

OBRÁZKY

- [1] [Zdroj: https://www.researchgate.net/profile/Salah_Elmoselhy/publication/320369913/figure/fig1/AS:672921697677324@1537448443661/e-Schematic-diagram-of-the-supercharging-centrifugal-compressor-with-vaneless-diffuser.ppm] [cit. 2020. 02. 02]
- [2] [Zdroj: https://www.samarins.com/check/images/direct-fuel-injection.jpg?fbclid=IwAR3nJrkjQmh8kiG2uO3zxElxpx91dgbnTcpgghgQ0xDoAgh_-4kziS7I2zFY] [cit. 2020. 02. 02]

- [3] [Zdroj:
<https://i.pinimg.com/originals/d8/a0/4d/d8a04db79d9c90a-aa30afa359c0e8b4c.jpg?fbclid=IwAR3zqFoSelagCmoVJkSvue5JPvDLHFy1q2fOdmk0wDch1zMEoFUsGdP7gcs>
[cit. 2020. 02. 02]
- [4] [Zdroj:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d4/Bent_connecting_rod_2.JPG/450px-Bent_connecting_rod_2.JPG] [cit. 2020. 02. 02]

Jakub Goldschmidt –narodený v Revúcej absolvoval v roku 2017 Evanielické Gymnázium Tisovec v Tisovci, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor profesionálny pilot.

TRHY S NÁKLADNOU LETECKOU DOPRAVOU VO VYBRANÝCH SVETOVÝCH REGIÓNOCH

AIR CARGO MARKET IN SELECTED WORLD REGIONS

Gréta Mária Hajduková

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
hajdukova7@stud.uniza.sk

Matúš Materna

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

Abstract – Air freight is a sector often overlooked by literature despite its importance. This bachelor thesis was written using available literature, particularly annual and monthly reports published by international aviation organizations. The introduction part of this bachelor thesis is looking into a brief history of air freight and highlights its value. The main part analyses global air freight market in terms of its size, outlines trends and forecasts and mentions major freight carriers. The global market is then divided into regions and North America and Asia-Pacific are analyzed in a similar manner. The final part of the thesis is focused on the current situation of European market and its position. Results of this thesis will provide a summary of the current state of the European and global air freight market. The results have shown that this segment is closely tied to economic indicators, therefore is highly susceptible to changes.

Key words – air transport, air freight market, cargo, air carrier, market size.

I. ÚVOD

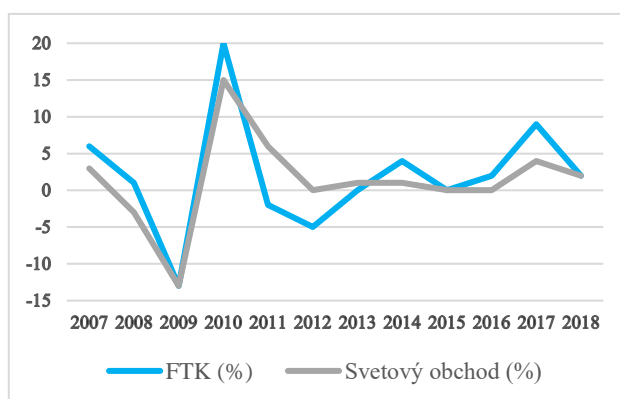
Začiatkom 20. storočia sa prvýkrát začalo experimentovať s prevážaním nákladu a pošty lietadlami. Plný potenciál však letecká nákladná doprava ukázala až po druhej svetovej vojne, kedy sa začalo toto odvetvie naplno rozvíjať. Počas globalizácie zohrávalo dôležitú úlohu, čo umožnilo rozšírenie výroby aj za hranice krajín. V dnešnej dobe je všetko, čo potrebujeme počas nášho každodenného života, do značnej miery závislé od dodávateľského reťazca leteckej nákladnej dopravy. Trhy s nákladnou leteckou dopravou môžu byť charakterizované ako dynamické a sú úzko späté s ekonomickou aktivitou krajín.

II. SVETOVÝ TRH S NÁKLADNOU LETECKOU DOPRAVOU

Okrem ekonomických faktorov ovplyvňuje trh s leteckou nákladnou dopravou celý rad subjektov vrátane globalizácie, hospodárskej súťaže, environmentálnych regulácií, liberalizácie trhu, či nových komodít závislých na leteckej doprave.

VEEKOSŤ TRHU

Medzinárodná nákladná doprava (s výnimkou pošty) rástla priemerne 5,3% medzi rokmi 1995 a 2005, no od roku 2005 rast klesol na 3,7%, čo sa nezmenilo až do roku 2016 (graf 1). Pokles za toto obdobie bol následkom celosvetovej finančnej krízy, no od roku 2016 sa rast dopravy zrýchlil. V rokoch 2017 a 2018 globálna ekonomika rástla o 3,1%, čo bolo výsledkom dlho očakávanej obnovy v oblasti investícií, výroby a obchodu. Globálny letecký priemysel sa v roku 2017 postaral o prepravu 59,9 milióna ton nákladu, čo v roku 2018 vzrástlo na 63,3 milióna ton – predstavujúc takmer 1% objemu svetového obchodu. V dôsledku globálneho cyklu obnovy zásob sa v roku 2017 zvýšil celkový počet tonokilometrov (FTK) o 9,7%. V roku 2018 tiež počet FTK vzrástol, ale len o 3,5%. V druhej polovici roka sa nákladný priemysel stretol aj s mnohými prekážkami. Došlo k spomaleniu svetového obchodu, čo bolo z časti spôsobené zvýšeným obchodným napätím medzi Spojenými štátmi a Čínou a k zhoršeniu niektorých hlavných ukazovateľov, napríklad nových vývozných objednávok v rámci globálneho indexu PMI. Napriek tomu neboli ovplyvnené všetky odvetvia leteckej nákladnej dopravy, elektronický a farmaceutický tovar zostali naďalej silné [1].



Graf 1: Rast leteckej nákladnej dopravy v porovnaní s rastom svetového obchodu s tovarom

Rok 2019 nebol pre trh nákladnej leteckej dopravy vôbec jednoduchý. Rast celosvetového objemu prepraveného nákladu bol najpomalší od globálnej finančnej krízy v roku 2009 a takisto zaznamenal prvý negatívny dopyt od roku 2012. Svetové obchodné vojny a zvýšená neistota ovplyvnili dopyt po leteckej nákladnej doprave v celom odvetví. Súčiniteľ využitia nákladnej kapacity (FLF) v roku 2019 klesol o hodnotu 2,6 percentuálnych bodov oproti predchádzajúcemu roku [2].

Pokles dopytu a celkovo nepriaznivé výsledky za rok 2019 môžeme pripísať viacerým faktorom. Niekoľko výrobných odvetví, ktoré sú od rýchlosti a spoľahlivosti závislé na leteckej doprave, dosiahlo slabý dopyt. Niektoré ekonomiky s vysokou výrobnou náročnosťou dokonca vykázali slabý rast HDP najmä kvôli tomuto sektoru. Všeobecne povedané, k nízkemu ročnému výsledku leteckej nákladnej dopravy prispela aj malá spotrebiteľská dôvera, ktorá odrážala dané globálne makroekonomické a politické pozadie. V rámci jednotlivých regiónov môžeme hovoriť o obchodnej neistote súvisiacej s výstupom Veľkej Británie z Európskej Únie, ako aj o obchodnom napätí medzi USA a Čínou. V medzimesačnom porovnaní sa vývozné objednávky zvýšili iba raz, a to nevýrazne. Hodnoty FTK leteckej nákladnej dopravy sa v roku 2019 ako celku v porovnaní s rokom 2018 znížili o 3,3% [3].

Tabuľka 1: Výsledky dosiahnuté v leteckej nákladnej doprave v roku 2018 a 2019

	FTK	AFTK	FLF	FLF (medziročná zmena)
2018	3,5%	5,4%	49,1%	-0,9 pb
Január 2019	-1,8%	4,0%	45,1%	-2,7 pb
Február 2019	-4,7%	2,7%	44,7%	-3,5 pb
Marec 2019	0,1%	3,1%	49,5%	-1,5 pb
Apríl 2019	-4,7%	2,6%	46,3%	-3,5 pb
Máj 2019	-3,4%	1,3%	46,8%	-2,3 pb
Jún 2019	-4,8%	2,6%	45,4%	-3,5 pb
Júl 2019	-3,2%	2,6%	45,0%	-2,7 pb
August 2019	-3,9%	2,0%	44,6%	-2,7 pb
September 2019	-4,5%	2,1%	46,4%	-3,2 pb
Október 2019	-3,5%	2,2%	47,7%	-2,8 pb
November 2019	-1,1%	2,9%	49,6%	-2,0 pb
December 2019	-2,7%	2,8%	46,7%	-2,7 pb

III. ANALÝZA TRHOV S NÁKLADNOU DOPRAVOU VO VYBRANÝCH SVETOVÝCH REGIÓNOCH

Podiely regionálnych trhov s leteckou nákladnou dopravou sa za posledné dve desaťročia výrazne menili. Letecké spoločnosti so sídlom v Severnej Amerike viedli nad ostatnými svetovými regiónmi s 35 percentným trhovým podielom v roku 1992; to sa však zmenilo v 90. rokoch. Podiel leteckých

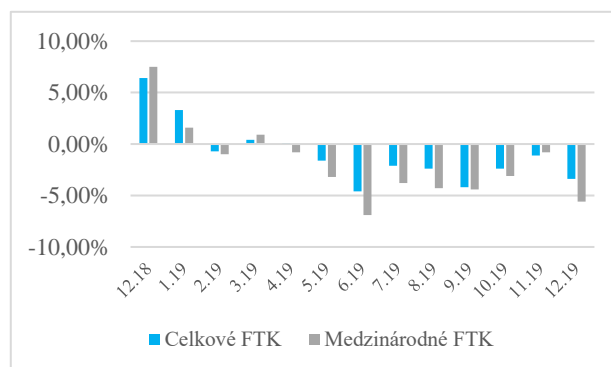
spoločností so sídlom v ázijsko-pacifickom regióne vtedy vzrástol z 28 percent v roku 1992 na 40 percent v roku 2010, čo odrážalo rýchlu expanziu ázijských vývozných trhov [4]. Od roku 2000 dopravcovia so sídlom na Strednom východe začali využívať svoju geografickú polohu ako križovatku medzi Afrikou, Áziou a Európou. Spoločnosti rýchlo rozšírili svoje flotily nákladných lietadiel, čo im umožnilo zvýšiť svoj podiel na svetovej leteckej nákladnej doprave zo 6,1% v roku 2007 na 12,8% v roku 2017 [4]. Okrem Ázie zaznamenal v roku 2017 skok v objeme medzinárodnej nákladnej dopravy aj región Severnej Ameriky. Výkonnosť ázijsko-pacifického regiónu odrážala v tomto roku silný dopyt po vývoze z krajín ako Čína a India.

Na regionálnej úrovni boli v roku 2018 najvýkonnejší severoamerickí dopravcovia, za ktorými nasledovali latinskoamerické spoločnosti. Objemy nákladnej dopravy prepravované africkými leteckými spoločnosťami zaznamenali veľmi silný rast v roku 2017 – až 24,8%. V roku 2018 si región udržal tieto objemy, dokonca ďalej rástol o 0,5% [5].

Severná Amerika a Európa zvýšili svoj podiel na celkových tonokilometroch v roku 2019, zatiaľ čo Ázia-Pacifik zostali najväčším trhom. Pokles v medzinárodnom obchode však najviac zasiahol práve tento región, ktorý je jedným z hlavných svetových výrobných a distribučných centier. Objem nákladu prepraveného medzinárodne klesol o takmer 6% [5], celkovo zaznamenal región pokles FTK o 4%. Afrika bola jediným regiónom, ktorý zaznamenával pozitívny medziročný rast počas celého roka 2019, v júli dokonca zaznamenal dvojciferný rast FTK, ktorý pokračoval až do októbra [6].

SEVERNÁ AMERIKA

Letecká nákladná doprava v roku 2017 prudko vzrástla. Letecký náklad, ktorý sa presúval do Spojených štátov a Kanady a v rámci nich, predstavoval 9% celosvetových prepravených tonokilometrov. Celkovo vzrástla nákladná letecká doprava v Severnej Amerike o 4,2% v roku 2016 a o 10% v roku 2017. Domáci letecký náklad USA, ktorý predstavuje 96,4 percenta na trhu v Severnej Amerike, vzrástol v roku 2016 o 4,2 percenta a v roku 2017 o 10,3 percenta, zatiaľ čo kanadský vnútroštátny letecký náklad (2,2% trhu) v rovnakom časovom období vzrástol o 4,8% a 4%. V roku 2017 tvorila cezhraničná doprava zo Spojených štátov do Kanady 1,2 percenta trhu Severnej Ameriky; doprava v opačnom smere predstavovala 0,2 percenta [4].

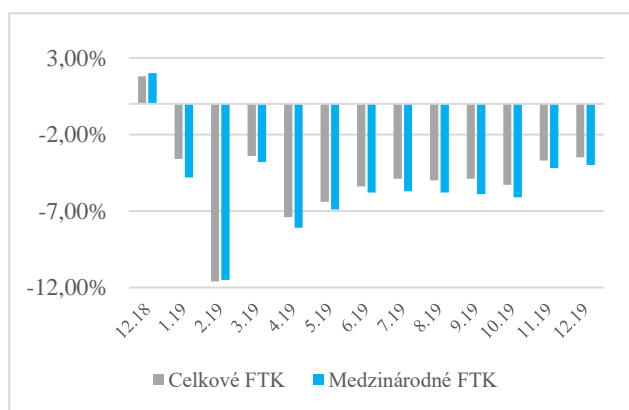


Graf 2: Rast FTK prepravených spoločnosťami so sídlom v Severnej Amerike

ÁZIA-PACIFIK

Domáci trh leteckej nákladnej dopravy v rámci Ázie a Pacifiku je jedným z najväčších svetových obchodných tokov, čo predstavuje takmer 16,5 percenta svetovej leteckej nákladnej dopravy v tonáži a asi 8,4 percenta v tonokilometroch. Po globálnom hospodárskom poklese sa trh v roku 2013 začal rýchlo rozvíjať a odvtedy si tento región udržiava silný nárast dopytu po leteckej nákladnej doprave, až 6% ročne. Čína sa za posledné roky stala hospodárskou hybnou silou regiónu a zodpovedá v ňom za takmer 50 percent HDP. Jej výrazná hospodárska expanzia prospela obchodu s nákladom v rámci východnej Ázie a Pacifiku, najmä so silným rastom trhu s rýchlo sa kaziacim tovarom a elektronickým tovarom [4].

Okrem Číny aj krajiny ako Japonsko, Južná Kórea a Taiwan významne prispievajú k ekonomike a rastu obchodu v regióne vývozom hodnotného tovaru. V juhovýchodnej Ázii, ktorá je domovom niektorých najrýchlejšie rastúcich ekonomík sveta, sa postupne zvyšuje dopyt po rôznych komoditách, ako sú odevy, automobilové diely, morské plody a ďalšie rýchlo sa kaziace výrobky [4].



Graf 3: Rast FTK prepravených spoločnosťami so sídlom v regióne Ázia-Pacifik

IV. ZÁVERY SO ZAMERANÍM NA POZÍCIU EURÓPY

Preprava leteckého nákladu nikdy nebola výlučne službou z letiska na letisko. Predstavuje skôr samostatnú súčasť dopravnej infraštruktúry, ktorá spája odosielateľa a príjemcu. Väčšina „leteckého nákladu“ z jedného letiska na druhé sa v Európe prepravuje na kamiónoch. Prevádzkujú ich letecké spoločnosti a väčšina tejto prepravy slúži na zabezpečenie diaľkových letov z centrálnych letísk. Autodoprava ponúka službu od dverí k dverám, ktorú samotná letecká preprava nemôže zabezpečiť. Európske letecké spoločnosti využívajú systém „truck flight“ – služby v oblasti nákladnej dopravy registrované pod číslom letu, aby rozšírili svoje siete a zvýšili flexibilitu pri logistike. Prevádzka diaľkových letov v spojení s použitím nákladných vozidiel zaznamenala v Európe v poslednom desaťročí vysoký nárast, ktorý tiež prispel k zníženiu rastu pravidelnej nákladnej leteckej dopravy [1]. Niektoré európske nízko nákladové letecké spoločnosti začali s prevozom nákladu v spodnej palube, čo pre ich obchodný model nie je veľmi typické [7].

VEĽKOSŤ TRHU

Trh s leteckou nákladnou dopravou v rámci Európy predstavuje približne 5,1% tonáže z celosvetovo prepraveného nákladu, ale iba 1,3 percenta svetových tonokilometroch [4]. Približne 70 percent všetkého leteckého nákladu smerujúceho do/z Európy prechádza jednou z krajín, medzi ktoré patrí Nemecko, Francúzsko, Spojené kráľovstvo, Holandsko, Belgicko alebo Luxembursko [1].

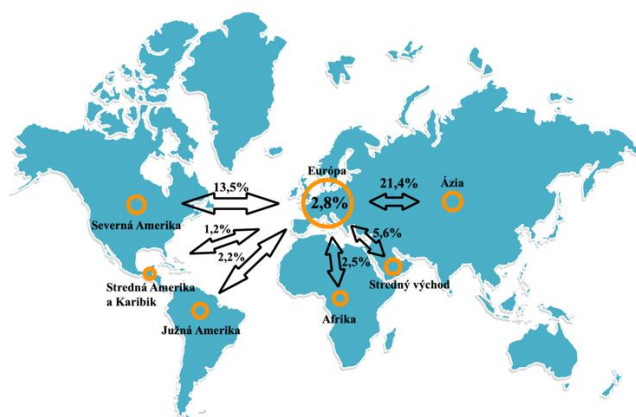
Trh sa po zotavení zo stagnácie v období rokov 2010 až 2013 zrýchlil. Z hľadiska prepravených tonokilometroch vzrástol objem dopravy v rámci Európy o 8,6 percenta v roku 2016 a o 9,7 percenta v roku 2017. Z hľadiska tonáže rástla preprava tovaru tiež rýchlo, o 8,6% v roku 2016 a o 7% v roku 2017 na 2,6 milióna ton. Tri hlavné zložky leteckej nákladnej dopravy v Európe – pravidelná preprava tovaru, pošta a expresná preprava – rástli rôznym tempom. Expresná preprava za posledných 20 rokov dosiahla priemerný rast o 5,7% ročne. Pravidelná preprava nákladu a poštových zásielok v tom istom období rástla pomalšie, iba o 0,3% ročne. Tá od roku 2000 do roku 2015 stagnovala, zatiaľ čo expresný segment mal podiel na takmer celom raste na vnútro-európskom trhu. Od roku 2015 však pravidelná preprava tovaru a pošty zaznamenala 7,6% rast v roku 2016 a 14% rast o rok neskôr. Expresná preprava naopak rástla od roku 2010 oveľa menej ako v prvej dekáde od roku 2000 (3,3% oproti 8,2%) [1].

Takmer celý rast trhu s leteckým nákladom v Európe za posledných 20 rokov je výsledkom rozšírenia integrovaných expresných služieb. Okrem geografickej dostupnosti, ktorou disponuje pozemná doprava, zjednodušila nákladnú dopravu v rámci Európy najmä Schengenská dohoda z júna 1990. Tým sa znížila potreba expresnej leteckej prepravy, v dôsledku čoho sa kamiónová doprava stala preferovaným spôsobom prepravy u väčšiny druhov nákladu a pošty. Orientácia smerom k cestnej a železničnej doprave spôsobila, že priemerný rast za posledných 10 rokov sa pohybuje iba niekde okolo 3 percent [4].

Európsky trh bol v roku 2019 zo všetkých regiónov najviac zasiahnutý, keď stratil viac ako 16% príjmov oproti roku 2018. Najväčší podiel na poklese malo Nemecko, kde sa nachádzajú až dve z desiatich najvýznamnejších letísk pre letecký náklad v Európe. Vývozu sa darilo viac ako dovozu. Rast tonokilometroch prepravených európskymi dopravcami v januári 2019 skĺzol do záporných čísel, pričom dosiahol hodnoty o 3,0% nižšie ako predchádzajúci rok. Je to prvýkrát od roku 2016, čo bola ročná miera rastu na európskom trhu záporná. Na zníženie výkonnosti mal vplyv hlavne pokles vývozných objednávok v Nemecku, ako aj pokles podnikateľskej dôvery v regióne. K týmto výsledkom po celý rok čiastočne prispievali aj pretrvávajúce nejasnosti v súvislosti s brexitom a obavy týkajúce sa napätia vo svetovom obchode [8].

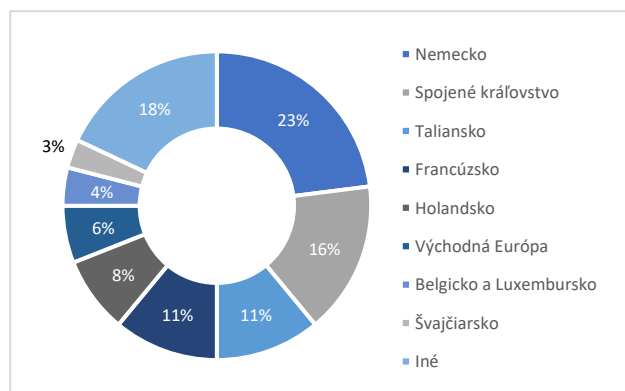
V januári 2020 boli európski dopravcovia jednými z najmenej výkonných, pričom zaznamenali medziročný pokles objemu medzinárodných FTK o 3,7%, čo oproti decembru znamenalo viac ako stonásobenie poklesu. Neustále rastúci vplyv koronavírusu v regióne však bude mať hlboký dopad na európske hospodárstvo aj výrobný sektor, čo sa určite prejaví aj v znížení objemu prepravených tonokilometroch. Dopady COVID-19 budú mať v roku 2020 negatívny vplyv na vývoj leteckej nákladnej dopravy vo všetkých kľúčových regiónoch vrátane

Európy. Trhy spojené s Áziou budú obzvlášť ovplyvnené, vrátane dvoch najväčších – Ázia-Európa a Ázia-Severná Amerika, ktoré spolu tvoria viac ako 40% medzinárodnej dopravy a v roku 2019 tvorili takmer 35% objemu celosvetových tonokilometrov (obrázok 1) [9].



Obrázok 1: Percentuálny podiel jednotlivých trás z/do Európy na objeme svetových FTK

V roku 2019 boli Spojené štáty najväčším partnerom pre vývoz tovaru do EÚ (18%) a druhým najväčším partnerom pre dovoz tovaru do EÚ (12%). Európska únia (s 27 členskými štátmi) bola druhým najväčším vývozcom tovaru na svete po Číne a druhým najväčším dovozcom po USA. Na piatom mieste sa z hľadiska dovozu po Číne a Japonsku umiestnilo Spojené kráľovstvo [10]. Z hľadiska jednotlivých krajín majú na nákladnej leteckej doprave medzi Severnou Amerikou a Európou podiel najmä Nemecko, Spojené kráľovstvo, Taliansko a Francúzsko, ktoré zodpovedajú za takmer dve tretiny celkového transatlantického obchodu (graf 4), pričom USA na druhej strane tvorí 92% [4].



Graf 4: Podiel krajín na leteckej preprave tovaru medzi Európou a Severnou Amerikou

AKTUÁLNA SITUÁCIA

Hranice v rámci Schengenského priestoru a medzi Európskou úniou a zvyškom sveta zostali od polovice marca 2020 čiastočne alebo úplne zatvorené. Prevoz tovaru bol však v čase písania tejto bakalárskej práce od týchto obmedzení oslobodený, aby nedošlo k narušeniu dodávateľských reťazcov. Nepretržité služby leteckej nákladnej dopravy zohrávajú významnú úlohu v

boji proti koronavírusu a globálne dodávateľské reťazce tiež závisia od ich bezproblémovej prevádzky. Leteckí dopravcovia by mali byť schopní nepretržite dodávať dôležité výrobky ako sú potraviny, zdravotnícke potreby, ochranné pomôcky a ďalšie produkty, ktoré sú životne dôležité pre fungovanie citlivých dodávateľských reťazcov [11].

Niektoré prijaté opatrenia však majú priamy vplyv na prepravné kapacity, sadzby, rýchlosť spracovania a dodaciu lehotu. Využitie komerčných letov na prevoz nákladu v spodnej palube u väčšiny európskych spoločností nebolo naďalej možné kvôli uzemneniu flotíl, čím sa výrazne znížila kapacita na významných trasách. Zdravotné a cestovné obmedzenia sa však vzťahujú aj na zamestnancov colných úradov, čo môže mať za následok oneskorenie pri colnom odbavení tovaru.

Ku koncu marca 2020 nákladná doprava v Európe pokračovala aj napriek uzemneniu väčšiny lietadiel. Keďže väčšina národných dopravcov zrušila svoje linky, nákladná letecká doprava čelila značným kapacitným obmedzeniam na všetkých hlavných trasách. Zvýšené preťaženie a presmerovanie nákladu cez európske letiská ovplyvňovali celkový čas spracovania a prepravy zásielok. Niektorí komerční dopravcovia ponúkli prenájom svojich flotíl na preťažených trhoch (napr. z Európy do USA), čo by malo napomôcť k zmierneniu dopadov koronavírusu na nákladnú leteckú dopravu v regióne [12].

Ekonomická aktivita meraná pomocou HDP a priemyselná aktivita zostanú hlavnými hnacími motormi pre rast leteckej nákladnej dopravy na európskom trhu. Z dlhodobého hľadiska mal HDP podľa predpovedí z roku 2018 priemerne dosahovať ročný rast o 1,8%. Predpokladaný rast nákladnej leteckej dopravy v Európe sa podľa daných hodnôt mal pohybovať medzi 1,7 až 3 percentami [4]. K aprílu 2020 je však očakávaný pokles svetovej hospodárskej aktivity o 1,9%, pričom v Eurozóne je očakávaný až 4,2% pokles a v Spojenom kráľovstve má HDP klesnúť o 3,9% [13].

V. ZÁVER

Letecká doprava zohráva významnú úlohu v hospodárskom rozvoji krajín. Umožňuje globálny obchod, ktorý podnecuje hospodársky rast. Prosperita, ktorú globalizácia vytvára a ku ktorej prispieva letecká doprava, je však veľmi závislá od hraníc, ktoré musia zostať pre obchod otvorené. Niektoré štúdie dokazujú pozitívny vzťah medzi komerčným letectvom a regionálnym rozvojom, vďaka čomu je letecká doprava pre hospodárstvo krajiny kľúčová.

Pre vnútrozemské krajiny je letecké spojenie obzvlášť dôležité, a to najmä pre také, ktoré sa rozprestierajú na veľkom území a nemajú prístup k medzinárodným vodám. Podobne aj iné výskumy ukázali, že medzinárodný obchod je vo vnútrozemských krajinách drahší a zložitejší ako v pobrežných krajinách, pričom je závislý od susedných krajín a ich regulačných systémov, dopravnej infraštruktúry a hraničných postupov.

Cieľom bakalárskej práce bolo analyzovať jednotlivé trhy s leteckou nákladnou dopravou vo svete a vo vybraných regiónoch. Práca ponúka sprievodcu aktuálnymi informáciami o problematike leteckej nákladnej dopravy, s kapitolami venovanými kľúčovým otázkam ako sú charakteristiky trhu,

súčasných trendy, najdôležitejší dopravníci či najnovšie prognózy odvetvia. Táto práca môže byť prínosom pri hľadaní informácií o nákladnej leteckej doprave, nakoľko existuje veľmi málo publikácií zameraných práve na tento sektor leteckej dopravy.

Práca poukazuje aj na fakt, že pandémie spôsobená šírením koronavírusu ovplyvnila a v čase písania tejto práce stále ovplyvňuje všetky oblasti, vrátane nákladnej leteckej dopravy. V tomto období zatvorených hraníc sa letecká doprava stala nenahraditeľnou súčasťou každodenného života, najmä pri zásobovaní krajín ochrannými pomôckami. Začínajúca hospodárska kríza preverí aj tento segment dopravy a ukáže jeho potenciál.

REFERENCIE

- [1] MORRELL, P. S. – KLEIN, T. *Moving Boxes by Air: The Economics of International Air Cargo*. Burlington, VT: Routledge, Taylor & Francis Group, 2019. 535 s. ISBN: 978-1-315-18063-2.
- [2] INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. *Annual Review 2019*. [online]. 2019. 30 s. [cit. 08.01.2020]. Dostupné na: <https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2019.pdf>.
- [3] INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. *Air Freight Market Analysis - December 2019*. [online]. 2020. 4 s. [cit. 06.02.2020]. Dostupné na: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-freight-monthly-analysis---dec-2019/>.
- [4] THE BOEING COMPANY. *World Air Cargo Forecast*. [online]. 2018. 85 s. [cit. 11.10.2019]. Dostupné na: https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/about-our-market/cargo-market-detail-wacf/download-report/assets/pdfs/2018_WACF.pdf.
- [5] INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. *WATS - World Air Transport Statistics 2019*. [online]. 2019. 40 s. [cit. 20.11.2019]. Dostupné na: <https://www.iata.org/contentassets/a686ff624550453e8bf0c9b3f7f0ab26/wats-2019-mediakit.pdf>. ISBN 978-92-9229-968-2.
- [6] INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. *Air Freight Market Analysis - July 2019*. [online]. 2019. 4 s. [cit. 10.10.2019]. Dostupné na: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-freight-monthly-analysis---jul-2019/>.
- [7] TOMOVÁ, A. – MATERNA, M. *The Directions of On-going Air Carriers' Hybridization: Towards Peerless Business Models?*. [online]. 2017. 5 s. [cit. 15.04.2020]. Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817326449>. ISSN: 1877-7058.
- [8] INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. *Air Freight Market Analysis - January 2019*. [online]. 2019. 4 s. [cit. 10.10.2019]. Dostupné na: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-freight-monthly-analysis---jan-2019/>.
- [9] INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. *Air Freight Market Analysis - January 2020*. [online]. 2020. 4 s. [cit. 11.03.2020]. Dostupné na: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-freight-monthly-analysis---jan-2020/>.
- [10] EUROSTAT. *USA-EU - international trade in goods statistics - Statistics Explained*. [online]. 2020. [cit. 29.03.2020]. Dostupné na: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=USA-EU_-_international_trade_in_goods_statistics. ISSN: 2443-8219.
- [11] EUROPEAN COMMISSION. *European Commission Guidelines: Facilitating Air Cargo Operations during COVID-19 outbreak*. [online]. 2020. 5 s. [cit. 02.04.2020]. Dostupné na: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/legislation/c20202010_en.pdf.
- [12] KUEHNE + NAGEL. *Kuehne + Nagel: Updates on coronavirus*. [online]. 2020. [cit. 02.04.2020]. Dostupné na: https://www.kn-portal.com/updates_on_coronavirus.
- [13] COULTON, Brian. *Deep Global Recession in 2020 as Coronavirus Crisis Escalates*. [online]. 2020. [cit. 14.04.2020]. Dostupné na: www.fitratings.com/research/sovereigns/deep-global-recession-in-2020-as-coronavirus-crisis-escalates-02-04-2020.
- [14] TOMOVÁ, A. 2016. *Are commercial revenues important to today's European air navigation service providers?* *Journal of Air Transport Management* 54, pages 80-87
- [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] 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.
- [17] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & ŠVECOVÁ, D. 2018. *The Regional Airports' Problems in the Slovak Republic: The Case Study of Zilina Airport*. *MATEC Web of Conferences* 236, 02001
- [18] TOMOVÁ, A., HAVEL, K. 2015. *Ekonomika poskytovateľov leteckých navigačných služieb*. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2015. - 154 s. ISBN 978-80-554-1153-8.
- [19] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A., KURDEL, P. & MREKAJ, B. 2018. *Synthesis criterion of ergatic base complex with focus on its reliability*. *INFORMATICS 2017 - Proceedings*, pages. 318-321.
- [20] KOVÁČIK, L., NOVÁK, A. 2019 : *Comparison of aerial application vs. ground application [electronic]* In: *LOGI 2019 - Horizons of Autonomous Mobility in Europe [electronic]*. - 1. vyd. - Amsterdam: Elsevier, 2020. - s. 264-270 [online].

Gréta Mária Hajduková – narodená v Košiciach absolvovala v roku 2017 Gymnázium sv. košických mučeníkov v Košiciach, následne od roku 2017 študovala na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava. Počas letných sezón 2018 a 2019 pracovala v informačnom a turistickom bode na letisku Košice.

PROGRESÍVNE RIEŠENIA OVLÁDANIA ROZVODOVÝCH MECHANIZMOV PRE LETECKÉ PIESTOVÉ MOTORY

PROGRESSIVE SOLUTIONS OF CONTROL TIMING MECHANISMS FOR AIRCRAFT PISTON ENGINES

Tomáš Horák

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
tomas.horak08@gmail.com

Jozef Čerňan

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

Abstract – *The timing mechanism and its control represents the major part of this final thesis. In line with the latest requirements, efforts to discover a new solution that could improve certain parameters of the piston engines might have been marked as the main motivation behind the thesis. The initial part describes the actual piston engine, its operation principles and gradually follows to the timing mechanism. In this way, the reader acquires the knowledge necessary for a better understanding of the following chapters. We have described and compared individual options for controlling the timing mechanisms, which could be found in today's piston engine. The main idea of this thesis was to analyse the progressive solutions of the control timing mechanisms. Further to that we analyse some specific solutions regarding operation and design, which could be potentially implemented in the aviation industry. Concluding part of the thesis includes, besides others, a pros & cons analysis of the system. Following that we also expressed our idea of how this system could be employed in the aircraft engines. On the one hand, we introduced a positive impact of such implication, but on the other hand, we identified a space for potential improvement.*

Key words – piston engine, cam, camshaft, timing mechanism, valves, valvetrain, OHC, variable valve control, variable valve timing, variable valve, lift, FreeValve.

I. ÚVOD

Navrhnuť kvalitný a spoľahlivý motor s vysokou životnosťou je pomerne náročná úloha, s ktorou sa konštruktéri musia vysporiadať. Ešte väčšou výzvou je, keď sa súčasťou návrhu stane zoznam kritérií, ktoré sa pretavia do naozaj skvelej práce a výsledkom sa stane motor s lepšou optimalizáciou. Naplniť takúto výzvu je určite náročné najmä pre konštruktérov v dnešnej dobe, keďže čoraz prísnejšie emisné normy ohraničujú ich možnosti. Brať životné prostredie na ľahkú váhu určite nie je správne riešenie, čo samozrejme vedie k nemalej adaptácii aj vo svete motorov. Na druhú stranu však vznikajú nové príležitosti vo vývoji motorov, ktoré v prípade ich uchytenia sa na trhu, môžu znamenať značný úspech.

Práve tieto príležitosti ma motivovali k výberu mojej bakalárskej práce. Progresívne riešenia v oblasti ovládania rozvodov predstavujú značné výhody, a preto považujem znalosť týchto riešení za dôležitú. Hlavným cieľom bakalárskej práce je teda snaha dostať jednotlivé riešenia do povedomia čitateľa. Okrem toho sa snažím jednoduchým spôsobom popísať ako tieto alternatívy fungujú. Zároveň je mojim cieľom ukázať, ako samotný piestový motor vyzerá a funguje. V jednotlivých kapitolách sa snažím problematiku priblížiť, tak aby ju čitateľ mohol pochopiť a postupne sa prepracovať od konštrukcie až k samotným moderným riešeniam ovládania rozvodov.

Väčšiu pozornosť v práci venujem práve moderným riešeniam, pretože si myslím, že by ich širšia implementácia v piestových motoroch bola lepším riešením. Plne si však uvedomujem, že vzhľadom na pestrý dopyt na trhu, nie je takáto implementácia možná v celom rozsahu. Pokiaľ však existuje príležitosť na trhu, ktorá teoreticky umožňuje efektívnejšie riešenie, potom je vhodné toto riešenie aj využiť.

II. METODIKA A METODOLÓGIA

Vypracovanie práce nie je možné bez stanovených cieľov. Našou snahou teda bolo počas práce jednotlivé ciele naplniť, čo znamená, že je dobré si ich najskôr v tejto časti zhrnúť. Okrem cieľov spomenieme aj metódy práce, ktoré sme počas práce použili.

CIELE PRÁCE

Hlavný cieľ bakalárskej práce predstavuje progresívne riešenia ovládania rozvodov, tak ako to už vyplýva z názvu. Naše úsilie spočíva v zoznamení čitateľa s problematikou v oblasti rozvodov a ich možnosti ovládania. Súčasťou cieľa je analýza konkrétnych alternatív a ich teoretická aplikácia do leteckého priemyslu.

Okrem hlavného cieľa môžeme spomenúť aj vedľajšie ciele, ktoré sme sa pokúsili v práci naplniť. Jedným z nich je aj priblíženie problematiky čitateľom, tak aby pochopili od úplného základu, čo ovládanie rozvodov predstavuje. Tieto ciele zahŕňajú charakteristiku piestového motora, rozvodový mechanizmus a jednotlivé typy rozvodov. Cieľom je aj grafická interpretácia

problematiky, tak aby si čitateľ mohol jasne predstaviť, o čom je konkrétny výklad.

METÓDY PRÁCE

V bakalárskej práci je použitých niekoľko metód, pomocou ktorých sme spracovali danú problematiku.

Charakteristika sa týka najmä úvodných kapitol. Snažíme sa charakterizovať piestový motor, jeho časti a princíp jeho činnosti, no ako metóda na popísanie témy je použitá aj v ďalších kapitolách.

S **metódou porovnania** sa môže čitateľ stretnúť v kapitole o rozvodovom mechanizme, kde sú porovnané jednotlivé možnosti ovládania rozvodov, ktoré počas vývoja vznikli. Porovnanie je tiež použité aj v kapitole o ventilovom rozvode, kde sú porovnané jednotlivé alternatívy tohto rozvodu a rovnako tak v kapitole o variabilnom ovládaní ventilov, kde sú spomenuté dve najčastejšie používané podoby variability.

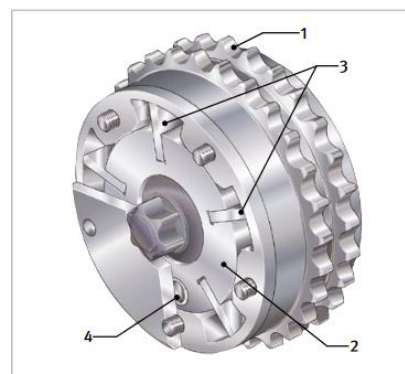
Analýza problematiky je použitá v posledných dvoch kapitolách, ktoré sú rozobraté na menšie celky s cieľom priblíženia sa, ako spomenuté systémy fungujú.

III. VARIABILNÉ ČASOVANIE VENTILOV

Ako už bolo v úvode spomenuté, väčšiu pozornosť v práci venujeme práve posledným dvom kapitolám. Prvá z nich predstavuje variabilné ovládanie ventilov. Jedna z možností variabilného ovládania ventilu je variabilné časovanie ventilu. Túto možnosť vieme dosiahnuť pootočením (fázovaním) vačkového hriadeľa voči kľukovému hriadeľu. Zmení sa tak okamih otvorenia ako aj zatvorenia ventilu, avšak zdvih a celková doba otvorenia ventilu ostane nezmenené. Pootočenie vačkového hriadeľa je možné pomocou variátora. Variátory (inak aj prestavovače, alebo fázovače) sú zariadenia, ktoré sa navzájom konštrukčne líšia, no ich funkcia ostáva rovnaká. [1, 2]

VARIÁTOR S LOPATKOVÝMI BUNKAMI

Takýto variátor je tvorený statorom, rotorom a lopatkami. Stator je spojený s kľukovým hriadeľom napr. pomocou rozvodovej reťaze. Pomocou centrálnej skrutky je zas variátor spojený s vačkovým hriadeľom. V statore je uložený otáčavý rotor. Na rotor sú pripevnené lopatky ktoré zasahujú do komôr statora. Tieto komory sa podľa potreby prestavenia vačkového hriadeľa naplňujú olejom a následne tlak oleja spôsobí pootočenie vačkového hriadeľa. Vzhľadom na okamžité fázovanie je nutné, aby tlak oleja bol dostatočne veľký. Dôležitou súčasťou variátora je jeho hydraulický zaisťovací prvok, ktorý zaisť, aby rotor samovoľne nespôsobil fázovanie. [1]



1 Stator
2 Rotor
3 „Lopatky“
4 Zaisťovací prvok

Obrázok 7: Variátor s lopatkovými bunkami [1]

VARIÁTOR S OTOČNÝMI LOPATKAMI

Aj táto konštrukcia pozostáva zo statora a rotora. Lopatky sú však v tomto prípade súčasťou rotora, ako jedného celku. Funkcia variátora sa však nemení. [1]



Obrázok 8: Variátor s lopatkovými bunkami [1]

Pootočením vačkového hriadeľa je možné otváranie resp. zatváranie ventilov skôr alebo neskôr za účelom optimalizácie spaľovania v určitých otáčkach. Môže ísť o fázovanie vačkového hriadeľa na strane nasávania, na strane výfuku, alebo môže ísť o aj o kombináciu oboch. [1]

NESKORÉ UZAVRETIE SACIEHO VENTILU

Potom, ako piest dosiahne dolnú úvrat' a začne sa pohybovať smerom k hornej úvrat', nastáva kompresia. Zvyčajne je sací ventil už dávno zatvorený, tak aby došlo vo valci k nárastu tlaku. Ak sa však posunie časovanie a sací ventil ostane otvorený aj počas kompresného zdvihu, časť zmesi vzduchu a paliva sa dostane späť do sacieho potrubia. To spôsobí, že sa znížia hydraulické straty, pretože táto zmes sa stane súčasťou nasledujúceho nasávania. Okrem toho je možná aj regulácia množstva zmesi paliva a vzduchu vo valci, čo vedie k nižšej spotrebe, k nižším teplotám počas spaľovania, a teda aj k nižším (NOx) emisiám. [2]

SKORÉ UZAVRETIE SACIEHO VENTILU

Uzavrieť sací ventil skôr je vhodné v prípade, že motor pracuje na voľnobežných alebo nízkych otáčkach, čo znamená, že

na svoju činnosť nepotrebuje veľké množstvo zmesi. Tým sa znížia hydraulické straty, pretože piest nie je nútený nasávať viac zmesi a zníži sa tým aj samotná spotreba. [2]

SKORÉ OTVORENIE SACIEHO VENTILU

Zvyčajne sa sací ventil otvára na začiatku nasávania, kedy sa piest pohybuje smerom k dolnej úvrati. Zmenou časovania sa sací ventil otvorí skôr, ešte počas výfuku. Výfukové plyny unikajú nielen do výfuku cez výfukový ventil, ale aj do sacieho potrubia a pri nasávaní sa dostanú späť do valca. Opäť je možné regulovať množstvo zmesi vo valci, čo znamená nižšie teploty počas spaľovania, nižšie (NOx) emisie a tiež nižšia spotreba. [2]

SKORÉ ZATVORENIE VÝFUKOVÉHO VENTILU

Počas výfuku sa piest posúva smerom k hornej úvrati, a tým vytlačí z valca výfukové plyny. Ak sa však výfukový ventil zatvorí skôr než zvyčajne, časť výfukových plynov ostane vo valci. Počas nasávania sa teda do valca nasaje menej zmesi. Opäť sa tým zníži teplota spaľovania, zároveň (NOx) emisie a aj spotreba. [2]

NESKORÉ ZATVORENIE VÝFUKOVÉHO VENTILU

Naopak, zatvoriť výfukový ventil neskôr umožní, že sa z valca dostanú všetky výfukové plyny. Je teda možné viac naplniť valec novou zmesou, a teda dosiahnuť vyšší výkon. [2]

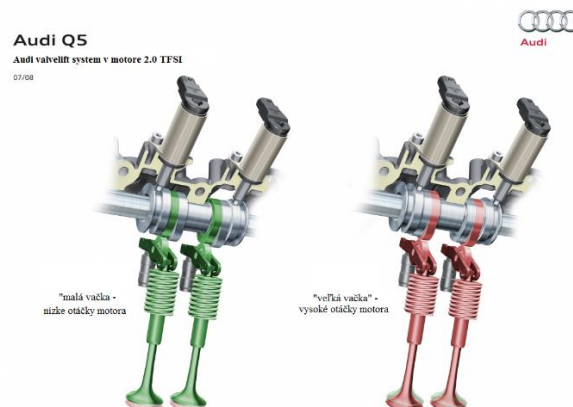
IV. VARIABILNÝ ZDVIH VENTILU

Ďalšia možnosť variabilného ovládania je variabilný zdvih ventilu (Variable Valve Lift – VVL). VVL sa dosahuje pomocou dvoch druhov vačiek rôznych tvarov pre každý ventil. To znamená, že dvom rôznym vačkám prislúchajú aj dva rôzne zdvihy ventilov. Tak ako VVT, tak aj VVL je možné použiť na strane nasávania aj na strane výfuku, poprípade môže ísť aj o kombináciu oboch. Variabilita v tomto prípade nezahŕňa len samotný zdvih, ale aj celkovú dobu otvorenia ventilu, ktorú je možné doceliť opäť tvarom vačky. [2]

Ak je VVL použitý na strane nasávania, potom je možné podľa otáčok regulovať zdvih sacích ventilov. Ak je sací ventil ovládaný vačkou s nižším zdvihom, potom je doba otvorenia kratšia a zdvih ventilu je menší. To umožňuje nasáť menšie množstvo zmesi, čo môže byť výhodné pokiaľ nie je potrebný výkon, napr. keď motor pracuje na voľnobežných alebo nízkych otáčkach. Týmto spôsobom sa znižuje aj spotreba. Pri vysokých otáčkach, keď je výkon žiadaný, začne byť sací ventil ovládaný vačkou s vyšším zdvihom. Vačka s vyšším zdvihom umožní dlhšiu dobu otvorenia sacieho ventilu a zároveň poskytuje aj vyšší zdvih. To spôsobí, že sa do valca dostane oveľa viac zmesi, a tak je možné dosiahnuť vyšší výkon. [3]

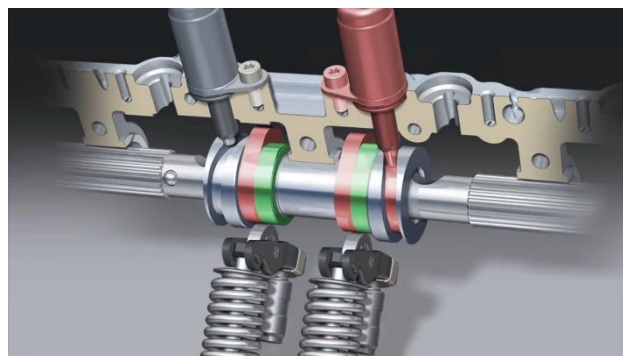
Dva druhy vačiek možno umiestniť aj na stranu výfuku. Vačka s nižším zdvihom umožní výfukovému ventilu, aby bol dostatočne dlho otvorený, kým sa výfukové plyny dostanú von z valca. To isté možno povedať aj o vačke s vyšším zdvihom, avšak jej tvar je prispôbený vysokým otáčkam. Ak je motor preplňovaný, do valca sa dostáva väčšie množstvo zmesi, a rovnako po spálení vzniká aj väčšie množstvo spalín, ktoré efektívne odchádzajú von z valca, vďaka vačke s vyšším zdvihom

a dlhšou dobou otvorenia. Dokonalé vyprázdnenie valca je vo vysokých otáčkach žiadané, pretože je potrebné aby sa valec naplnil zmesou čo najlepšie a dosiahol tak vysoký výkon. [2]



Obrázok 9: Audi Valve Lift – regulácia zdvihu v 2 stupňoch [3]

Prechod z vačky na vačku zaisťuje dvojica elektromagnetických hydraulických ventilov. Elektrický signál prijatý od riadiacej jednotky uvoľní tlak oleja, ktorý zatlačí hrot ventilu. Vysunutý hrot prechádza kanálom puzdra, puzdro sa spolu s vačkami posunie, a tak dôjde k zmene vačky. Rovnakým spôsobom posúva sústavu naspäť druhý elektromagnetický ventil. [2]



Obrázok 10: Elektromagnetický ventil v činnosti na strane výfuku [3]

V. FREEVALVE TECHNOLÓGIA

Technológia FreeValve predstavuje systém nezávislého ovládania sacích aj výfukových ventilov. Pre lepšie porozumenie je možno technológiu označiť aj ako plne variabilné ovládanie ventilov. Vzhľadom na to, že piestový motor pracuje v rôznych pracovných režimoch, ktoré možno charakterizovať napr. otáčkami, je teda zrejme, že motor podlieha rôznemu zaťaženiu. Spomínaná technológia však umožňuje správne načasovať dobu nasávania ako aj dobu správneho výplachu valca od spalín, a to nezávisle pre akékoľvek zaťaženie pomocou technológie umelej inteligencie. Systém sa teda rozhoduje pre správne načasovanie podľa režimu a aktuálnej práce motora. [4]

Myšlienka autonómneho ovládania ventilov nie je však vo svete motorov ničím novým a pre konštruktérov je všeobecne známa a môžeme povedať, že je určite zaujímavá, pretože na

pohon ventilov nepotrebuje vačkový hriadeľ, ani náhon od kľukového hriadeľa. Jej nezávislosť teda spočíva v riadení ventilov bez ohľadu na polohu kľukového hriadeľa. Existuje viacero výrobcov, či konštruktérov, ktorí sa pokúšali túto myšlienku premeniť na skutočnosť, ale bohužiaľ neúspešne, pretože sa stretli s konštrukčnými problémami a vyššími nákladmi, čo nakoniec viedlo k ukončeniu celého programu a nikdy nedošlo k sériovej výrobe. [4, 5]

Za technológiou FreeValve stojí švédská spoločnosť Koenigsegg, ktorá systém vyvíja za účelom jej využitia vo svojom automobilovom priemysle. Odlišnosť od predošlých konkurenčných pokusov o vytvorenie tohto systému nachádzame predovšetkým v pohone ventilov, kde konkurencia vsadila na elektro-magnetický alebo elektro-hydraulický pohon ventilov, pričom FreeValve pracuje na princípe elektro-hydraulického pneumatického pohonu. [4]

Ako už bolo spomenuté, motor s FreeValve technológiou nepotrebuje na pohon ventilov ani náhon od kľukového hriadeľa, ani samotný vačkový hriadeľ. Hlava valcov je značne zredukovaná a dostáva úplne nový tvar. Okrem vačkového hriadeľa je možné vďaka FreeValve odstrániť aj ďalšie podstatné časti v motore, pretože nie sú v tomto prípade potrebné. Hovoríme napr. o škrtiacej klapke, pohone vačky a ďalších častí, ktoré zabezpečujú prenos sily od kľukového hriadeľa alebo aj systém priameho vstrekovania. Všetky vyššie vymenované časti, ktoré v prípade dnešných „konvenčných“ motorov majú dôležitú funkciu a sú nevyhnutnou súčasťou, sú v prípade FreeValve nahradené umelou inteligenciou resp. inteligentným počítačom, ktorý plní viacero funkcií. Dochádza teda k zjednodušeniu celého motora. [6]

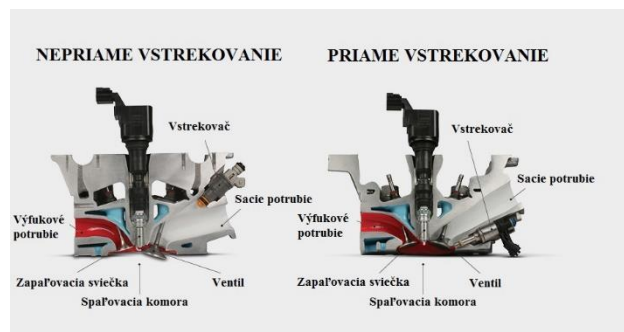


Obrázok 11: Porovnanie klasickej hlavy DOHC (vpredu) s hlavou valcov s technológiou FreeValve (vzadu) [7]

Podľa slov Christiana von Koenigsegga, zakladateľa a výkonného riaditeľa spoločnosti Koenigsegg Automotive, nie je nutnosť použiť v motore systém priameho vstrekovania. Prípravu a dodávku paliva do spaľovacej komory zabezpečuje buď karburátor, alebo vstrekovače, pričom môže ísť o priame alebo nepriame vstrekovanie. Pri konvenčných zážihových motoroch má priame vstrekovanie viacero výhod oproti nepriamemu vstrekovaniu. Ponúka vyšší výkon motora a nižšiu spotrebu, vďaka presnému dávkovaniu paliva a jeho kvalitnému rozprášeniu priamo vo valci. Nevýhodou priameho vstrekovania

je nižšia spoľahlivosť, náročnejšia konštrukcia, vyššia cena a podľa Ch. Koenigsegga aj vyššia produkcia pevných častíc, ktoré sa dostávajú do ovzdušia. [8, 9, 10]

Fakt, že priame vstrekovanie spôsobuje vyššie emisie, je jedným z dôvodov, prečo sa nakoniec rozhodli použiť nepriame vstrekovanie v kombinácii s technológiou FreeValve. Systém nepriameho vstrekovania vstrekuje palivo do sacieho potrubia alebo priamo pred sací ventil, kde dochádza k tvorbe zmesi. Výhodou tohto systému je, že je lacnejší než priame vstrekovanie, produkuje menej emisií a má čistejšie spaľovanie vďaka FreeValve. Podľa slov Ch. Koenigsegga teda nie je naozaj nutné siahnuť po priamom vstrekovaní, no nie je ani vylúčené ho použiť. [10, 11]



Obrázok 12: Porovnanie nepriameho a priameho vstrekovania [12]

FREEVALVE KOMPONENTY

Aj keď FreeValve nepracuje na báze vačkového hriadeľa, ventily ostali súčasťou aj tejto koncepcie. Ich tvar, veľkosť alebo počet nie sú v tomto prípade nijak podstatné, keďže ide o koncepciu ako takú a nie o konkrétny motor.

Pneumatické pružiny: Každý ventil má vlastnú „pružinu“. Ide o pneumatické pružiny s nastaviteľnou tuhosťou. Nastaviteľná tuhosť umožňuje regulovať čas otvorenia a zatvorenia ventilu za účelom ideálneho nasatia zmesi alebo výplachu valca od spalín. Potrebný tlak pre nastavenie tuhosti pružiny zabezpečuje vzduchový kompresor. [7, 13]

Snímače polohy: Vzhľadom na potrebnú presnosť polohy ventilu, je medzi ventilom a jeho pružinou umiestnený snímač polohy. Pokročilá technológia snímania polohy poskytuje počítaču spätnú väzbu, tak aby bola dosiahnutá čo najväčšia efektívna účinnosť. [13]



Obrázok 13: Vizualizácia ventilu, pružiny a aktuátora [4]

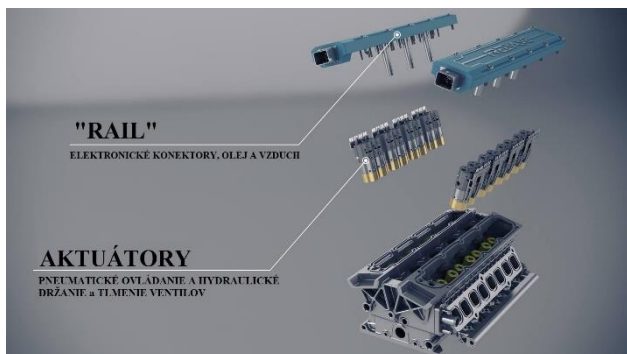
Aktuátory: Aktuátory sú zariadenia, ktoré slúžia na pohon ventilov, teda zabezpečujú aby sa ventily otvorili aj zatvorili. Principiálne teda nahrádzajú vačkový hriadeľ. Vzhľadom na fakt, že rozlišujeme ventily sacie a výfukové, je teda možné rozdeliť aj samotné aktuátory. Ide teda o aktuátory na strane nasávania a na strane výfuku. [7]

Technicky sú aktuátory označené ako aktuátory s elektro-hydraulickým pneumatickým pohonom. Už z označenia vyplýva, že na svoju činnosť potrebujú ďalšie pomocné komponenty, medzi ktoré patrí:

- olejový chladič
- olejové čerpadlo
- vzduchový kompresor
- koncový ovládací systém [4, 7]

Rovnako, otváranie ako aj zatváranie ventilov, či už sacích alebo výfukových, zabezpečujú aktuátory pneumaticky, teda pomocou stlačeného vzduchu. Hydraulika v systéme zabezpečí, aby ventil ostal otvorený v istej želanej polohe. [14]

„Rail“: Z vrchnej časti sú aktuátory zakryté špeciálnym zariadením s označením „Rail“. Rail je možné rozdeliť celkovo do troch vrstiev. V najspodnejšej vrstve preteká vzduch a olej, každý osobitne vo vlastnom kanále. Vzduch aj olej sú potrebné na pohon ventilov pomocou aktuátorov. Nad touto vrstvou je možné nájsť elektroniku a konektory. Táto časť je dôležitá z toho hľadiska, že predstavuje už spomínanú umelú inteligenciu resp. jej prepojenie s mechanickými časťami hlavy, ktorá stojí za fungovaním celého systému. Riadiaca jednotka správne naladí ovládanie motora. [13, 15]



Obrázok 14: Rad aktuátorov a spomínaný „Rail“ [4]

VÝHODY

Technológia FreeValve prináša množstvo výhod, ktoré v súčasnej dobe výrazne ovplyvňujú nielen automobilový priemysel, ale aj ten letecký. Mnohé z nižšie spomenutých výhod sa tak stali, alebo môžu stať, kritériami pri výrobe a navrhovaní nových piestových motorov.

Konštruktéri piestových motorov zvyčajne hľadajú kompromis medzi výkonom a spotrebou. Samozrejme do hry prichádzajú aj iné faktory, ako je životnosť motora, avšak tento faktor je možné považovať za spoločný u všetkých konštruktérov. Vzhľadom na životné prostredie a prísne normy sú konštruktéri nútení prihliadať v dnešnej dobe aj na samotné emisie.

Plne variabilné ovládanie ventilov tak v sebe spája to, čo konštruktéri hľadajú už niekoľko rokov. Freevalve teda

prináša **zniženie emisií** aj **zniženie spotreby paliva**, čo sú v dnešnej dobe žiadané faktory. Okrem týchto faktorov ponúka **vyšší výkon** aj pri rovnakom objeme alebo **celkové zníženie hmotnosti motora**. Zredukovaním viacerých častí došlo k zjednodušeniu celého systému a **zniženiu rozmerov hlavy valcov**. Hlava je kratšia, v dôsledku chýbajúceho náhonu od kľukového hriadeľa, zároveň nižšia keďže chýba vačkový hriadeľ a aj užšia. [10, 13]

Ďalšou zaujímavou výhodou tohto systému je možnosť ovládania každého ventilu osobitne a nezávisle na ostatných ventiloch. Je teda možné nechať ventily zatvorené, otvorené alebo v určitej polohe a to v akomkoľvek čase na rôzne dlhú dobu. Technológia teda umožňuje aj vypnutie valcov. [10]

V prípade turbodúchadlom preplňovaných motorov nie je nutná prítomnosť obtokového ventilu turbodúchadla. Obtokový ventil totiž slúži na odvádzanie výfukových plynov od turbíny turbodúchadla. Odvádzaním výfukových plynov je potrebné kvôli regulácii otáčok a plniaceho tlaku, aby nedošlo k poškodeniu turbodúchadla alebo samotného motora. Túto funkciu nahrádzajú výfukové porty. Vďaka FreeValve je totiž možné regulovať výfukové plyny tak, aby časť bola odklonená do výfuku a potrebná časť prechádzala turbodúchadlom a roztáčala ho na správne otáčky. Požiadavka na zmenu tlaku v turbodúchadle spôsobí, že sa väčšie resp. menšie množstvo výfukových plynov odkloní od turbíny a prejde priamo do výfuku. [10, 16]

MOŽNÉ NEVÝHODY

Vzhľadom na fakt, že technológia nie je ešte rozšírená a neprešlo sa ani k sériovej výrobe, nie je presne možné identifikovať a popísať nevýhody systému. Je možné len predpokladať, čo by mohlo byť teoreticky problematické, pretože žiaden motor v praxi ešte nebol testovaný zákazníkmi.

I napriek tomu, že je motor ešte stále vo fáze vývoja, je možné, že sa v budúcnosti môže kaziť, pretože ide o novú neodskúšanú technológiu. Príkladom môže byť zlyhanie dôležitých aktuátorov, ktoré poháňajú jednotlivé ventily. Životnosť aktuátorov nie je zatiaľ stanovená, a tak nevieme ani zhodnotiť, či pôjde o spotrebný diel alebo nie. Zlyhanie môže mať za následok, že motor bude pracovať v obmedzenom režime, v horšom prípade nebude pracovať vôbec alebo dôjde k jeho poškodeniu. Cena dielov vrátane aktuátorov bude na začiatku pravdepodobne vyššia, keďže momentálne neexistuje viacero výrobcov, ktorí ich ponúkajú, no časom, keď sa konkurencia obohatí a technológia rozšíri, je možné, že cena klesne.

Poruchovosť systému, či už jednotlivých mechanických dielov, alebo riadiacej jednotky môže spôsobiť väčšie problémy, najmä pokiaľ ide o letectvo. V prípade vývoja a výroby leteckých motorov je dôležité, aby agregát bol dostatočne spoľahlivý a tým pádom let bezpečný. Ak by aj bola splnená podmienka, že je poruchovosť minimálna, je dôležité aby motor pracoval spoľahlivo ďalej aj v prípade, že nastane akýkoľvek problém v systéme. Z tohto dôvodu sa v letectve používa zálohovanie.

Riadenie celého systému má na starosti riadiaca jednotka. Počas prevádzky motora môže nastať situácia, kedy riadiaca jednotka prestane pracovať. Môže ísť napr. o dočasnú chybu, kedy na vyriešenie problému stačí jednoduchý reset alebo

môže ísť o fatálne zlyhanie napr. vplyvom prehriatia alebo skratovania. V oboch prípadoch však nastane situácia, kedy motor pravdepodobne prestane pracovať. Riešením takýchto problémov môže byť záložná riadiaca jednotka resp. jednotky, ktoré budú navzájom prepojené. Tým sa docieli, že riadiaca jednotka bude kontrolovať samu seba, či funguje správne a v prípade zlyhania preberie riadenie záložný systém.

Aj u snímačov polohy môže nastať ich zlyhanie, tým pádom nemusia ukazovať presnú polohu a zdvih ventilu. V takomto prípade môže dôjsť k poklesu výkonu motora, pretože sa zníži účinnosť spaľovania. V horšom prípade môže dôjsť k stretnutiu ventilu s piestom, ventily sa prepália a vážne sa poškodí motor. Zálohovanie je teda možné použiť aj tu, pričom jednému aktuátoru budú prislúchať napr. dva a viac snímačov, tak aby bola zabezpečená presnosť snímania polohy a tiež ich spoľahlivosť.

VYUŽITIE V LETECKOM PRIEMYSELE

Technológiu FreeValve je možné aplikovať aj v leteckom priemysle. Väčšina lietadiel v kategórii všeobecného letectva je vybavená piestovými motormi. V súčasnosti sú však agregáty vybavené klasickým riadením ventilov pomocou vačkového hriadeľa.

Systém plne variabilného ovládania ventilov je však celkom sľubný, pretože ponúka výhody, ktoré sú v letectve dosť podstatné a žiadané. Nárast výkonu umožňuje zlepšenie niektorých letových vlastností lietadla. S nárastom výkonu však leteckí konštruktéri prihliadajú aj na spotrebu paliva, ktorá je v leteckých motoroch dosť vysoká aj za cenu nižšieho výkonu. Ako sme už spomínali vyššie, FreeValve ponúka vyšší výkon a nižšiu spotrebu pri zachovaní rovnakého objemu a usporiadania motora. Ďalším podstatným faktorom v letectve je váha. Každý kilogram váhy navyše zvyšuje spotrebu, ale zhoršuje aj letové vlastnosti. Keďže FreeValve ponúka konštrukčne jednoduchšiu hlavu valcov, je teda celková váha motora nižšia. Okrem váhy sa redukciami zmenšili aj celkové rozmery motora, čo má priaznivý vplyv na aerodynamiku. Ako posledné, no nie menej dôležité, je aj ohľad na životné prostredie. Tvorba emisií je tiež kľúčovým faktorom, na ktorý leteckí konštruktéri v dnešnej dobe výrazne prihliadajú. [10]

VI. ZÁVER

Inovatívne technológie vo svete motorov vždy priťahovali veľkú pozornosť. Zmeniť zaužívaný spôsob je však beh na dlhú trať, pretože samotný vývoj ako aj výroba motorov predstavujú veľký objem peňazí. Opatrnosť je teda opodstatnená, avšak implementáciu nových systémov v motoroch ako aj samotný pokrok nie je možné zastaviť.

Spomenuté technológie v práci boli popísané a rozobraté až v druhej polovici bakalárskej práce, pretože snahou autora bolo dostať sa k nim postupne a systematicky od základu. Preto bola v úvode popísaná najskôr konštrukcia motora a princíp jeho činnosti. Následne sa pozornosť venovala rozvodovému mechanizmu, jeho princípu a úlohám. Ako súčasť boli v krátkosti priblížené aj historické možnosti ovládania rozvodov. Postupne bolo možné prejsť k samotnému ventilovému rozvodu, ktorý predstavoval základ pre jednu zo spomenutých technológií. Opäť bol popísaný princíp a zároveň dve najčastejšie možnosti s akými sa možno v dnešnej dobe stretnúť v piestových motoroch. Okrem

spomenutých alternatív boli spracované aj prostriedky akými sú jednotlivé alternatívy ovládané. V rámci ventilového rozvodu bola spracovaná aj jeho najdôležitejšia časť, teda ventily. Spracované boli ventily ako také, kľúčové namáhanie počas práce, ale aj ďalšie časti, ktoré súvisia s témou. V krátkosti bola opísaná aj ventilová vôľa, jej rozdiely pri rôznych prevedeniach ventilového rozvodu a spôsoby akými sa nastavenie vôle realizuje v praxi. Pre jednoduchšie vysvetlenie spomenutých technológií bolo následne spracované časovanie ventilov, ktoré zohráva dôležitú úlohu pri dosiahnutí optimalizácie piestového motora, a tiež rozvodový diagram, ktorý znázorňuje samotné časovanie ventilov. V práci bolo navyše aj graficky zobrazené časovanie konkrétneho leteckého motora.

Najväčšia pozornosť bola venovaná práve posledným dvom kapitolám, čo sme už viackrát spomínali. Variabilný ventilový rozvod bol rozobratý ako prvý zo spomenutých technológií, pretože ide o inováciu vo svete motorov, ktorá už síce existuje niekoľko rokov na trhu, ale v leteckom priemysle nie je ani zďaleka taká využívaná ako v automobilovom. Táto kapitola bola náročnejšia na spracovanie, pretože predstavuje množstvo alternatív, ktorými dosiahnuť žiadanú variabilitu. Z tohto dôvodu bolo nutné siahnuť po výbere dvoch najčastejšie používaných alternatív, ktoré môžeme na trhu nájsť. Obe alternatívy predstavujú podobné výhody, značne sa však líšia z hľadiska konštrukcie aj princípom fungovania. Na konci kapitoly boli spomenuté výhody, pre ktoré je celá téma zaujímavejšia. Posledným, no asi najzaujímavejším prínosom bolo spracovanie systému FreeValve. Systém bol charakterizovaný z hľadiska konštrukcie a princípu činnosti. Spomenuté boli aj výhody, ktoré systém ponúka, a tiež aj možné nevýhody. Okrem toho bola opísaná aj možná aplikácia systému do leteckých motorov.

Cieľom bakalárskej práce bolo predovšetkým dostať spomenuté riešenia do povedomia čitateľa a zároveň jednoduchou cestou vysvetliť, ako tieto progresívne riešenia fungujú a v čom spočívajú výhody. Snahou bolo aby si čitateľ vedel predstaviť, o čom je táto bakalárska práca a dostal sa k progresívnym riešeniam od úplného začiatku cez konštrukciu motora, či už je alebo nie je v problematike znalý. Taktiež bolo cieľom graficky znázorniť podstatné časti v práci pre jednoduchšie pochopenie danej problematiky.

PodĎakovanie

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] Schaeffler Automotive Aftermarket GmbH & Co. KG: Ventilový rozvod - Technika diagnostiky poškodení. Dostupné na internete: <https://www.rexpert.cz/cs/mediadocument/INA-TecBr-ValveTrain-PC/cs> (cit. 6.5.2020)
- [2] Engineering Explained youtube kanál: Variable Valve Lift vs Variable Valve Timing - VVL vs VVT. Dostupné na internete: <https://www.youtube.com/watch?v=I5dy2Vnf95w> (cit. 29.4.2020)

- [3] Audi Technology Portal: Audi valvelift system. Dostupné na internete: https://www.audi-technology-portal.de/en/drivetrain/engine-efficiency-technologies/audi-valvelift-system_en (cit. 2.5.2020)
- [4] Freevalve: The Freevalve concept. Dostupné na internete: <https://www.freevalve.com/freevalve-technology/> (cit. 5.5.2020)
- [5] Freevalve: Full control of the combustion cycle. Dostupné na internete: <https://www.freevalve.com/improved-performance/> (cit. 5.5.2020)
- [6] Freevalve: Compact engine design. Dostupné na internete: <https://www.freevalve.com/compact-design/> (cit. 5.5.2020)
- [7] MÖLLER, A. : Cam-less valve train opportunities. Dostupné na internete: <https://www.freevalve.com/insights/cam-less-valve-train-opportunities/> (cit. 5.5.2020)
- [8] VETTER, D. : Christian von Koenigsegg talks about his un-Swedish passion for designing very fast hypercars. Dostupné na internete: <https://www.scmp.com/magazines/style/people-events/article/3013407/christian-von-koenigsegg-talks-about-his-un-swedish> (cit. 6.5.2020)
- [9] Web Autoride: Zážihový motor s priamym vstrekaním paliva: Ako funguje?. Dostupné na internete: <https://autoride.sk/zazihovy-motor-s-priamym-vstrekanim-paliva-ako-funguje> (cit. 6.5.2020)
- [10] KOENIGSEGG, CH. : Freevalve Update Camless Engine - /INSIDE KOENIGSEGG. Dostupné na internete: https://www.youtube.com/watch?v=S3cFfM3r510&feature=emb_title (cit. 6.5.2020)
- [11] Web Autoride: Nepriame vstrekovanie paliva: O aký typ vstrekovania ide?. Dostupné na internete: <https://autoride.sk/nepriame-vstrekovanie-paliva-o-aky-typ-vstrekovania-ide> (cit. 7.5.2020)
- [12] Tyreooil: SN PLUS & LSPI – What You Need to Know. Dostupné na internete: <https://www.tyreooil.com/news/sn-plus-amp-lspi-what-you-need-to-know> (cit. 7.5.2020)
- [13] Drivers Magazine youtube kanál: Koenigsegg decribes Freevalve - camless engine. Dostupné na internete: https://www.youtube.com/watch?v=OZWENPi2XkE&list=PLRy7PtUt_eFs17urELJORjvzISzZSRhyB&index=5&t=0s (cit. 9.5.2020)
- [14] Engineering Explained youtube kanál: What Is Koenigsegg FreeValve? Camless Engine!. Dostupné na internete: <https://www.youtube.com/watch?v=FJXgKY2O4po&t=> (cit. 9.5.2020)
- [15] Freevalve: Components. Dostupné na internete: <https://www.freevalve.com/> (cit. 13.5.2020)
- [16] Web Autoride: Obtokový ventil turbodúchadla alebo aj wastegate. Poznáš toto zariadenie?. Dostupné na internete: <https://autoride.sk/wastegate-alebo-obtokovy-ventil-turboduchadla> (cit. 14.5.2020)
- [17] BUGAJ, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [18] BUGAJ, M. 2015. Aeromechanika 1: základy aerodynamiky. Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.
- [19] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.
- [20] BEŇO, L., BUGAJ, M. & NOVÁK, A., 2005. Application of RCM principles in the air operations. Komunikácie, 7(2), pages. 20-24.
- [21] PECHO, P., WYLIE, M. & BUGAJ, M. 2018. Transportation Research Procedia 35, pages 287-294.
- [22] JANOVEC, M., SMETANA, M., & BUGAJ, M. 2019. Eddy Current Array Inspection of Zlin 142 Fuselage Riveted Joints. Transportation Research Procedia 40, pages 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.042>

Tomáš Horák – narodený vo Zvolene absolvoval v roku 2016 Gymnázium M. Rúfusa v Žiari nad Hronom. V súčasnosti od roku 2017 študuje na Žilinskej univerzite v Žiline odbor profesionálny pilot.

VÝCVIK PILOTOV VRTUĽNÍKOV

HELICOPTER PILOT TRAINING

Barbora Hudáčková

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
hbarbora111@gmail.com

Branislav Kandra

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia

Abstract – This paper describes basic helicopter pilot training, regulatory requirements for theoretical and practical training and specialized types of training in Slovak air force and helicopter emergency medical service Air Transport Europe. The aim of the work was to introduce the reader to helicopter training in the area of Slovak Republic in brief form and its possible use. The thesis also deals with the training of pilots themselves, and their perception of training.

Kľúčové slová – training, helicopter, pilot, cadet, flight, rotor.

I. PREDPISOVÉ POŽIADAVKY NA TEORETICKÝ VÝCVIK

Každá letecká škola, ktorá poskytuje výcvik súkromného pilota vrtuľníka na území SR vyžaduje 4 základné požiadavky:

- minimálny vek 16 rokov
- minimálne základné vzdelanie
- platné osvedčenie zdravotnej spôsobilosti I. alebo II. Triedy
- platné oprávnenie rádiotelefonistu

Ak študent splní tieto požiadavky, patrí k vhodným absolventom na nasledovné nadobudnutie skúsenosti v teoretickom a praktickom výcviku na leteckej škole, ktorú si zvolil. K 31.12.2018 bolo na Slovensku 12 licencovaných dopravných pilotov vrtuľníkov, 65 obchodných pilotov a 42 súkromných pilotov vrtuľníkov [1].

Hlavnou požiadavkou pre zariadenie do výcviku je, aby mal žiadateľ pred prijatím získané príslušné osvedčenie zdravotnej spôsobilosti ešte pred tým, ako sa mu povolí samotné lietanie. Nároky sú podobné ako u pilotov s pevným krídlom.

ZDRAVOTNÁ SPÔSOBILOSŤ

Držiteľ musí mať platné osvedčenie zdravotnej spôsobilosti, podľa predpisu JAR–FCL 3. Držiteľ preukazu musí byť duševne aj fyzicky spôsobilý. Vhodné zdravotné dispozície – po ukončení komplexného vyšetrenia lekárom povereným (AME) leteckým úradom je žiadateľ/držiteľ informovaný, či je zdravotne schopný [2].

Tabuľka 8: Požadovaná zdravotná spôsobilosť

druh preukazu spôsobilosti	požadovaná trieda spôsobilosti
PPL	2. Trieda
CPL, ATPL, MPL	1. Trieda

LICENCOVANIE LETOVEJ POSÁDKY - VRTUĽNÍK

Vychádzame z dvoch základných osnôv a to z osnôv teoretických vedomostí pilota a všeobecnej bezpečnosti letu. Informácie o licencovaní letovej posádky vrtuľníka sú publikované v dokumente JAR-FCL 2, ktorý vydáva Letecká informačná služba Slovenskej republiky a je schválený Výborom Spojených leteckých úradov (JAA).

Predpis JAR-FCL 2 sa člení na 2 sekcie, medzi všeobecné predpisy (JAR) Spojených leteckých úradov patrí 6 článkov, ktoré sú rozdelené podľa písmen abecedy (A,B,C,E,F). Ďalšie články, ktoré sa netýkajú priamo licencie súkromného pilota PPL (H), sú označené písmenami abecedy ako články D,G,I a J.

Článok A zahŕňa *Všeobecné požiadavky* kladené na pilota, ako platnosť preukazov spôsobilosti a kvalifikácie, zdravotná spôsobilosť a prípadne jej zníženie (zdravotné problémy), štát vydania preukazu a započítavanie času letu a teoretických vedomostí.

Článok B *Žiak-pilot* zahŕňa základné požiadavky na žiadateľa preukazu, minimálny vek a jeho zdravotnú spôsobilosť.

Článok C *Preukaz spôsobilosti súkromného pilota* zahŕňa to čo článok A, ďalej potrebu kvalifikácie pre zvláštne účely, skúsenosti a ich nasledovné započítavanie, samotný výcvikový kurz, skúšku teoretických vedomostí a praktickú skúšku.

Článok E *Prístrojová kvalifikácia*

Článok F *Typové kvalifikácie* opisuje okolnosti, za ktorých sa vyžadujú typové kvalifikácie a platnosť, predĺženie a obnovenie platnosti.

Osnova teoretických vedomostí potrebných pre získanie preukazu spôsobilosti PPL (H) je rozdelená na legislatívnu časť, pravidlá lietania a predpisy pre letovú prevádzku a letové prevádzkové služby [2].

Na žiadateľa sú kladené požiadavky ohľadom leteckého práva a postupoch prevádzky, všeobecných teoretických znalostí o vrtuľníku a jeho častiach, plánovaní letu, ľudskej výkonnosti a meteorológii, komunikácii, navigácii a rádionavigácii, prevádzkových postupoch, princípoch letu a komunikácii. K získaniu preukazu PPL (H) musí žiadateľ úspešne absolvovať teoretické skúšky z predmetov: všeobecné vedomosti o lietadle, letové výkony a plánovanie, prevádzkové postupy, princípy letu [3].

Pozemná príprava je súčasťou teoretickej prípravy a kvalitu prípravy žiaka overuje inštruktor, kedy skúma kvalitu prípravy a používanie leteckej techniky počas letu aj na zemi. Dohliada sa najmä na osvojenie teoretických vedomostí a ich aplikovanie v praxi. Absolvovanie konkrétnej pozemnej prípravy závisí od typu vrtuľníka, na ktorom sa vykonáva letecký výcvik. Príprava sa zameriava na sporné materiálne časti vrtuľníka, normálne a núdzové postupy, výkony, vyváženia a obmedzenia. Po ukončení prípravy nasleduje písomný alebo ústny test a po jeho úspešnom absolvovaní môže študent postupovať v praktickej letovej činnosti. Študent musí pred inštruktorom preukázať znalosti o konštrukcii vrtuľníka na ktorom bude vykonávať výcvik, vedieť vykonať adekvátne prehliadku stroja pred štartom a následne počas praktického výcviku získať zručnosti zo základných techník letu. Ak inštruktor uzná za vhodné, pokračuje vo výcviku rozšírených letových režimov, letom podľa prístrojov a pripraví pilota taktiež na navigačné lety [4].

Pozemná príprava pozostáva z:

- konštrukcia vrtuľníka
- pred štartom
- základné techniky letu
- rozšírené letové režimy
- lety podľa prístrojov
- príprava na navigačné lety [4]

SPÔSOBILOSŤ LETECKÉHO PERSONÁLU – VÍRNIK

V súčasnosti sú často vyhľadávané vírniky, ktoré disponujú lacnejším variantom výcviku. V terminologickom leteckom slovníku je vírnik definovaný ako: „rotorové lietadlo s nepoháňaným nosným rotorom otáčajúcim sa za pomoci autorotácie pri doprednom pohybe. Ťah potrebný na let je zabezpečený pohonnou jednotkou, ktorá môže slúžiť aj na roztočenie nosného rotora pred štartom“ [20]. Rotor vírnika je poháňaný vzduchom, ktorý prúdi spomedzi listov rotora, pričom rotor vrtuľníka je poháňaný motorom.

Vírniky zaradujeme do kategórie lietajúcich športových zariadení (LŠZ) s rotujúcimi nosnými plochami. Záujemcovia o výcvik musia byť členom Slovenskej Federácie Ultraľahkého lietania (SFUL), ktorá sídli v Lučenci. Pilot musí dovŕšiť minimálny vek 17 rokov, musí byť zdravotne spôsobilý. Teoretické a praktické skúšky je možné absolvovať len v poverení právnickej organizácie [21]. Praktický výcvik môže byť vykonávaný len na LŠZ vo výcvikovom zariadení.

Žiak-pilot musí úspešne absolvovať teoretický výcvik pred začatím praktického výcviku. Výcvik sa vykonáva podľa osnovy schválenej Leteckým úradom.

Počas výcviku je pre získanie preukazu spôsobilosti pilota LŠZ minimálny počet nalietaných hodín 25 a pri výcviku kvalifikácie letového inštruktora FI LŠZ je minimálny nálet 200 letových hodín. Výcvik musí byť absolvovaný na jednom LŠZ, ktoré je osvedčené na výcvik poverenou osobou na základe protokolu. Letiská alebo schválené plochy na výcvik musia byť osvedčené poverenou osobou SFUL. Po úspešnom absolvovaní teoretickej a praktickej skúšky, vydá hlavný letový inšpektor SFUL žiak-pilotovi preukaz spôsobilosti pilot LŠZ [22].

II. PREDPISOVÉ POŽIADAVKY NA PRAKTICKÝ VÝCVIK

Praktický výcvik môže začať až po úplnom absolvovaní teoretickej časti výcviku a kompletom absolvovaní pozemných príprav pred lietaním. Každý výcvik je individuálny a závisí od osnovy konkrétnej leteckej školy. Pred začatím výcviku nadobudne žiak žiacky pilotný preukaz, ktorý vydáva Dopravný úrad (je potrebné podať žiadosť a predložiť potrebné dokumenty). Pre vydanie preukazu je nutné predložiť aj vysvedčenie rádiotelefonistu.

Praktický výcvik je rozdelený na dve časti :

1. Základný výcvik
 - a. Technika
 - b. Pilotáž
2. Výcvik v navigácii

Pri praktickej časti je nutné absolvovať minimálne 45 letových hodín, pričom 10 hodín musí žiak odlietať samostatne, z toho 5 hodín sú navigačné lety. Lety sa uskutočňujú vo dvojici, kedy lieta žiak-pilot s inštruktorom a samostatné lety bez inštruktora. Kontrolné lety sú lietané s inštruktorom alebo už s inšpektorom, ktorý vykoná aj príslušné preskúšanie [5].

Umiestnenie veliteľa vrtuľníka sa odlišuje podľa ruskej (sedenie vľavo) alebo americkej (sedenie vpravo) koncepcie zostavy.

OVLÁDACIE PRVKY

Vo vrtuľníku sú 3 hlavné ovládacie prvky, ktoré pilot počas letu používa. Sú to pedále alebo ovládanie chvostového rotora (bráni rotácii vrtuľníka chvostom v opačnom smere ako je hlavný, pretože naň pôsobí krútiaci moment), páka kolektívneho riadenia rotorových listov (ďalej kolektív) a páka cyklického riadenia (ďalej cyklicka)..



Obrázok 15: Ovládacie prvky Bell 206

PÁKA CYKlickÉHO RIADENIA

Umiestnenie cyklicky závisí na výrobcovi vrtuľníka. Môže byť inštalovaná priamo nahor z podlahy v kokpíte medzi nohami pilota, alebo medzi sedadlami. Tento ovládací prvok umožňuje pilotovi letieť v ľubovoľnom smere jazdy (celková ťahová sila je vždy kolmá na rovinu smeru dráhy letu hlavného rotora). Cyklicka riadi uhol náklonu rotora v rovnakom smere, ako sa pohybuje ovládanie (ak sa posunie cyklicka dopredu, rotorový disk sa nakloní dopredu, to platí aj v opačnom prípade).

PÁKA KOLEKTÍVNEHO RIADENIA

Je umiestnená na ľavej strane sedadla pilota. Kolektív sa používa na vykonanie zmeny uhla sklonu listov hlavného rotora a robí to súčasne alebo kolektívne – spoločne. Keď je kolektív zdvihnutý, dochádza súčasne k rovnakému zväčšeniu uhla sklonu všetkých listov rotora a keď je znížený, dochádza k rovnakému zmenšeniu uhla sklonu. To sa deje vďaka sérii mechanických spojení medzi pákou a hlavným rotorom (miera pohybu v páke kolektívu určuje mieru zmeny sklonu čepele). So zmenou uhla sklonu lopatiek dochádza k zmene odporu, ktorý následne ovplyvňuje rýchlosť a otáčky hlavného rotora. Keď zvýšime uhol sklonu, zvyšuje sa odpor a otáčky rotora klesajú. Klesajúci uhol sklonu naopak znižuje ako uhol dopadu, tak aj odpor, zatiaľ čo dochádza k zvýšeniu otáčok rotora. Na udržanie konštantných otáčok rotora, ktoré sú nevyhnutné pri prevádzke vrtuľníka, je potreba kompenzácie zmeny odporu aby došlo k zmene výkonu. To sa dosiahneme pomocou ovládača plynu alebo regulátorom, čím automaticky upravíme výkon motora.

NOŽNÉ RIADENIE

Pedále sú umiestnené na podlahe kabíny a regulujú zmenu sklonu lopatiek zadného rotora. Je tu jednoznačná aplikácia tretieho Newtonovho zákona (zákon akcie a reakcie). V našom prípade sa uplatňuje na trup vrtuľníka a jeho rotáciu v opačnom smere ako sú listy hlavného rotora, pokiaľ nedôjde k jeho kontrole. Aby došlo ku kompenzácii tohto krútiaceho momentu a umožneniu letu, väčšina konštrukcií vrtuľníkov má chvostový rotor. Pedále umožňujú pilotovi kontrolovať uhol stúpania lopatiek chvostového rotora, ktorý pri priamom lete reguluje helikoptéru v pozdĺžnom smere, pričom počas visenia umožňujú pilotovi otočiť vrtuľník o 360° [6].

PRAKTICKÝ VÝCVIK

Zahŕňa:

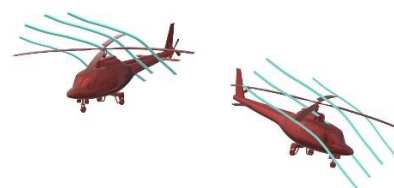
- Briefing a debriefing
- Predletová prehliadka
- Zapnutie a vypnutie
- Vzlet a pristátie
- Základné manévry
- Špeciálne manévry
- Autorotácia
- Systavy manévrov počas autorotácie [4]

Autorotácia

Prechod do autorotácie je manéver, kedy pilot zníži páku kolektívneho riadenia na spodný doraz a pritom privrie pripust' motora tak, že počet otáčok motora je nižší ako počet otáčok rotora – dôjde k odľahčeniu rotora od krútiaceho

momentu. Pilot musí súčasne vyšliapnuť pedále smerového riadenia, aby trup nevybočil zo smeru letu. Týmto spôsobom sa cvičí rýchlosť reakcie pilota pre prípad autorotačného pristátia. Prípustná doba medzi zavretím pripusti motora a znížením kolektívu sa líši od typov vrtuľníkov, najkratšia doba sú 2 sekundy. Návrik autorotácie sa vykonáva s motorom vo voľnobehu. Pri prechode do autorotácie sa náhle zmení dráha letu, obtekanie trupu a chvostovej plochy, pričom vznikne aerodynamický moment, ktorý klopí vrtuľník smerom dole a spôsobí vzrast doprednej rýchlosti. Dopredná rýchlosť takmer nemá vplyv na počet otáčok rotora počas autorotácie, má vplyv ale na rýchlosť klesania. Na počet otáčok rotora môže pilot pôsobiť zmenou polohy kolektívu [7].

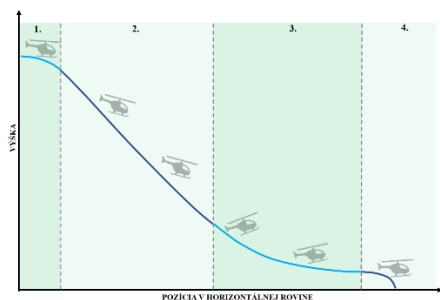
Znáznornenie prúdenia vzduchu okolo vrtuľníka pri normálnom lete s výkonom od motorov (vľavo) a pri autorotácii (vpravo).



Obrázok 16: Autorotácia

Ak chceme pri autorotácii docieľiť správny postup dosadnutia na zem, využívajú sa 4 základné manévry:

1. Vstup – počiatočná fáza, kedy sa kolektív využíva na minimalizáciu straty čelnej rýchlosti a páka cyklického riadenia sa používa pri udržaní kontroly riadenia vzhľadom na polohu, na udržiavanie alebo na spustenie zvyšovania doprednej rýchlosti letu.
2. Sklz – je pokračovanie po vstupnej fáze, kedy sa kolektív používa na riadenie rýchlosti rotora a cyklicka sa využíva na riadenie rýchlosti letu. Počas fázy kĺzania je možné vrtuľník zľahka nasmerovať, aby došlo k vhodnému pristávaciemu manévru a vyhľadaniu priestoru.
3. Flare – táto fáza je vykonávaná v blízkosti zeme, kedy dochádza k zmene letovej rýchlosti, nasleduje čiastočné stúpanie tesne pred pristátím a znižuje sa rýchlosť klesania, čo umožňuje pilotovi ľahké dosadnutie na plochu. To docielime spoločným riadením kolektívu a cyklicky.
4. Pristátie – vrtuľník pristane pomocou využitia zvyšnej energie na hlavnom rotore. Čelná rýchlosť je premenená na ťah prostredníctvom riadenia kolektívu a riadenie páky cyklicky sa využíva na udržanie polohy pri pristátí [23]



Obrázok 17: Systava manévrov počas autorotácie

OPRÁVNENÉ VÝCVIKOVÉ ORGANIZÁCIE

Na základe konzultácií s pilotmi, ktorí vykonávali vrtuľníkový výcvik na Slovensku sme vybrali nasledovné letecké školy. Piloti si výcvik vyberajú v súčasnosti najmä podľa cien, pretože výcvik na vrtuľník vie byť finančne náročnejší ako výcvik ietadiel, niektorí si výcvik vyberali podľa typu vrtuľníka. ATO Heli Company, respektíve Slovak Training Academy sú letecké školy určené pre vojenských pilotov, UT AIR má podľa nich vysoké ceny a ako najvhodnejšiu školu považujú Techmont, kde je najvýhodnejšia cena výcviku a skúsení inštruktori. Piloti s preukazom spôsobilosti PPL (A) mali skrátenú osnovu PPL (H) ako to dovoľuje predpis o 10% z náletu ako veliteľ posádky (nie viac ako 6 hodín). Ich minimálny nálet vyzakoval 39 hodín a teoretická časť bola skrátená o 45 hodín, skúšky na dopravnom úrade boli v menšom rozsahu predmetov (5 predmetov z 9). Jeden z opýtaných za najnáročnejšiu časť praktického výcviku považoval lietanie podľa prístrojov, kedy mal zakrytú kabínu pre výhľad, naopak za najzaujímavejšiu časť považoval pristávanie do terénu a visenie, bočenie. Počas výcviku sa nestretli s obťažnosťami a pred začatím praktického výcviku neabsolvovali výcvik na simulátore.

Vrtuľníkové letecké školy (FTO – Flying Training Organization) musia prvotne prejsť schvaľovacím procesom s Dopravným úradom – divíziou civilného letectva. Ďalším krokom je získať licenciu k vykonávaniu výcvikov pilotov PPL (H) a CPL (H), prípadne ATPL (H) alebo FI (H) a typovú kvalifikáciu na vrtuľníky.

TECHMONT HELICOPTER COMPANY

Spoločnosť so sídlom na letisku v Spišskej Novej Vsi poskytuje pilotné oprávnenie súkromného a obchodného pilota vrtuľníkov. Ročne vycvičia 3-5 žiadateľov osvedčenia PPL (H) a žiak môže pokračovať v modulovom výcviku na kategóriu CPL (H) alebo sa zúčastniť diaľkového modulového kurzu teoretických vedomostí ATPL (H). Hlavným cieľom spoločnosti je vycvičiť žiaka tak, aby bol schopný vykonávať lety podľa pravidiel za viditeľnosti, vykonávať funkciu veliaceho pilota alebo druhého pilota pri vykonávaní neobchodných letov, to sa netýka letov za úplat. K dispozícii sú vrtuľníky Robinsone R22 BETA II, R44 a MD 530F. Žiadateľ môže postupovať aj v pokročilom výcviku na nočné lety VFR noc, alebo zadovážiť typovú kvalifikáciu na Mi-8. Spoločnosť vykonáva aj letecké práce a vyhlídkové lety [8].

UL HELICOPTERS

Spoločnosť sa zaoberá v oblasti malých vrtuľníkov a vírnikov, sídli na letisku na Kopánke pri Trnave. Ponúkajú výcvik

súkromného pilota PPL (H) na typoch Robinson R22 a R44 a preškoľovacie výcviky.

Podľa informácií spoločnosti UL-Helicopters sa základný výcvik na Robinsone R22 pohybuje na cene 300 € bez DPH (360 € s DPH) na jednu výcvikovú hodinu. Minimálny počet hodín praktického výcviku je 45, takže základný výcvik môže pilota vyjsť minimálne na 16 200€ s DPH. Jedna výcviková hodina na väčšom Robinsone R44 je 600 € bez DPH (720€ s DPH), čo pri základnom výcviku s minimálnym náletom 45 hodín predstavuje 32 400€ s DPH. Priebeh výcviku je rovnaký ako pri R22, ale ekonomickejšim variantom je vykonať výcvik na R22 a následne absolvovať preškolenie na R44. Preškoľovací výcvik na iný typ vrtuľníka si vyžaduje 5 hodín výcviku s inštruktorom a skúšky z techniky pilotáže pred examinátorom, ktorý bol schválený Dopravným úradom.

Spoločnosť umožňuje preškoľovací výcvik na typy Robinson R22 a R44, Bell 206, Bell 407, Bell 427 a Bell 429.

Poskytujú aj výcvik na vírniky UL (V) na vírniku Xenon RST. Na Slovensku je vírnikové lietanie podriadené pravidlám organizácií, ktoré umožňujú výcvik na ultraľahkých lietadlách. K ukončeniu praktického výcviku je potrebné odlietať 35 hodín. Cena výcvikovej hodiny u UL- Helicopters je 150 € bez DPH, to znamená 180 € (pri 20% DPH), čo zahŕňa palivo, inštruktora, výukový materiál a prevádzku vírnika [9].

Tabuľka 9: Cenník výcviku UL Helicopters

typ vrtuľníka/vírnika	R22	R44	Xenon RST
cena na 1H bez DPH	300 €	600 €	150 €
cena na 1H s DPH 20%	360 €	720 €	180 €
minimálny výcvik 45H	16 200 €	34 200 €	
minimálny výcvik 35H			6 300 €
preškolenie z R22 na R44 s minimálnym náletom 5H		3 600 €	

SKÚSENOSTI Z PRAXE

Podľa FI Ing. Františka Kšana je s výcvikom pilotov vrtuľníkov na Slovensku veľký problém. Najmä preto, že je ich málo, väčšina ukončí výcvik PPL a nepokračuje ďalej kvôli finančnej náročnosti výcviku. Dĺžka výcviku je individuálna a väčšina študentov očakáva, že na praktickú časť im stačí minimálny nálet 45h.

Letecké spoločnosti (napr. ATE) prijímajú pilotov len s veľkým náletom, pričom mladý pilot si nemá tieto letové hodiny ako zadovážiť. V minulosti mali spoločnosti možnosť prijímať pilotov z armády, ale v súčasnosti je ich veľmi málo. Spoločnosti, ktoré sú licencované k vykonávaniu leteckých prác majú hlavne starších pilotov, ktorí môžu kvôli zdravotnej spôsobilosti vykonávať práce len do 60 rokov. Väčšina škôl má len modulový výcvik, pričom integrovaný by pilotom umožnil menší nálet na CPL. Preukaz obchodného pilota je veľmi finančne náročný a pohybuje sa v najnižšej úrovni na sume 40 000 eur, no na

vykonávanie leteckých prác musí mať pilot taktiež nalietané hodiny ako veliteľ lietadla.

Ako východisko považuje do budúcnosti sprístupnenie systému, kedy by si spoločnosti vycvičili pilotov samé, a tí sa zmluvne zaviazajú, že u nich budú lietať. Dobré skúsenosti má so žiakmi, ktorí majú licenciu pilota PPL (A), pretože sa môžu orientovať hlavne na pilotáž, keďže teoretické vedomosti už majú. Žiaci sa počas praktického výcviku nemajú problém rýchlo adaptovať na iné ovládanie ako je u lietadla, základom je naučiť sa manéver visenia a získať cit. O ATPL (H) na Slovensku nie je veľký záujem. Ako ATO (TECH-MONT) by praktickú časť ATPL výcviku mohli vykonávať na vrtuľníku Mi-8T keďže posádka sa skladá z 2 pilotov, ten ale nie je certifikovaný EASA-ou.

III. ŠPECIALIZOVANÉ DRUHY VÝCVIKOV

Špecializovaný výcvik pilotov je najdôležitejšou súčasťou výcviku, ktorú využije každý pilot v zamestnaní. Lietanie v horskej oblasti patrí k základným kvalifikačným požiadavkám, najmä v tak geomorfologicky členitej krajine ako je Slovensko. Pri miernej zmene vetra môže byť vrtuľník neovládateľný a neschopný k letu. K mimoriadnym manévrom patrí pristátie na jednej lyžine, pristátie špičkou, operácie v hlbokom snehu. Ďalšou dôležitou časťou je let s použitím palubného navijaku v miestach, kde nie je možné vykonať pristávací manéver. Náklad sa zavesí na hák a prevezie na určené miesto. Podobne dochádza aj k prevozu osôb na navijaku pri záchranných akciách. Ak ide o letecké práce s ťažkým nákladom, je tento náklad zavesený na nákladný hák pod trupom helikoptéry. Medzi ďalšie úkony špecializovaného výcviku patrí práca s bambi vakom, určená na hasenie požiarov. Pilot musí byť poučený a správne zanalyzovať situáciu počas požiaru, aby nedošlo k nehode alebo poškodeniu techniky. Medzi činnosť patria aj taktické požiarne výcviky, ktoré prebiehajú obzvlášť v jarnom a jesennom období. Ide o strategický výcvik s rýchlou prepravou posádky k miestu požiaru [10].

LETECKÉ PRÁCE

Letecký zákon (Zákon č. 143/1998 Z. z.) popisuje vykonávanie leteckých prác a venuje sa im v deviatej časti „Letecké práce a iné podnikanie v civilnom letectve - §44 Letecké práce“. Letecké práce sú činnosti vykonávané v stavebníctve, lesnom a vodnom hospodárstve a poľnohospodárstve, zdravotníctve, na prieskum, reklamu, fotografovanie, vyhlídkové lety. Sú vykonávané len na základe povolenia, ktoré vydáva dopravný úrad – určí rozsah a podmienky na vykonanie prác [11].

Druhy leteckých prác :

Letecké výškové práce sú poskytované najmä súkromnými leteckými spoločnosťami. Umožňujú výkony ako :

- Doprava materiálu v neprístupnom alebo vysokohorskom teréne v kontajneroch, sieťach alebo individuálne
- Hasenie požiarov
- Betónovanie
- Montáž a oprava konštrukcií

- Stĺpov vysokého napätia
- Lyžiarskych lanových dráh
- Oprava striech výškových budov alebo kostolov
- Osadzovanie klimatizácií
- Naťahovanie a opravy nadzemného vedenia
- Stavba stožiarov a oceľových komínov
- Preprava ťažkých nákladov
- Práce s vysokým napätím
- Premosťovanie riek
- Technické vybavenie GSM - inštalácie rádiových a telekomunikačných antén, preprava a kotvenie súčastí vysielateľov
- Presádzanie stromov vrtuľníkom, vápnenie lesov, letecké zvažanie dreva z lesa
- Vytváranie vzdušnej turbulencie
- Fotenie a filmovanie

Zoznam držiteľov osvedčenia prevádzkovateľov leteckých prác je dostupný na internetovej stránke dopravného úradu. V nasledovnej tabuľke je zobrazený zoznam prevádzkovateľov a ich vrtuľníky, ktoré používajú pri vykonávaní leteckých prác. Tento zoznam bol aktualizovaný a upravený 23.03.2020.

Tabuľka 10: Držiteľia osvedčenia na vykonávanie leteckých prác na SR

PREVÁDZKOVATEĽ	Typ vrtuľníka
HELI COMPANYY, s.r.o.	S 269C, R-44
EHC service, s.r.o.	AS-355N, BELL 206B H 269C
TECH-MONT Helicopter company s.r.o.	R-22, R-44, B-407 MD-530F-Plus (369FF)
UTair Europe, s.r.o.	R-44 Raven
AIR-TRANSPORT EUROPE, spol. s.r.o.	Agusta A109K2, BELL 429 AS-355N
Aerial East, s.r.o.	AB 206B, AS-350 B3
AVE Fermo, s.r.o.	Robinson R-44 raven II

VRTUĽNÍKOVÉ KRÍDLO GENERÁLPLUKOVNÍKA JÁNA AMBRUŠA PREŠOV

Je základňa vrtuľníkového krídla VzS OS SR, ktorá sa nachádza na leteckej základni v Prešove. Od roku 2013 je veliteľom krídla plukovník Ing. Róbert Tóth.

Základňa vznikla v roku 1993 a disponuje tromi vrtuľníkmi Mi-17M, ktoré sú v úprave leteckej pátracej a záchranej služby (LPZS) - "Search and Rescue (SAR)". Technická životnosť týchto vrtuľníkov by mala podľa údajov OS SR končiť v roku 2024, preto došlo k nadobudnutiu novej leteckej techniky prostredníctvom amerického vládneho programu Foreign Military Sales (FMS). Ministerstvo obrany SR odkúpilo v roku 2015 9 vrtuľníkov Sikorsky UH-60M Black Hawk. Momentálne sú na Slovensku všetky kusy vrtuľníkov bez vojenského obranného vybavenia. Pokiaľ ide o nevyzbrojenosť

vrtníkov, treba zohľadniť, že pred rokom 2015 nebolo možné zaobstaráť ozbrojený Black Hawk priamo od výrobcu. Spoločnosť v tom čase patrila pod koncern United Technologies Corporation, ktorý neobchodoval so zbraňovými systémami vrtníka. Vrtníky by mali byť dodatočne vybavené guľometmi M134 Gatling [13]. UH-60M majú výhodu v tom, že v bambi vaku odvezú až 2 500 litrov vody, kým vrtníky Mi-17M iba 1 500 litrov [12].

LETECKÝ ÚTVAR MVSR

Hlavnou úlohou Leteckého útvaru je vykonávať lety pre políciu, lety pre Hasičský a záchranný zbor SR, komerčná preprava osôb, preprava ústavných činiteľov a VIP, lety pre iné štátne zložky. Komerčná preprava a lety pre ostatné štátne zložky sú povolené až po dohode s MV SR [14].

V roku 2015 došlo k kúpe dvoch nových vrtníkov Bell 429 Global Ranger– pre políciu a na komerčnú prepravu osôb. Pri cvičení polície s hasičským a záchranným zborom SR došlo v máji roku 2017 k nehode, kedy sa zrútil vrtník Bell 429 OM-BYM. V súčasnosti sa pohráva aj s myšlienkou, že Letecký útvar MV SR bude patriť pod Vzdušné sily SR. Letka MV SR má momentálne k dispozícii dva vrtníky, a to Mil Mi-171 pod značkou OM-BYH a Bell 429 s registračnou značkou OM-BYD..

AIR TRANSPORT EUROPE

ATE je slovenský letecký dopravca, ktorý je jediným prevádzkovateľom Vrtníkovej záchranej zdravotnej služby na Slovensku (VZZS). Okrem záchranej činnosti sa venuje aj špeciálnym leteckým prácam a nepravidelnej leteckej preprave. VZZS je v pohotovosti nepretržite od roku 1991 a preto patrila aj medzi prvé súkromné letecké spoločnosti. Prevádzkuje vlastný dispečing priamo na čísle 18 155, ale je dostupná aj na číslach záchranej služby (112 a 155). Služba sa využíva nielen pri záchranných akciách, ale aj na medzinemocničné prevozy pacientov, neonatologické prevozy a pri transporte transplantátov [18].

Kariéra pilota

Čo sa týka kariéry pilota vrtníka má spoločnosť viaceré požiadavky, najmä dbá na to, aby mali piloti dostatok skúseností. Preto vyžadujú pilotov ktorí sú držiteľmi licencií obchodného pilota (CPL) alebo dopravného pilota (ATPL) s minimálnym náletom 1000 hodín, zdravotnú kvalifikáciu 1. triedy a so schopnosťou vykonávať nočné lety. Pri výbere preferujú pilotov s praxou v oblasti práce s navijakom alebo s podvesným zariadením [16]. Takýchto pilotov je na Slovensku čoraz menej a môžeme konštatovať, že s výberom bude mať spoločnosť do budúcnosti problém.

Keďže má ATE viacero typov rotorových letúnov, zabezpečujú pilotom pravidelné preškolenie typovej kvalifikácie. Pre pilotov na Bell je to školiace stredisko vo Valencii (Španielsko), na Agustu v mestečku Sesto Calende (severné Taliansko) a Eurocopter EC135 v Nemecku alebo vo Francúzsku.

Špecializovaný výcvik zahŕňa:

- Počiatočný pilotný kurz na trénažéri
- Osnova kurzu na úrovni D, výcvik schválený EASA-ou (v súčasnosti existujú štyri úrovne

úplného letového simulátora A - D, pričom úroveň D je najvyšším štandardom a je spôsobilá na výcvik civilných pilotov)

- Opakovanie kurzu každých 12 mesiacov
- Aktualizovanie odborných znalostí, obnovenie znalostí ohľadom pozemnej prípravy a oživenie výcviku simulátora na úrovni D
- Priestorová letecká navigácia (PBN)
- Výcvik a preskúšanie podľa požiadaviek EASA, nariadenia EU 2016/539
- Kombinácia teoretického a praktického výcviku pomocou využitia navigačných prostriedkov
- Nočné lety s nočným videním Night Vision Goggles (NVG)
- Práca s navijakom [17]

Flotila

Hlavné stredisko má zázemie v Poprade. K dispozícii sú vrtníky BELL 429, Agusta A109 K2 a Eurocopter EC-135 v Olomouci. Na vykonávanie záchranných akcií sa využíva Bell 429 a Agusta A109 K2, ktoré majú operačné sídla v Košiciach, Banskej Bystrici, Žiline, Trenčíne, Nitre a Bratislave [19].

Servisné stredisko

Okrem prevádzky a ďalších služieb má ATE k dispozícii aj servisné stredisko, ktoré je zamerané práve na údržbu a servis vrtníkov typu Agusta Westland, Bell Helicopter Textron a Eurocopter, taktiež Mil Helicopters. Údržba vrtníkov a ich časti je v súlade s rozsahom prác uvedených v príručke pre údržbu konkrétneho typu a musí byť vykonávaná v súlade s programom údržby. ATE patrí medzi spoločnosti, ktoré majú oprávnenie vykonávať údržbu podľa §23, zákona č. 143/1998 Z. z. o civilnom letectve [15].



Obrázok 18: Agusta A109K2 a Bell 429 GR, heliport Žilina

IV. ZÁVER

Cieľom článku bolo na základe nadobudnutých vedomostí analyzovať metódu teoretického a praktického výcviku, ďalších často vyhľadávaných pilotných licencií, zdravotné požiadavky, výcvikové organizácie na Slovensku vykonávajúce výcvik pilotov vrtníkov, finančné náklady spojené s výcvikom a s následnú možnú kvalifikáciu v tomto sektore letectva. Práca obsahuje aj praktickú časť zobrazenú formou obrázkov a tabuliek.

Pre záujemcu o základný výcvik vrtuľníkov PPL (H) a jeho nasledovné pokračovanie by sme odporúčali zamerať sa na výber výcvikovej organizácie, finančné možnosti a typovú kvalifikáciu. Nevýhodou vykonávania výcvikov na Slovensku je vysoká cena, možnosť len modulového výcviku čo finančne aj časovo zaťažuje pilota vo výcviku (pri integrovanom by stačil menší počet nalietaných hodín na obchodného pilota). Výhodou modulového výcviku je ale voľnejší priebeh praktickej časti, ktorú si študent-pilot koordinuje podľa osobných potrieb alebo finančných možností. Každé oprávnenie k získaniu licencie je podmienené získaním praktických skúseností a nalietaných hodín počas výcviku.

Výber leteckej školy vrtuľníkov v rámci Slovenskej republiky je pre záujemcov dostatočný. Navrhujeme, aby si záujemca zistil referencie ATO o kvalite vykonávania výcviku a finančného zaťaženia viacerých organizácií, a aby vzal do úvahy aj vzdialenosť inštitútu od bydliska. Základný výcvik súkromného pilota vrtuľníka sa pohybuje na cene okolo 17 000 €, čo ale záleží od typu vrtuľníka na ktorom je vykonávaný výcvik. V inom prípade môže táto suma dosiahnuť cenu 35 000 € a viac.

Najväčším problémom je nedostatok kvalifikovaných pilotov na vyššej úrovni ako je súkromný pilot vrtuľníkov. Tento deficit nie je badateľný len na Slovensku, ale aj v zahraničí. Nízky počet pilotov má aj vojsko. Tento negatívny aspekt môže byť zapríčinený finančným zaťažením výcviku, vysokým číslom v počte nalietaných hodín potrebných k nazbieraní skúseností a vyšších kvalifikácií ako PPL, nevhodnosťou a nízkym počtom spoločností ktoré vykonávajú letecké práce alebo komerčnú leteckú dopravu na Slovensku, čo vytvára nízku konkurencieschopnosť. Návrat investície je možný len ak má pilot pevné finančné zázemie a zamestná sa hneď po vykonaní výcviku. Finančné odľahčenie je len pre armádnych pilotov, ktorí majú celý výcvik zadarmo.

Riešením pre spoločnosti do budúca by mohlo byť vykonávanie výcvikov vo vlastnom prostredí, kedy by sa žiadateľ zmluvne zaviazal, že po absolvovaní výcviku bude pre danú spoločnosť pracovať.

REFERENCIE

- [1] VÝROČNÁ SPRÁVA DÚ ZA ROK 2018. Dostupné na: <<http://nsat.sk/wpcontent/uploads/2014/07/Vyrocnna-sprava-DU-za-rok-2018.pdf>>Reference 2
- [2] LETECKÉ PREVÁDZKOVÉ SLUŽBY SLOVENSKEJ REPUBLIKY. JAR-FCL 2. Licencovanie letovej posádky (vrtuľník) – Flight crew licensing (Helicopter). ISBN 97880-89297-39-9
- [3] EASA. Easy access rules for Flight crew licensing.AMC1 FCL.210.H PPL(H).Experience requirements and crediting. Dostupné na: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/Easy_Access_Rules_for_Flight_Crew_Licensing_Part-FCL.pdf>
- [4] LETECKÁ ŠKOLA; Pozemná príprava. Dostupné na: <<http://skola.vrtulniky.sk/pozemna-priprava/>>
- [5] KULČÁK, L. 2009. UČEBNICE PILOTA VRTULNÍKU, PPL (H) ČÁST 1. 451 s. ISBN 978-80-7204-627-0
- [6] FAA. HELICOPTER FLYING HANDBOOK. Chapter 3 Helicopter flight controls. Dostupné na: <[https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_ma](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/helicopter_flying_handbook/media/hfh_ch03.pdf)
- [7] BARTOŠ, R. 1959. Vrtuľníky. Státni nakladatelství technické literatury. 3. svazek I. řady – co máte vědět. 202 s.
- [8] TECH-MONT. Dostupné na: <<http://www.techmont.sk/>>
- [9] UL Helicopters. Dostupné na: <<http://www.ulhelicopters.sk/>>
- [10] Specialized helicopter training. Dostupné na: <<https://specializedhelicoptertraining.com/course-list>>
- [11] §44 zo zákona 143/1998 Z. z.. Dostupné na: <<https://www.zakonypreludi.sk/zz/1998143>>
- [12] MOSR. Dostupné na: <https://www.mod.gov.sk/35683-sk/vojenske-vrtulnikypomahaju-pri-haseni-poziarov-pri-poprade-a-naorave/?fbclid=IwAR3Yz2Uc4UXsVv5F2k0IM1V7Sh_1z4M8nxxCFe05EaWoLfyWj9I1cYKr18Y>
- [13] SITA Slovenská tlačová agentúra. Dostupné na: <<https://www.webnoviny.sk/gajdosprezradil-plany-ministerstva-v-suvistlosti-s-aviacucelovymi-vrtulnikmi-typu-blackhawk/>>
- [14] LETECKÝ ÚTVAR MINISTERSTVA VNÚTRA SR V BRATISLAVE. Dostupné na: <<http://www.vrtulniky.sk/organizacie/letecky-utvar-ministerstva-vnutra-sr-vbratislave/>>
- [15] ATE. servisné stredisko. Dostupné na: <<https://www.ate.sk/sk/o-nas/vrtulnikovservisne-stredisko/>>
- [16] ATE. kariéra. Dostupné na: <<https://www.ate.sk/sk/o-nas/kariera/>>
- [17] Bell Textron Inc. Dostupné na: <<https://www.bellflight.com/support/training/europe-academy>>
- [18] ATE. divízie. Dostupné na: <<https://www.ate.sk/sk/o-nas/vzvs/#>>
- [19] FLOTILA ATE. Dostupné na: <<https://www.ate.sk/sk/vzvs/flotila/>>
- [20] NEDELKA, M. a kolektív. 1998. Slovenský letecký slovník, terminologický a výkladový. ISBN 80-968073-0-7.
- [21] Letecká škola Nové Zámky. Dostupné na: <<http://leteckaskolanz.sk/letecka>>
- [22] Smernica č.7/2005 výcvikové stredisko SFUL pre výcvik leteckého personálu 1. vydanie
- [23] ARDUPILOT DEV TEAM. Autonomous Autorotation. Dostupné na: <<https://ardupilot.org/copter/docs/traditional-helicopter-autorotation-mode.html>>
- [24] 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.
- [25] NOVÁK, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [26] ROSTÁŠ, J. & ŠKULTÉTY, F. 2017. Are today's pilots ready for full use of GNSS technologies? Transportation Research Procedia 28, pages 217-225.

- [27] BREZOŇÁKOVÁ, A., ŠKVAREKOVÁ, I., PECHO, P., DAVIES, R., BUGAJ, M. & KANDERA, B. 2019. The effects of back lit aircraft instrument displays on pilots fatigue and performance. *Transportation Research Procedia* Volume 40, pages 1273-1280.
- [28] 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.
- [29] 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.

Barbora Hudáčková – narodená v Prešove, absolvovala v roku 2017 Gymnázium sv. Moniky v Prešove, následne od roku 2017 študovala na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.

NÁVRH MATERIÁLNEJ ČASTI LETÚNA PIPER PA-34 220T

PROPOSAL OF MATERIAL PART OF THE PIPER PA-34 220T AIRPLANE

Juraj Chebeň

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
cheben4@stud.uniza.sk

Filip Škultéty

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

Abstract – The aim of the paper is to create a comprehensive teaching material that will help students of the study program Professional Pilot of the University of Žilina to complete practical flight training on multi-engine aircraft in the Air Training and Education Centre (LVVC). The first part is devoted to a general description of the Piper PA-34 Piper PA-34-220T aircraft, including a brief history, an overview of versions and technical & operational parameters with a focus on the versions of Seneca III and Seneca V, which LVVC currently operates. The second part is focused on a detailed description of individual systems and systems with regard to design solutions of the type. The last, third part describes the standard instrumentation of the PA-34 and subsequently the equipment of specific aircraft operated by LVVC. The work is supplemented by appendices that contain performance graphs, checklists, and mass and balance diagrams.

Key words – material part, Piper PA-34 Seneca, technical description, theory, airplane details.

I. ÚVOD

Lietadlo sa dá právom považovať za jeden z najvýznamnejších technologických objavov v histórii ľudstva. Za viac než storočie svojej existencie posunulo možnosti techniky na novú úroveň. Trendy vývoja boli za túto dobu značne odlišné. Od snahy o nahradenie dreva a plátna ako primárneho materiálu konštrukcie v dvadsiatych a tridsiatych rokoch, cez snahu dosiahnutia čo najvyššej cestovnej rýchlosti v päťdesiatych a šesťdesiatych rokoch až po stále trvajúcí vývoj v oblasti ekológie a ekonomiky prevádzky od prelomu tisícročia. Napriek tomu bola bezpečnosť vždy v popredí záujmu leteckých konštruktérov. Kvalitná konštrukcia je však len jedným z predpokladov k jej dosiahnutiu.

Nemenej dôležitým je výcvik obsluhujúceho personálu. Letecká doprava je najrýchlejšie sa rozvíjajúcim dopravným odvetvím, čo spolu s množstvom zrejmých výhod prináša aj vysoké požiadavky na výcvik. Tisíciky vzletov denne po celom svete sú výsledkom enormného úsilia vysokošpecializovaných pracovníkov všetkých úrovní, ktorých je nutné kvalitne vycvičiť.

Z pohľadu bežného cestujúceho, ktorý využíva lietadlo len ako dopravný prostriedok z bodu A do bodu B sa na lietadlách za posledné desaťročia zmenilo len veľmi málo. Rozdiel je badateľný až po vstupe do pilotnej kabíny. Klasické analógové prístroje boli nahradené plochými obrazovkami, moderná elektronika a automatizácia umožnila redukcii posádky na dvoch členov. Tým sa však nezmenšili nároky na ich odborné znalosti, ba práve naopak.

Teoretické vedomosti patria medzi neoddeliteľnú súčasť nielen pilotného výcviku, ale aj výcviku ostatného personálu, pôsobiaceho v oblasti letectva. Znalosť lietadlových systémov a princípov ich fungovania je nevyhnutným predpokladom pre analýzu možných porúch a správne rozhodovanie s cieľom zaistenia jednej z hlavných priorit letectva, ktorou je bezpečnosť.

Cieľom článku je spracovať informácie o lietadle Piper PA-34-220T Seneca do uceleného textu v slovenskom jazyku. Článok obsahuje schémy s popismi, ktoré zaručujú ľahšiu ilustráciu a následné osvojenie si poznatkov o lietadle. Je rozdelený do troch hlavných kapitol. Prvá sa zaoberá charakteristikou letúna, stručnou históriou, technickými údajmi a parametrami a obmedzeniami pohonnej jednotky. Druhá časť práce je zameraná na popis častí draku a jednotlivých systémov letúna. Je v nej popísaný systém riadenia, prístávacie zariadenie, pohonná jednotka s vrtuľou, palivový systém a ďalšie. V tretej časti sa zaoberám prístrojovým vybavením. Záver práce obsahuje hlavné rozdiely medzi modelmi Seneca III a V, schému štandardného prístrojového panela a popis vybavenia letúna OM-UTC používaným na výcvik pilotov Žilinskej Univerzity.

II. VŠEOBECNÁ CHARAKTERISTIKA PA-34-220T

Letún Piper PA-34 220T Seneca je šesťmiestny, dvojmotorový, celokovový, samonosný, dolnokrídly jednoplošník s trojbodovým zaťahovacím podvozkom. Je poháňaný dvoma šesťvalcovými preplňovanými motormi Teledyne Continental rady TSIO-360, každý s maximálnym vzletovým výkonom 165 kW / 220 k a trojlistou vrtuľou hydraulicky staviteľnou vrtuľou McCauley.

Je vyrábaný spoločnosťou Piper Aircraft Corporation založenou v roku 1937 v Spojených štátoch Amerických.

Výroba typu prebieha od roku 1971 do súčasnosti. Postupne sa v nej vystriedalo päť hlavných verzií, líšiacich sa palubným vybavením, postupne vylepšovanými pohonnými jednotkami a s tým súvisiacimi zlepšeniami letovými výkonmi a zvýšeniami vzletovými hmotnosťami.

TECHNICKÝ POPIS LETÚNA

Tabuľka 11: Základné technické údaje PA-34-220T Seneca III [Zdroj:[4]]

Dĺžka		8,720 m
Výška		3,020 m
Krídlo	rozpätie	11,860 m
	plocha	19,389 m ²
	šípovitosť	0°
Krídeltá	dĺžka	2 x 1,950 m
Vztlakové klapky	dĺžka	2 x 3,140 m
	poloha - vzlet	10°
	poloha - pristátie	25° alebo 40°
Šírka chvostových plôch		4,13 m
Rozchod hlavného podvozka		3,37 m
Rázvor podvozka		2,13 m
Motor	pravý	TSIO-360KB
	ľavý	LTSIO-360KB
Vrtuľa		Trojlistá McCauley 3AF32C508 (E) / 3AF32C509 (P)
Palivové nádrže		98 gal
Palivo		AVGAS 100LL

Tabuľka 12: Základné technické rozdiely PA-34-220T Seneca V [Zdroj:[3]]

Motor	pravý	TSIO-360RB
	ľavý	LTSIO-360RB
Palivové nádrže		128 gal
Vrtuľa		Trojlistá McCauley BHC-J2YF- 2CUF

		BHC-J2
--	--	--------

Tabuľka 13: Hmotnosti letúna

[Zdroj: <https://www.lvvc.uniza.sk/sk/pre-ziakov/loadsheets>]

	Seneca III	Seneca V	
Hmotnosť prázdneho letúna (BEW)	1482 kg	1613 kg	
Maximálna vzletová hmotnosť (MTOW)	1999 kg	1999 kg	
Užitočné zaťaženie (Payload)	517 kg	386 kg	
Maximálna hmotnosť bez paliva (MZFW)	1999 kg	1999 kg	
Maximálna hmotnosť letúna na odbavovacej ploche (MRW)	2009 kg	2009 kg	
Maximálna pristávacia hmotnosť (MLW)	1999 kg	1999 kg	
Maximálna hmotnosť batožiny:			
	v prednom batožinovom priestore	45 kg	45 kg
	v zadnom batožinovom priestore	45 kg	38 kg

Tabuľka 4: Parametre a prevádzkové obmedzenia pohonnej jednotky [Zdroj:[3] [4]]

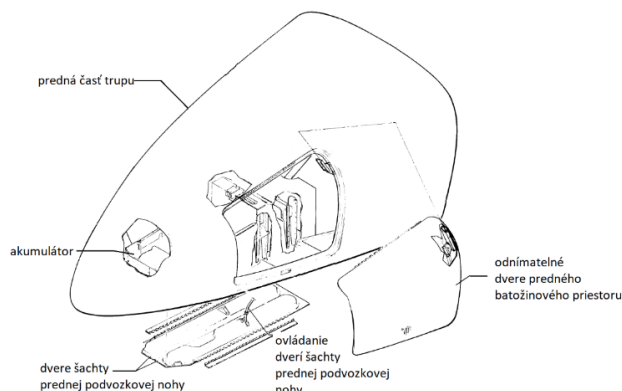
	TSIO-360KB	TSIO-360RB
Vzletový režim: max. otáčky	2800 RPM	2600 RPM
výkon max. tr	220 k (164 kW)	220 k (164 kW)
	časové	5 minút
Cestovný režim: max. otáčky	2600 RPM	2600 RPM
	max. trvalý výkon	200 k (149 kW)
Maximálny plniaci tlak	40 inHg	38 inHg
Maximálna teplota hláv valcov motora (CHT)	460 °F (237 °C)	460 °F (237 °C)
Maximálna teplota oleja	240 °F (115 °C)	240 °F (115 °C)
Maximálna teplota výstupných plynov (EGT)	1650 °F (899 °C)	-

Maximálna teplota na vstupe do turbodúchadla (TIT)	-	1650 °F (899 °C) 1700 °F (926 °C) po dobu 60 sekúnd
Tlak oleja: minimálny maximálny	10 PSI	10 PSI
	100 PSI	100 PSI

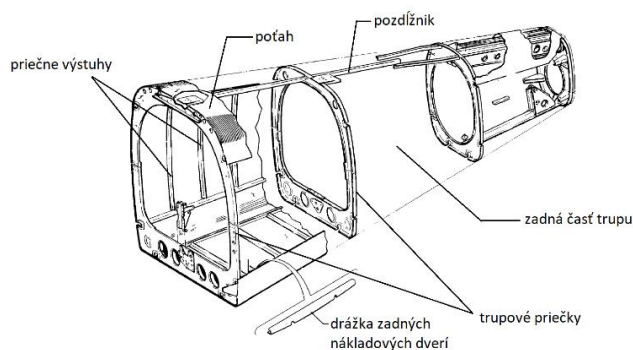
III. DRAK A SYSTÉMY

TRUP

Trup je tvorený celokovovou pološkrupinovou konštrukciou zloženou z nosného poľahu vystuženého pozdĺžnymi výstuhami. Štrukturálne časti draku tvoria tepelne upravená hliníková zliatina s ochranou proti korózii, doplnená sklolaminátom v prednej časti. Trup je zložený z troch častí [3] [4]. Prvou je predná časť trupu nazývaná „nosecone“. Obsahuje meteorologický rádiolokátor, šachtu prednej podvozkovej nohy, úložný priestor pre batožinu a u verzii Seneca III akumulátor. Stredná časť trupu obsahuje kabínu pre posádku a pasažierov. Letún je šesťmiestny s konfiguráciou 2+2+2. Zadná časť trupu obsahuje núdzový vysielateľ polohy (ELT), nezávislé kúrenie, dvere batožinového priestoru a u verzii Seneca V akumulátor.



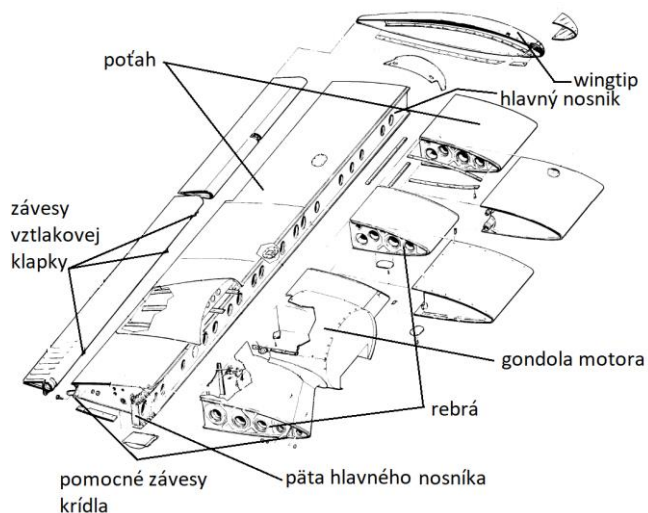
Obrázok 1: Predná časť trupu modelu Seneca III [Zdroj: [2]]



Obrázok 2: Zadná časť trupu modelu Seneca III [Zdroj: [2]]

KRÍDLO

Krídlo letúna Seneca je obdĺžnikového pôdorysu, celokovovej konštrukcie, využívajúce laminárne prúdenie. Má nulovú šípovitosť, vzopätie je 7°. Primárna konštrukcia krídla je tvorená hlavným nosníkom nachádzajúcim sa približne v 40 % tetivy profilu krídla za nábežnou hranou, pomocným predným nosníkom, zadným nosníkom, na ktorý sa zároveň upevňujú klapky a krídelká, rebrami a je krytá potaňom [3] [4].



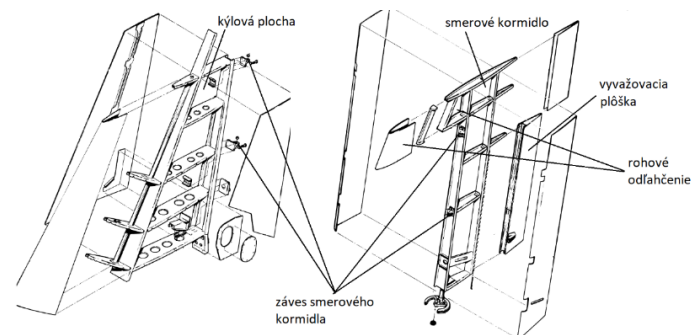
Obrázok 3: Konštrukčné celky krídla [Zdroj: [2]]

Vztlaková klapka je obdĺžnikového pôdorysu vyrobená z hliníkovej zliatiny. Klapky sú štvorpolohové: zasunuté (0°), 10°, 25° a plne vysunuté (40°) [3] [4].

Krídle sú obdĺžnikového pôdorysu, typu Frise. Sú vyrobené z hliníkovej zliatiny [3] [4].

CHVOSTOVÉ PLOCHY

Chvostové plochy letúna sa skladajú z kýlovej plochy, smerového kormidla a plávajúceho horizontálneho stabilizátora (ktorý súčasne plní funkciu výškového kormidla). Smerové kormidlo je zavesené ku zadnému nosníku kýlovej plochy pomocou dvoch závesov. Okrem toho je na smerovom kormidle aj vyvažovacia ploška ovládaná pilotom z kabíny.



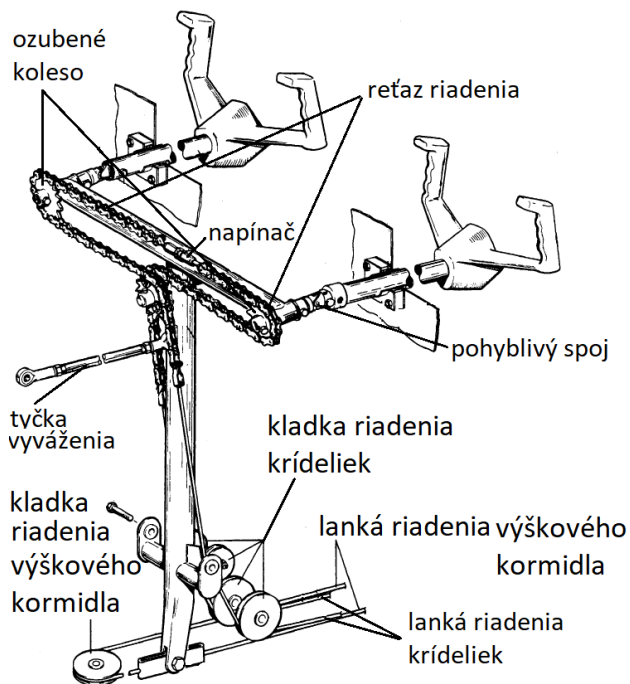
Obrázok 4: Konštrukcia kýlovej plochy a smerového kormidla [Zdroj: [2]]

Horizontálny stabilizátor obdĺžnikového tvaru je plávajúceho typu. Na odtokovej hrane sa nachádza zaťažovacia ploška, ktorá súčasne funguje aj ako vyvažovacia ploška.

SYSTÉM RIADENIA

Riadenie letúna Piper Seneca je priame, zdvojené. Obsahuje riadenie výškového kormidla, krídeliek, smerového kormidla, predného kolesa, vztlakových klapiek a vyvažovacích plôšok.

Riadidlá umožňujú z každého pilotného sedadla ovládať krídelká a výškové kormidlo. Prevod medzi riadidlami a kormidlami je priamy, pomocou lán.



Obrázok 5: Konštrukcia stĺpika riadenia [Zdroj: [1]]

Riadenie výškového kormidla je realizované lanami a kladkami. Pohyb riadiacej páky je prenášaný do spodnej časti trupu, odkiaľ pokračuje lanami cez systém kladiek, pružín, napínadiel a vyvažovacích závaží na ťažlo riadenia výškového kormidla v zadnej časti.

Riadenie krídeliek je realizované pohybom riadiacej páky, ktorá uvádza do pohybu ozubené kolesá a reťaze riadenia s nimi spojené. Tie sú pripojené na lanká vedúce cez systém kladiek do spodnej časti trupu, odkiaľ pokračujú cez kladky a napínadlá do krídel a cez páku na ťažlo riadenia krídeliek.

Ovládanie vztlakových klapiek je elektrické.

Pedálovým nožným riadením je možné z oboch predných sedadiel ovládať smerové kormidlo a prednú podvozkovú nohu.

Riadenie čelového podvozka je spojené so smerovým riadením pomocou lán a pružín. Výchyľka je obmedzená na hodnotu 27° napravo a naľavo.

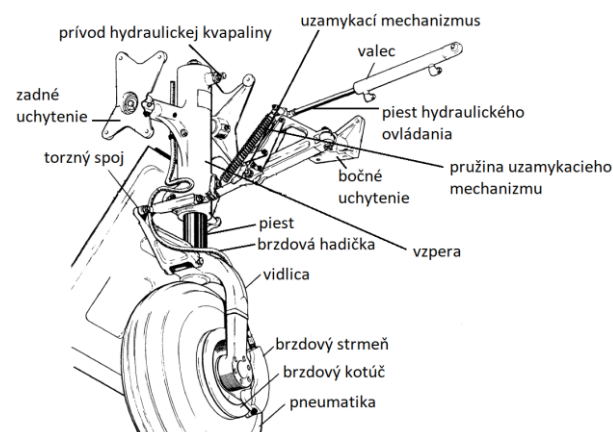
Pozdĺžne vyváženie je ovládané kotúčom, ktorý je umiestnený na stredovom paneli medzi prednými sedadlami..

Smerové vyváženie je ovládané kolieskom umiestneným na stredovom paneli medzi prednými sedadlami.

SYSTÉM PRISTÁVACIEHO ZARIADENIA

Piper Seneca je vybavený plne zaťažovateľným, hydraulicky ovládaným podvozkom, zloženým z hlavného podvozka a na zemi ovládateľného čelového podvozka. Diskové hydraulické brzdy sú ovládané nožnými pákami na pedáloch nožného riadenia z oboch pilotných sedadiel a sú vybavené parkovacou brzdou. Tlak v hydraulickom systéme zabezpečuje invertné hydraulické čerpadlo s elektrickým pohonom. Pristávacie zariadenie je navrhnuté tak, aby ho bolo možné vysunúť núdzovo aj v prípade zlyhania hydraulického systému, pomocou tiaže a nabiehajúceho prúdu vzduchu [3] [4].

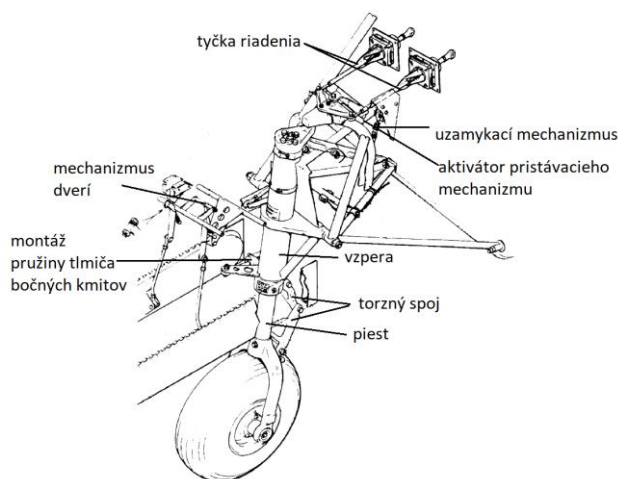
Pristávacie zariadenie využíva teleskopickú konštrukciu. Je vybavené hydropneumatickým tlmičom na zmiernenie pristávajúceho nárazu a pri rolovaní po nespevnenej ploche.



Obrázok 7: Inštalácia ľavej hlavnej podvozkovej nohy [Zdroj: [1]]

PREDNÝ PODVOZOK

Predná podvozková noha je vybavená hydropneumatickým tlmičom. Tlmenie bočných kmitov zabezpečuje pružina riadenia, ktorá je súčasťou riadenia predného kolesa. Zároveň redukuje sily potrebné na zatáčanie na zemi, tlmi nerovnosti pri rolovaní a pri zatáčaní vracia podvozok do neutrálnej polohy [3] [4].



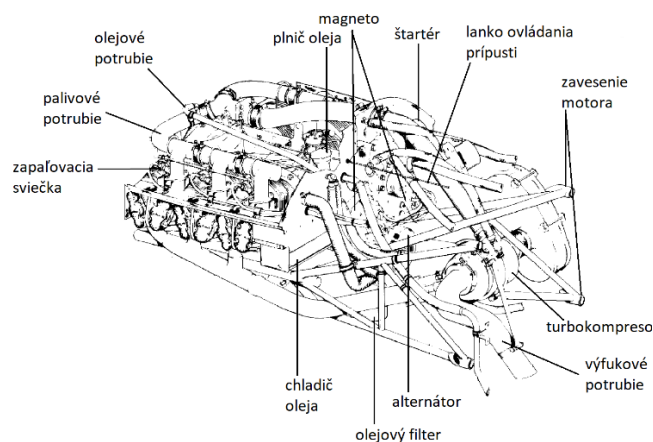
Obrázok 8: Inštalácia prednej podvozovej nohy [Zdroj: [1]]

Brzdy kolies hlavného podvozku sú diskové, ovládané nožnými pákami umiestnenými na pedáloch nožného riadenia. Brzdy možno ovládať z oboch pilotných sedadiel. Na každej hlavnej podvozovej nohe sa nachádza jeden brzdový disk (kotúč) a dvojpiestikový brzdový strmeň. Systém pracuje na hydraulickom princípe, pričom je oddelený od hydraulického systému podvozku [3] [4].

Páčka ovládania parkovacej brzdy sa nachádza na ľavej spodnej časti prístrojového panela. [3] [4].

POHONNÁ JEDNOTKA

Na lietadle Piper Seneca III je použitá dvojica motorov Teledyne Continental Motors TSIO-360-KB s maximálnym trvalým výkonom 200 k pri 2600 ot./min [4]. Seneca V používa verziu TSIO-360-RB s maximálnym trvalým výkonom 220 k pri 2600 ot./min [3]. TSIO-360 je štvordobý, vzduchom chladený, preplňovaný šesťvalec s protibežne usporiadanými piestami, s vrtľou nasadenou priamo na kľukovom hriadeľi a so vstrekaním paliva. Páky ovládania sa nachádzajú v strednej spodnej časti prístrojového panela, s dobrým prístupom z oboch pilotných sedadiel.



Obrázok 9: Pohonná jednotka TSIO-360-RB [Zdroj: [1]]

K ovládaniu motora slúži páka príпустi, páka ovládania vrtule a páka ovládania korekcie.

Spúšťanie motora umožňuje elektrický štartér. Pre spúšťanie možno použiť záložný palubný zdroj elektrickej energie (akumulátor) alebo vonkajší zdroj.

Zapálenie pracovnej zmesi zabezpečujú dve zapáľovacie sviečky v každom valci. O ich iniciáciu sa starajú dva na sebe nezávislé magnetá umiestnené vedľa seba na zadnej strane motorovej skrine. Magnetá sú ovládané dvomi spínačmi na prístrojovej doske a sú pretlakované na zlepšenie ich efektívnosti vo výške [1].

Pohonná jednotka je preplňovaná turbokompresorom, poháňaným výfukovými plynmi, ktoré roztáčajú rotor turbíny. Privedený vzduch je stlačený a následne privádzaný naspäť do motora, čím si motor udržiava výkon aj vo vyšších letových hladinách[3] [4].

Chladienie je zabezpečené vzduchom, ktorý cez vstupy prednej masky motora, ďalej cez deflektory k jednotlivým valcom a agregátom.

V istých režimoch letu sa z dôvodu nižšej účinnosti vzduchového chladienia používa dodatočný systém chladienia v podobe alternatívneho prívodu vzduchu cez klapky motorového krytu (Cowl flaps).

VRTUĽA

Letún je vybavený celokovovou, trojlistou, hydraulicky staviteľnou vrtľou stálych otáčok typu McCauley, patriacou do voliteľnej výbavy. Vrtule sa otáčajú protibežne, čím eliminujú gyroskopický moment, inak vznikajúci pri určitých režimoch letu. Rozsah nastavenia vrtule umožňuje prestavenie polohy listov do práporovej polohy. Každá vrtuľa je kontrolovaná pákou na paneli ovládania pohonnej jednotky [1] [3] [4].

Vrtuľa je vybavená regulátorom otáčok, používaným na nastavenie listov vrtule a automatické udržiavanie otáčok vrtule. [1]

PALIVOVÁ SÚSTAVA

Palivová sústava zaisťuje plynulú dodávku paliva do motora. Palivo je uložené v hlavných palivových nádržiach umiestnených v krídle.

V prípade poruchy primárneho motorom poháňaného čerpadla je k dispozícii elektricky poháňané záložné čerpadlo. Spúšťa sa manuálne a zabezpečuje núdzovú dodávku paliva do motora. [3] [4].

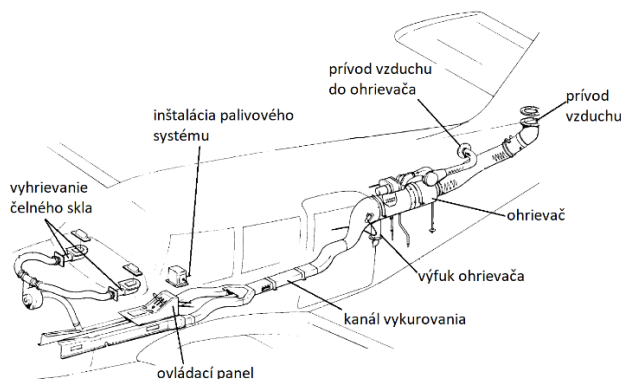
Hlavné palivové nádrže sú umiestnené v nábežnej časti krídel. Seneca III má v každej polovici krídla dve prepojené nádrže s celkovým objemom 98 gal, z čoho 5 gal predstavuje nevyčerpatelné množstvo paliva [4]. Seneca V využíva po tri nádrže v každej polovici krídla, s celkovým objemom 128 gal, z čoho je 6 gal nevyčerpatelné množstvo [3].

OLEJOVÁ SÚSTAVA

Mazanie motora je tlakové, cirkulačné, s mokrou skriňou a kapacitou oleja 2 gal na jeden motor. Minimálne množstvo je 1,6 gal na motor [3] [4].

VYKUROVANIE A VETRANIE KABÍNY

Vykurovanie kabíny a čelného skla zabezpečuje spaľovací ohrievač umiestnený v zadnej časti trupu za zadným batožinovým priestorom. Spaľovací ohrievač je ovládaný trojpolohovým prepínačom umiestneným na ovládacom paneli medzi sedadlami pilotov [3] [4]. Horúci vzduch je vedený dopredu kanálom, pozdĺž podlahy kabíny, k vývodu, ktorým disponuje každé sedadlo a do oblasti čelného skla.



Obrázok 10: Inštalácia vykurovania [Zdroj: [2]]

Vetrание kabíny je zabezpečené čerstvým vzduchom privádzaným do stropného rozvodu otvorom na nábežnej hrane v spodnej časti kýlovej plochy. [3] [4].

SYSTÉM ODMRAZOVANIA

Systém odmrázovania slúži na detekciu, prevenciu a odstránenie námrazy, ktoré môže vážne ohroziť letovú bezpečnosť. U letúna Seneca V je rozdelený na päť samostatných podsystemov: pneumatiký odmrázovací systém, elektrický odmrázovací systém vrtule, systém vyhrievania čelného skla, vyhrievanie pitot- statického systému/snímača uhlu nábehu a systém detekcie vznikajúcej námrazy. [1].

ELEKTRICKÝ SYSTÉM

Použitá je jednosmerná elektrická sústava s pracovným napätím 28 V.

Primárnym zdrojom elektrickej energie Seneca III sú dva 28 V, 65 A alternátory, nainštalované po jednom na každom motore [4]. Model Seneca V používa 85 A verziu [3].

Akumulátor predstavuje záložný zdroj elektrickej energie, využívaný pri zlyhaní alternátorov, pri štartovaní a na napájanie elektrických prístrojov pri vypnutých motoroch.

Systém je proti nadmernému odberu prúdu a skratu chránený ističmi, ktoré v prípade poruchy prerušia elektrický obvod [3] [4].

Externý zdroj umožňuje naštartovať motory bez akumulátora.

Vnútroštránym osvetlením disponujú prístroje a spínače na prístrojovej doske a stropnom paneli. V stropnom paneli sú zároveň umiestnené dve lampy, poskytujúce osvetlenie kokpitu a prístrojovej dosky pri nočných letoch. Vonkajšie osvetlenie pozostáva z rolovacích svetiel a pristávacích svetiel v prednej

časti trupu, pristávacích svetiel na koncoch krídla, navigačných a protizrážkových svetiel [3] [4].

VÁKUOVÝ SYSTÉM

Vákuový systém je využívaný na pohon gyroskopických prístrojov. Skladá sa z vákuového čerpadla suchého typu na každom motore, potrubia privádzajúceho vzduch k prístrojom, regulačných ventilov, ktorých úlohou je zabrániť poškodeniu alebo nesprávnej indikácii gyroskopických prístrojov, filtrov, tlakomeru a plniaceho ventilu [3] [4].

PITOTSTATICKÝ SYSTÉM

Vyhrievaná pitotova trubica umiestnená v spodnej ľavej časti krídla meria celkový tlak pre potreby rýchlo mera. Statický tlak využívaný výškomerom, variometrom a rýchlo merom je meraný dvoma snímačmi na každej strane zadnej časti trupu pred kýlovou plochou [3] [4].

IV. PRÍSTROJOVÁ DOSKA

Prístrojové vybavenie letúna Seneca V je definované zákazníkom. Jednotlivé kusy sa medzi sebou odlišujú. Na obrázku nižšie je štandardná výbava pri jeho uvedení na trh v roku 1996. Rozmiestnenie letových prístrojov je zhodné so starším modelom Seneca III. Rozdiely sú hlavne na poli avionických systémov a líšia sa v závislosti na výbave konkrétneho letúna. U modelu Seneca III absentuje digitálny displej monitorovania pohonnej jednotky, ktorým sú štandardne vybavené letúny verzie Seneca V. Kým monitorovacie prístroje pohonnej jednotky sú u staršieho modelu riešené systémom jeden prístroj s dvoma ručičkami pre oba motory, novší model disponuje prehľadnejším riešením v podobe dvoch prístrojov, jeden pre každý motor. Ďalším rozdielom je umiestnenie výstražného signalizačného panela. U letúna Seneca III zaujíma miesto chýbajúceho digitálneho monitorovacieho displeja a je prístupný hlavne pilotovi sediacemu na ľavom sedadle. Seneca V má signalizačný panel rozdelený na ľavú a pravú časť. Je umiestnený uprostred vrchnej časti prístrojovej dosky.

PRÍSTROJOVÉ VYBAVENIE LETÚNA SENECA V REGISTRÁCIE OM-UTC

Letún PA-34-220T Seneca V s registračnou značkou OM-UTC z letového parku Leteckého výcvikového a vzdelávacieho centra je v konfigurácii s dvomi kombinovanými navigačnými zariadeniami Garmin GNS-430W a zobrazovacím rozhraním Garmin G600.



Obrázok 11: Prístrojové vybavenie letúna Seneca V registrácie OM-UTC [Zdroj: <https://www.aopa.org/>]

GARMIN GNS-430W

GNS-430W je kombinované zariadenie zlučujúce navigačnú, komunikačnú funkciu a schopnosť určovania polohy. Disponuje VHF rádiom, prijímačom signálu rádiomajákov VOR/ILS a NDB a databázami terénu a prekážok. Systém umožňuje načítať 20 letových plánov, pričom jeden sa môže skladať z najviac 31 traťových bodov. Pamäť dovoľuje na mape zobrazovať 1000 lokalít. V kombinácii s transpondérom GTX 330 pracujúcim v móde S je schopný zobrazovať aj informácie týkajúce sa okolitej letovej prevádzky [5] [6].

GARMIN G600

Systém G600 nahrádza štandardné analógové letové prístroje dvoma plochými LCD obrazovkami s vysokým rozlíšením. Medzi výhody patrí zvýšené situačné povedomie, znížená pracovná záťaž a s nimi súvisiace zvýšenie letovej bezpečnosti. Ľavá obrazovka sa nazýva primárny letový displej (PFD). Zobrazuje informácie týkajúce sa rýchlosti, kurzu, výšky, polohy letúna voči horizontu, vertikálnej rýchlosti, navigačné informácie, zostupovej roviny, databázy terénu, prekážok a ďalšie. Na pravej strane sa nachádza multifunkčný displej (MFD) zobrazujúci horizontálnu situáciu okolia lietadla na farebnej mape s ďalšími údajmi ako napr. údaje z palubného meteorologického rádiolokátoru alebo okolitú letovú prevádzku [7].

V. ZÁVER

Teoretické znalosti sú dôležitým predpokladom úspešného absolvovania praktického leteckého výcviku, ako aj následného lietania v praxi. Znalosť jednotlivých častí a systémov lietadla umožňuje v prípade núdzovej situácie výrazne skrátiť reakčný čas, potrebný na identifikáciu a vyriešenie daného problému. V dnešnej dobe sú nároky kladené na dôslednú teoretickú prípravu pilotov oproti minulosti paradoxne vyššie, čo súvisí hlavne s redukciami členov posádky, v súvislosti s rozšírením automatizácie v kokpíte.

Cieľom článku malo byť spracovanie materiálnej časti letúnov Piper Seneca III a Seneca V, určené pre teoretickú

prípravu pilotov vo výcviku, pred ich preškolením na danú triedu. Zber informácií prebiehal formou prekladov z príručiek pre pilota a manuálu pre technickú údržbu letúnov PA-34-220T, ktoré užívateľom poskytuje výrobca letúna. Tie sú vydávané len v anglickom jazyku a navyše sú pomerne rozsiahle, čo prinieslo potrebu selektovať hlavne podstatné informácie a usporiadať ich v prehľadnej forme. Technické údaje v prvej časti som spracoval prevažne do podoby tabuliek, pričom som zároveň porovnával modely Seneca III a Seneca V. Popis systémov a sústav v druhej časti som doplnil schémami s popisom, ktoré zabezpečia ľahšiu predstavu o ich zložení a fungovaní. Tretia časť bola doplnená o schému prístrojového panela, spolu s popisom ovládacích prvkov.

Verím, že práca bude po editácii vydaná v knižnej alebo elektronickej podobe a prispeje k zefektívneniu výcvikových aktivít v Leteckom výcvikovom a vzdelávacom centre Žilinskej univerzity v Žiline.

PodĎakovanie

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] THE NEW PIPER AIRCRAFT, INC. 2006. Airplane maintenance manual PA-34-220T Seneca IV, Seneca V. Vero Beach: 2010. 1698 s.
- [2] PIPER AIRCRAFT CORPORATION. 1993. Airplane parts catalog PA-34-220T Seneca III. Vero Beach: 1993. 577 s.
- [3] THE NEW PIPER AIRCRAFT, INC. 1997. Pilot's operating handbook PA-34-220T Seneca V. Vero Beach: 1997. 422 s.
- [4] PIPER AIRCRAFT CORPORATION. 1981. Pilot's operating handbook PA-34-220T Seneca III. Vero Beach: 1981. 408 s.
- [5] Garmin GNS-430W. Dostupné na internete: <https://buy.garmin.com/en-US/US/p/301/pn/010-00412-01#overview> (citované 2020-05-21)
- [6] Garmin GNS-430W. Dostupné na internete: <https://www.seaerospace.com/sales/product/Garmin/GNS-430W> (citované 2020-05-21)
- [7] Garmin G600. Dostupné na internete: <https://buy.garmin.com/en-US/US/p/6427#overview> (citované 2020-05-21)
- [8] NOVÁK, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [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. 2015. Aeromechanika 1: základy aerodynamiky. Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.
- [11] HOLODA, Š., PECHO, P., JANOVEC M. & BUGAJ, M. 2017. Modification in Structural Design of L-13 "blanik"

Aircraft's Wing to Obtain Airworthiness. Transport Problems 7(1), pages 77-86

- [12] ČERNAN, J., RODZIŇÁK, D. & BRIANČIN, J. 2014. Contact fatigue of TiCN coated sintered steels. Powder Metallurgy 57(4), pages 258-264
- [13] NOVÁK, A. & PITOR, J. 2011. Flight inspection of instrument landing system. 2011 IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems FISTS 2011 5973617, pages 329-332
- [14] PECHO, P., WYLIE, M. & BUGAJ, M. 2018. Introduction study of design and layout of UAVs 3D printed wings in relation to optimal lightweight and load distribution Transportation Research Procedia 35, pages 287-294.

Juraj Chebeň –narodený dňa 27.12.1997 v Ružomberku absolvoval v roku 2017 Gymnázium sv. Andreja v Ružomberku, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.

HISTÓRIA A VÝVOJ PREHLADOVÝCH SYSTÉMOV PRE ÚČELY RIADENIA LETOVEJ PREVÁDZKY

HISTORY AND DEVELOPMENT OF SURVEILLANCE SYSTEMS FOR AIR TRAFFIC CONTROL

Terézia Juríková

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

Jakub Thomas

Era a.s., Česká Republika
j.thomas@era.aero

Abstract – *The paper is focused on the issue of surveillance systems for air traffic control purposes. The main goal of the work was to process knowledge about the history of surveillance systems and how these systems have evolved over time. For the elaboration of this work, we used professional books, articles and methodologies of various organizations and companies that deal with this topic. Figures and tables have also been used to illustrate the subject more easily. In the first chapter we discuss the history of radiolocation, passive surveillance systems that were used before and after World War II. The first chapter also describes the development of more modern technologies such as ADS-B and multilateration, which have been fully used in the last few years, but their development began much earlier. The second chapter discusses two types of surveillance radars, primary and secondary and their special types. We focused on the description of mainly those specific types that are used at Slovak airports. In the third chapter, we take a closer look at the current development of surveillance systems. We have included in this development the monitoring of air traffic using cameras from remote towers, the combination of surveillance systems into a unit called ARTAS for the purposes of air traffic management and the surveillance of today's very popular unmanned aerial vehicles.*

Key words – radiolocation, primary, surveillance radars, secondary surveillance radars, multilateration, ADS-B, space-based ADS-B, remote tower, ARTAS.

I. ÚVOD

V súčasnosti operuje cez vzdušný priestor Slovenskej Republiky veľké množstvo leteckých liniek, čo čini vyše 350-tisíc lietadiel ročne. Pre udržanie bezpečnej a súvislej letovej prevádzky je nevyhnutné mať prehľad o stave a množstve lietadiel vo vzdušnom priestore. Toto sledovanie zabezpečujú rôzne druhy prehľadových systémov.

Táto práca sa zameriava a zaoberá históriou prehľadových systémov od začiatkov 20-teho storočia, taktiež sa

zameriava na súčasný vývoj ale aj vývoj prehľadových systémov v blízkej budúcnosti.

V prvej kapitole je opísaná história rádiolokácie, ktorú prvý teoreticky spracoval škótsky fyzik James Maxwell. V tejto kapitole taktiež spomínáme multilateráciu, ktorej začiatky siahajú do čias prvej svetovej vojny a jej súčasný vývoj známi ako wide-area multilaterácia. Kapitola taktiež obsahuje princíp činnosti, históriu a vývoj automatického závislého sledovania a jeho kombinácie s multilateráciou v podobe multi-senzorového systému NEO a ADS-B vysielajú SQUID pre sledovanie letiskových vozidiel.

Druhá kapitola je zameraná na primárne a sekundárne prehľadové radary. V nej sú opísané súčasti oboch druhov prehľadových radarov a ich výhody a nevýhody. Taktiež ako v predošlej kapitole je zachytená história a vývoj jednotlivých prehľadových radarov a ich špeciálnych druhov.

V poslednej tretej kapitole opisujeme súčasný vývoj prehľadových technológií, ktoré majú napomáhať riadiacim pri kontrole letovej prevádzky. Ide o technológiu nazývanú diaľkové veže, ktoré zabezpečujú bezpečné riadenie letovej prevádzky a zníženie nákladov letísk. V druhej časti tretej kapitoly spomíname jednotku ARTAS ako súhrn viacerých prehľadových systémov vytvorenú Eurocontrolom. Obe dve technológie sú už zavedené na mnohých európskych letiskách ale stále je potrebné ich overovanie a certifikácia. Na poslednej časti tretej kapitoly opisujeme trackovanie bezpilotných prostriedkov, ktoré sa stávajú súčasťou manažmentu letovej prevádzky.

II. HISTÓRIA A VÝVOJ

Začiatky radaru sú asociované s teoretickou prácou škótskeho fyzika Jamesa Maxwella, ktorý sformuloval všeobecné rovnice elektromagnetických vln a ich správania sa v roku 1864. Experimentálna práca nemeckého fyzika Heinricha Herza potvrdzuje Maxwellovu teóriu a dokazuje, že rádiové vlny môžu byť odrazené od hmotných objektov (tzv. cieľov). Táto kľúčová skutočnosť tvorí základ, pomocou ktorého môže radar vykonávať detekčný proces snimaním prítomnosti odrazenej vlny. [1]

Nové a lepšie radarové systémy prišli v 50-tych rokoch 20. storočia s rozvojom klystronového zosilňovača, ktorý

poskytoval zdroj stáleho vysokého výkonu pre radary s veľmi dlhým dosahom. [2]

PASÍVNE SLEDOVACIE SYSTÉMY

Medzi najviac zavádzané pasívne sledovacie systémy (hlavne určené pre sledovanie letovej prevádzky), môžeme považovať tie, ktoré fungujú na princípe časomerno-hyperbolickej metódy (TDOA) a Bistatického rangingu.

Podstatou časomerno – hyperbolickej metódy je vyhodnocovanie časových rozdielov ožiarenia troch navzájom vzdialených pozemných prijímacích stanovišť impulzným signálom zisťovaného zdroja. PSS môžu taktiež fungovať na princípe bistatického rangingu, kde prijímacia a vysielacia anténa sú oddelené na rôznych miestach. Podľa tejto metódy fungujú novo vznikajúce MSPSR. [3]

V roku 1964 bol PRP-1 **KOPÁČ** (Presný rádiotechnický pátrač-1 Korelační Pátrač) prvý systém zavedený do Československej armádnej výbavy. Skladal sa zo štyroch vozidiel Praga-V3S. Nástupcom Kopáča bol Komplex rádiotechnického prieskumu KPTR-81 **Ramona**. Anténne zariadenie s výsuvným ramenom s dĺžkou 25 m bolo umiestnené na šiestich vozidlách a vyhodnocovacie systémy, zdroje energie a ďalšie prístroje viezli zvyšné vozidlá. [4]

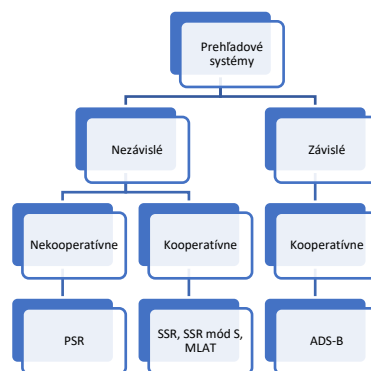
Tesla Pardubice vyvinula technicky lepší Komplet rádiotechnického prieskumu 86 (KTPR-86) s pomenovaním **Tamara**. Celý systém bol zjednodušený. Programové vybavenie štrnástich počítačov dokázalo vyhodnotiť dáta a sledovať tak až 72 cieľov v dosahu 450 km. [5]

Tesla Pardubice skrachovala a vývoj pasívnych systémov prevzala nová firma ERA, a.s. založená v roku 1994, ktorá v 90-tych rokoch vyvinula **Veru**. Najskôr vznikla myšlienka, že Vera bude vyvíjaná ako civilný systém pre riadenie letovej prevádzky. V roku 1995 začala spoločnosť Era pracovať na civilnej verzii pasívneho sledovacieho systému pre účely riadenia letovej prevádzky. Vývoj tohto systému sa podaril a spoločnosť Era na prelome 1999 a 2000 začína dodávať svoje prvé civilné prehľadové systémy. **Vera-E** je pasívny sledovací systém schopný zisťovať, sledovať a identifikovať pozemné, vzdušné aj námorné ciele. Praktickým výsledkom Vera-E je sledovať naraz najmenej 200 cieľov akéhokoľvek druhu na vzdialenosť 450 km, a to úplne pasívne. Veru nie je možné detekovať, rušiť alebo zamerať. [25] [6]

Pasívny sledovací a identifikačný systém **Vera-NG** je 5. generáciou tohto systému. Vera-NG používa pokročilú technológiu sledovania, ktorá zabezpečuje v dlhom časovom rozmedzí sledovať širokú oblasť s dosahom až do 400 km. Dizajn systému je plne mobilný, čo zaisťuje jeho pripravenosť na rýchle taktické nasadenie. [7] [8]

KATEGORIZÁCIA PREHĽADOVÝCH SYSTÉMOV

Systémy pre riadenie letovej prevádzky a prehľadové systémy môžu byť rozdelené do dvoch skupín a to nezávislé a závislé podľa toho, kde sa vypočítava pozícia cieľa. Toto rozdelenie je ďalej kategorizované ako kooperatívne a nekooperatívne ako je vidieť na obrázku č. 1. [9]

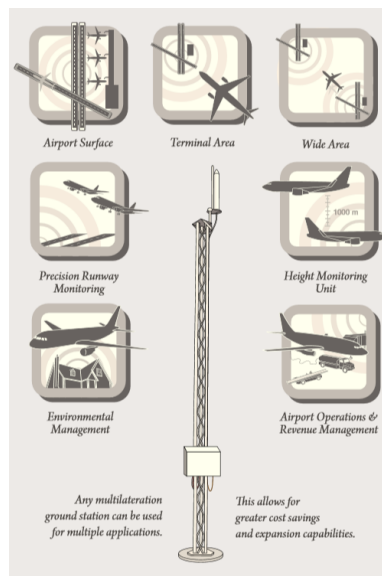


Obrázok 1: Kategorizácia základných prehľadových systémov [9]

MULTILATERÁCIA

Multilaterácia (MLAT) je preskúmaná technológia, ktorá bola a je používaná mnoho desaťročí. Pozemné stanice MLAT prijímajú odpovede od všetkých lietadiel vybavených odpovedačom, zahŕňajúcich taktiež odkazový radar a ADS-B avioniku a určujú pozíciu lietadla na základe TDOA odpovedí. Časový rozdiel určujeme pomocou hyperbolickej metódy. Ide o pasívnu rádiolokáciu, kedy lietadlá ale aj pozemné dopravné prostriedky vysielajú elektromagnetické signály.

Obrázok č. 2 zobrazuje rôzne aplikácie MLAT na oblasti povrchu letiska, oblasť terminálu, širokú oblasť, monitorovanie precíznosti pristávacej dráhy, jednotku monitorovania výšky, manažment životného prostredia a letiskové operácie a finančný manažment. [10] [11]



Obrázok 2: Aplikácie multilaterácie [11]

AUTOMATICKÉ ZÁVISLÉ SLEDOVANIE

Automatické závislé sledovanie – vysielanie (ADS-B - Automatic Dependent Surveillance – Broadcast) je prehľadová technika, ktorá sa spája s lietadlami a letiskovými dopravnými prostriedkami vysielaním ich identifikácie, pozície a ďalších

informácií odvodených z palubných systémov (napr. VOR/DME, GNSS a pod.). ADS-B je automatické pretože žiadny vonkajší podnet nie je požadovaný, je závislé pretože sa opiera o palubné systémy, aby zabezpečil informácie o sledovaní ostatným stranám. Dáta sú vysielané, čo znamená, že prvotný zdroj nevie, kto prijme dáta a neexistuje dvojsmerná komunikácia ani dotazovanie.

Jednou z výhod ADS je zmenšenie rozstupov medzi lietadlami, čo umožňuje zväčšenie počtu tratí. Taktiež je možné sledovať lietadlá aj v oblastiach bez pokrytia radarov. Medzi nevýhody patrí potreba rozšírenia palubného technického vybavenia lietadiel. [10] [12]

Vesmírny ADS-B rozširuje tú istú ADS-B technológiu aktuálne prijímanú na pozemných prijímačoch do vesmíru. Aireon-ov vesmírny ADS-B zastúpený na novej Iridium nízko-orbitovej (LEO - Low-Earth Orbit) satelitnej konštelácii bude prijímať správy z lietadlového ADS-B s vysoko stupňovou presnosťou a ochranou a bude ich prenášať k letovým kontrolórom v reálnom čase. [13]

SPOJENIE MLATA ADS-B

Posledná generácia multi-senzorového systému ERA pre riadenie letovej prevádzky je nazývaná **NEO**. Systém spoľahlivo poskytuje presné dáta o polohe a chovaní objektov v reálnom čase a to na základe ich vybavením odpovedačmi vysielajúcimi v móde A/C/S. Na systéme NEO je založená letisková multilaterácia, ktorá vykonáva sledovanie pohybu lietadiel na zemi v areáli letiska a vo vzduchu v jeho bezprostrednej blízkosti. [14]

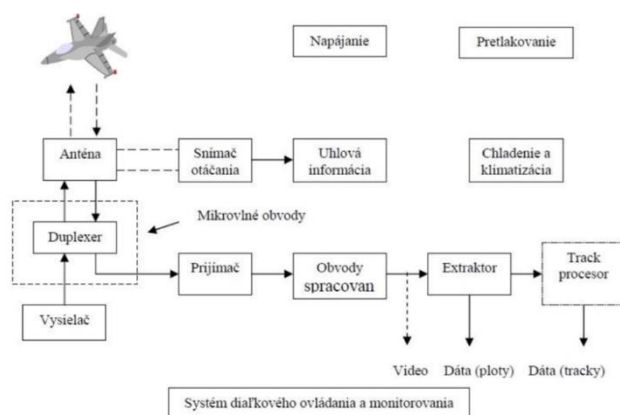
Jednotlivé zariadenia SQUID dopĺňujú a podporujú systém NEO tým, že na základe ich vysielania je možné identifikovať a sledovať ciele, ktoré nie sú vybavené palubnými odpovedačmi, teda sa jedná o letiskové vozidlá. SQUID jednotky vysielajú automaticky odpoveď v móde S a sú vybavené s GPS prijímačom, ktorý sleduje pozíciu vozidla. [15]

III. PREHĽADOVÉ RADARY

Slovo RADAR je akronym, ktorý vznikol z frázy RADio Detection And Ranging. [2]

PRIMÁRNY PREHĽADOVÝ RADAR

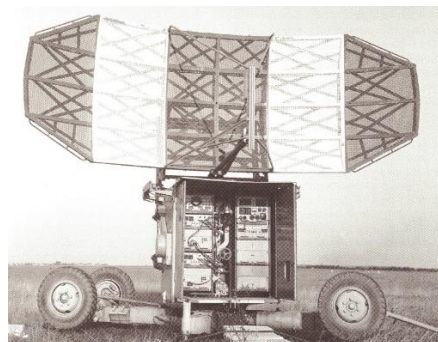
V primárnych radaroch vysielateľ vysielá radarový signál na osvetlenie cieľa a prijímač prijíma odrazené echo, aby sa mohli informácie extrahovať. Pulzný radar pozostáva z piatich základných prvkov: vysielateľ, duplexer, anténa, prijímač a indikátor. Táto zostava je znázornená na obrázku č. 3. [10]



Obrázok 3: Časti primárneho radaru – bloková schéma [10]

Najvýznamnejšou výhodou primárneho prehľadového radaru je schopnosť detekovať akýkoľvek cieľ, ktorý je v okruhu krytia. Ide o nezávislé sledovanie, keďže nie je potrebné kooperačné zariadenie na palube lietadla. Táto kladná vlastnosť je aj záporná, pretože okrem užitočných cieľov detekuje aj neúžitočné objekty (budovy, terén a pod.). [10]

V júli roku 1957 prišiel do prevádzky **Radar RL-1**, prvý primárny radar pre riadenie letovej prevádzky. Okrskový radar RL-1 umiestnený na streche riadiacej veže mal maximálny dosah 50km. **Radar OR-1** bol odvodený z mobilnej vojenskej verzie a bol inštalovaný na letisku v Prahe v roku 1958. Anténa radaru s rozmermi 6,5 x 2,4m bola pevne spojená s kabinou vybavenou modulátorom, dvojicou vysielateľov a prijímačov. [16]



Obrázok 4: Radar OR-1 na letisku v Prahe [16]

STAR-2000 je pevný, modulárny, primárny prehľadový radar koncovej riadenej oblasti (TAR), ktorý vyhovuje civilnej ale aj vojenskej letovej prevádzke. Je skonštruovaný pre zostavenia samostatného radaru, pre združenie sa s monoimpulzným sekundárnym prehľadovým radarom alebo na prevádzku v móde S. Nástupcom STAR-2000 je **STAR-NG** (Next Generation) pracujúci v pásme S. Obsahuje funkcie proti rušeniu a taktiež je schopný poskytovať informácie o výškach a meteorologických podmienkach. [17]

Multistatický primárny prehľadový radar (MSPSR) je nezávislá sledovacia technológia, ktorá používa rozloženú architektúru vysielateľa a prijímača na detekciu lietadiel aj keď nie sú vybavené spolupracujúcim sledovacím zariadením ako je

odpovedač alebo ADS-B. MSPSR znižuje dopad na významné mobilné komunikačné spektrum, znižuje zásah veterných elektrární a redukuje náklady na údržbu. Systém je založený na bistatickom radare, kde prijímač a vysielač sú priestorovo oddelené. [18]

SEKUNDÁRNY PREHLADOVÝ RADAR

Sekundárny prehľadový radar je systém, ktorý používa vysielač aby vypočul lietadlo vybavené odpovedačom, poskytujúce dvojsmerový dátový spoj na rozdielnych vysielačoch a odpovedajúcich frekvenciách. Pozemné stanice SSR skúmajú lietadlá vybavené transpondérom pomocou kódovacích dotazových impulzov na frekvencii 1030 MHz. Ak je rozstup medzi P₁ a P₂ je 8 μs, dotazovač pracuje v móde A a pýta sa na identifikáciu. Lietadlový odpovedač „počúva“ dopytový signál SSR a vysiela odpoveď na frekvencii 1090 MHz, ktorá obsahuje informácie o lietadle. [2]

Tabuľka 1: Módy odpovedača sekundárneho radaru, ich rozstupy a účely. [10]

Mód	Rozstup P ₁ – P ₃	Účel
A	8μs	Identifikácia
B	17μs	Identifikácia
C	21μs	Nadmorská výška
D	25μs	Nedefinované
S	3,5μs	Mnohoúčelová

Výhodou SSR je, že schopnosť identifikovať letovú hladinu lietadla. Medzi nevýhody patrí asynchrónne prerušenie vytvorené prijatím a upravením odpovede lietadla, ktorého odpovedač odpovedal na dotaz z cudzieho dotazovača, inak nazývané FRUIT. Ďalším problémom môže byť Garbling, kedy sa odpovede z odpovedačov dvoch lietadiel môžu prekrývať ak lietadlá letia blízko seba nezávisle od ich výšky.

Použitím monoimpulzného sekundárneho prehľadového radaru (MSSR) sa podarilo eliminovať niektoré chyby klasického sekundárneho prehľadového radaru. Presnosť určenia polohy v azimute bola zvýšená na niekoľko stotín stupňa, vyššia presnosť taktiež zabezpečuje presnejšiu trajektóriu pri trackingu. [10]

V októbri roku 1981 bola dokončená inštalácia prototypu poľského radaru AVIA-C spoločne so sekundárnym radarom KOREŇ. V roku 1993 vystriedal túto zostavu monoimpulzný sekundárny radar RSM970. Okrem radaru na Veľkom Javorníku prevádzkuje LPS od roku 2012 primárny a sekundárny radar na letisku v Bratislave v zostave STAR2000 a RSM970S a od roku 2015 nový sekundárny radar v Košiciach na kopci Mošník. [16] [19]

IV. PREBIEHAJÚCI VÝVOJ PREHLADOVÝCH SYSTÉMOV

Odvetvie prehľadových systémov pre účely riadenia letovej prevádzky je oblasť, ktorá si udržuje overené zásady.

Nové systémy musia podliehať vysokým požiadavkám bezpečnosti a štandardom, ktoré vyvíjajú dôležité letecké organizácie ako ICAO, Eurocontrol a EUROCAE. Aj preto zavádzanie nových technológií je pomalšie a podrobne overované.

SLEDOVANIE LETOVEJ PREVÁDZKY KAMERAMI

Diaľkovo ovládané letiská alebo inak nazývané diaľkové veže (Remote Tower - RT) zabezpečujú bezpečné a nízko nákladové letecké prevádzkové služby zo vzdialeného miesta pre jedno alebo viac letísk. Používanie RT je najvýhodnejšie pre letiská s nízkou prevádzkou, kde priradené alebo lokálne ATS sú považované za neudržateľné alebo cenovo neefektívne.

RT používajú sledovacie kamery s vysokým rozlíšením aby zachytili a digitalizovali panoramatický výhľad letiskového prostredia. Tieto kamery a senzory môžu byť situované kdekoľvek na letisku. Cez zabezpečenú sieť sú zachytené dáta vysielať ihneď do ATC veže alebo operačnej miestnosti, kde sú video dáta v reálnom čase zobrazované na obrazovkách pre kontrolórov aby mali dohľad nad celým letiskom. Okrem toho je možné pridať umelej inteligencie na poskytovanie dodatočnej bezpečnosti v podobe hlásení pre včasnú detekciu konfliktnej situácie alebo narušenie vymedzenej oblasti letiska.

Všetky zmeny v leteckom priemysle sú regulované striktnými bezpečnostnými pravidlami. Diaľkové veže sú požadované poskytovať službu, ktorá je aspoň tak bezpečná alebo bezpečnejšia ako súčasné služby. [20]



Obrázok 5: Riadenie letovej prevádzky z diaľkovej veže [Zdroj: <https://www.ifatca.org/remote-towers-guidance/>]

KOMBINÁCIA PREHLADOVÝCH SYSTÉMOV

Podobne ako A-SMGCS kombinuje primárnu (SMR) a sekundárnu (MLAT) rádiolokáciu, tak sa čím ďalej častejšie používajú kombinácie jednotlivých prehľadových systémov pre oblasť priblíženia a En-Route. V súčasnej dobe existujú dátové fúzie ako napr. ARTAS, ktoré dokážu spojiť jednotlivé prehľadové systémy a využiť výhody jednotlivých systémov.

ARTAS (ATM surveillance Tracker And Server – ATM prehľadový tracker a server) je systém spracovania sledovacích dát rozmiestnený po Európe vytvorený Eurocontrolom. Je schopný spracovať správy o sledovacích údajoch z klasických radarov, módu S, ADS-B a WAM. Ponúka

používateľom najlepšiu možnú situáciu o letovej prevádzke v reálnom čase s vysokou presnosťou a spoľahlivosťou.

Jednotlivé sledovacie senzory sú pripojené na regionálnu prehľadovú sieť a jednotky sú taktiež pripojené k tejto sieti. Každá ARTAS jednotka spracováva sledovacie dáta prijaté na sieť a pracuje ako server. Prostredníctvom systému distribúcie sledovacích údajov sú poskytované nepretržité údaje o trati lietadla pre ATC a iné systémy (napr. terminálové oblasti, vojenské jednotky, jednotky riadenia toku), ktoré sú pripojené k sieti. V dnešných dňoch sleduje ARTAS 90 % Európskych denných letov v 43 centrách riadenia letovej prevádzky. [21]

TRACKOVANIE UTM

Pre riadenie letovej prevádzky sú radary neodmysliteľnou súčasťou a ich vývoj zjednodušuje prácu riadiacich. Jedným z novodobých trendov sú UAVs tzv. drony. Drony sú diaľkovo ovládané lietadlá bez posádky. Avšak v dnešnej dobe sú veľkým problémom pre riadenie leteckej prevádzky.

Nemecký systém PHOENIX používa dáta o pozícii zo všetkých civilných aj vojenských SSR a Mód S radarov, multilaterálnych systémov, ADS-B a SMR senzorov pre vypočítanie letovej situácie pre ATC a ATM. Tento systém bol preto vybraný pre sledovanie a trackovanie prevádzky dronov. [22]

Integráciu letectva s posádkou je kľúčovou bezpečnostnou funkciou na sledovanie UTM. Systémy UTM nebudú dostatočne prispievať k bezpečnosti letectva, ak sa letectvo s posádkou v tomto vzdušnom priestore nevníma v kombinácii s prevádzkou dronov. Hlavnou hrozbou sú kolízie medzi dronmi a nízko letiacimi lietadlami najčastejšie v blízkosti letiska.

V. ZÁVER

Prehľadové systémy sú neodmysliteľnou súčasťou leteckej dopravy. Už v polovici 19-teho storočia sa začali prvé pokusy sledovania objektov. Neskôr tieto teoretické poznatky prešli do praxe a boli vytvorené rádiolokačné zariadenia, ktoré pomáhali v prvej svetovej vojne sledovať nepriateľské lietadlá. Postupom času sa začali vyvíjať nové prehľadové technológie ako napríklad pasívne prehľadové systémy, ktorých priekopníkom bola Česká Republika.

Kategorizácia prehľadových systémov sa delí na závislé a nezávislé, kooperatívne a nekooperatívne. Systém multilaterácie patrí medzi nezávislé kooperatívne systémy a funguje na princípe takzvaného rozdielu času príchodu signálu. I keď multilaterácia je v podstate moderná technológia jej začiatky siahajú do obdobia prvej svetovej vojny. Existuje množstvo aplikácií MLAT ale najvýznamnejšia je Wide-Area MLAT, ktorá pokrýva širokú oblasť letísk a je presnejšia a cenovo menej náročná ako sekundárny radar. Do vývoja prehľadových systémov patrí aj ADS-B ako systém, ktorý je inštalovaný na palube lietadla a vysiela informácie o polohe nezávisle na dotazoch od pozemných zariadení. Zavedením ADS-B sa umožnilo zmenšenie rozstupov a zväčšenie počtu tratí a hlavnou výhodou je, že sledované sú aj lietadlá v oblastiach bez radarového pokrytia. Vesmírne ADS-B používa to isté vybavenie

ale prijímače sú umiestnené na obežnej dráhe Zeme. Tento systém je bezpečnejší a efektívnejší a pokrýva oceány a polárne oblasti.

Prehľadové radary sú elektromagnetické prístroje určené na detekciu a sledovanie lietadiel. V práci sme opisali princíp činnosti, jednotlivé časti aj výhody a nevýhody primárnych aj sekundárnych prehľadových radarov. V podkapitolách história a vývoj sme sa zamerali na radary používané na letiskách v Českej aj Slovenskej republike. Vývojom radarov je hlavne ich postupné zvyšovanie dosahu a pridávanie nových funkcií. K primárnym radarom taktiež patrí multistatický radar, ktorý znižuje prevádzkové náklady. Sekundárny radar potrebuje na svoju činnosť odpovedač na palube lietadla. Odpovedače pracujú v rôznych módoch a podľa toho sa určuje, ktoré informácie budú odoslané. K špeciálnemu druhu sekundárnych radarov patrí monoimpulzný sekundárny prehľadový radar, ktorý odstraňuje niektoré nevýhody klasického radaru.

Cieľom práce bolo analyzovať históriu a vývoj prehľadových systémov pre účely riadenia letovej prevádzky. Aj preto sme sa v poslednej kapitole zamerali na súčasný vývoj sledovacej technológie. V prvej časti opisujeme princíp fungovania diaľkových veží. Táto technológia môže do budúcnosti zjednodušiť riadenie letovej prevádzky aj zníženie nákladov letísk s nižšou prevádzkou. Druhá časť tretej kapitoly zachytáva činnosť jednotky ARTAS ako kombinácie viacerých prehľadových systémov, kde sú užívateľom poskytované informácie o letovej prevádzke v reálnom čase.

REFERENCIE

- [1] SKOLNIK, M. I. *History of radar*. [online]. [cit. 2020.02.20.] Dostupné na internete: <https://www.britannica.com/technology/radar/History-of-radar>
- [2] HABIBUR, R. 2019. *Fundamental Principles of Radar*, Boca Raton: Taylor & Francis Group 2019. 321 s. ISBN 978-1-138-38779-9.
- [3] OCHOTNICKÝ, J. - ŠPIRKO, Š. - CIBIRA, G. 2008. *Rádiolokácia a Rádionavigácia*, 1. vyd. Liptovský Mikuláš: Akadémia ozbrojených síl generála Milana Rastislava Štefánika, 2008. 228 s. ISBN 978-808040-354-6.
- [4] KAUCKÝ, S. 2004. Proč nemohou přijít Vere na jméno. In *ATM*, 2004, č. 7, s. 6-8.
- [5] KOUKAL, M. 2012. Tamara i Vera nemely o nápadníky nouzi. In *21. STOLETÍ*, 2012, č. 5, s. 20-21.
- [6] SIMON22. 2013. *Skvelé pasívne radary Ramona Tamara, Vera, vidia neviditeľné?*. [online]. [cit. 2020.04.04.] Dostupné na internete: <https://simon22.blog.pravda.sk/2013/09/10/skvele-pasivne-radary-ramonatomara-vera-vidia-neviditelne/>
- [7] Era a.s. 2020. *Vera-NG videt a nebýt viden*. [online]. [cit. 2020.04.04.] Dostupné na internete: <https://www.era.aero/cs/military-security/vera-ng>.
- [8] Era a.s. 2014. *Vera-NG by Era*. [online]. [cit. 2020.04.04.] Dostupné na internete: <http://old.era.aero/products/vera-by-era/>.
- [9] GAVIRIA, I. A. M. 2013. *New strategies to improve multilateration system in air traffic control*, 1. vyd.

- Valencia: Universitat Politecnica de Valencia, 2013. 284 s. ISBN 978-84-9048-089-2
- [10] NOVÁK, A. 2015 *Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve*, Bratislava: DOLIS s.r.o., 2015. 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5
- [11] Era a.s. 2007. *Multilateration & ADS-B executive reference guide* [online]. [cit. 2020.04.10.] Dostupné na internete: <http://www.multilateration.com/>
- [12] Skybrary.aero. 2020. *Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)* [online]. [cit. 2020.04.11.] 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)).
- [13] MAXSON, G. 2011. *A Brief History of ADS-B*. [online]. [cit. 2020.04.11.] Dostupné na internete: <http://adsbforgeneralaviation.com/a-brief-history-of-ads-b/>.
- [14] Aireon.com. 2020. *Global Air Traffic Surveillance*. [online]. [cit. 2020.04.12.] Dostupné na internete: <https://aireon.com/services/>.
- [15] Era a.s. 2020. *NEO*. [online]. [cit. 2020.04.15.] Dostupné na internete: <https://www.era.aero/cs/air-traffic-management/neo>
- [16] Era a.s. 2020. *SQUID*. [online]. [cit. 2020.04.15.] Dostupné na internete: <https://www.era.aero/cs/air-traffic-management/squid>
- [17] UHLÍŘ, I. 2017. *Historie Radarů pro řízení letového provozu*, Řízení letového provozu ČR, s.p., 2017. 105 s. ISBN 978-80-905939-2-3
- [18] WOLFF, C. *STAR-2000*. [online]. [cit. 2020.04.13.] Dostupné na internete: <https://www.radartutorial.eu/19.kartei/03.atc/karte014.en.html>
- [19] Era a.s. 2013. *Era launches its Silent Guard demonstrator for passive detection of non cooperative flying targets*. [online]. [cit. 2020.04.15.] Dostupné na internete: <http://old.era.aero/news/132/59/ERA-launches-its-Silent-Guard-demonstrator-for-passive-detection-of-non-cooperative-flying-targets/>.
- [20] Era a.s. 2020. *ERA pokřtila radar SICORRA na NATO Days* [Online]. [Available: <https://www.era.aero/cs/onas/novinky/era-pokrtila-radar-sicorra-na-nato-days-1>].
- [21] Thales. *RSM 970 S*. [online]. [cit. 2020.04.14.] Dostupné na internete: <https://www.radartutorial.eu/19.kartei/14.ssr/pubs/RSM970.pdf>
- [22] China. 2018. Need for standardisation and guidance material for digital tower and remote tower. In *55th CONFERENCE OF DIRECTORS GENERAL OF CIVIL AVIATION ASIA AND PACIFIC REGIONS*. Denarau Island, 2018. 4 s.
- [23] Eurocontrol. 2020 *Air Traffic Management surveillance tracker and server*. [online]. [cit. 2020.04.25.] Dostupné na internete: <https://www.eurocontrol.int/product/air-traffic-management-surveillance-tracker-and-server>.
- [24] GODDEMEIER, Niklas - HEIDGER, Ralf - JANKE, Christian. 2018. *UTM Tracking of Drones at the Dronemasters' Dronathon Berlin 2018*. [online]. [cit. 2020.05.05.] Dostupné na internete: https://www.researchgate.net/publication/330535263_Comparative_assessment_of_for_airborne_tracking_communication_and_surveillance_of_UAS_-_UTM_Tracking_of_Drones_at_the_Dronemasters'_Dronathon_Berlin_2018_
<httpwwwsmartroboticsdeUTMTrackingatDMC2018pdf>.
- [25] Era a.s. 2020. *Z dějin společnosti*. [online]. [cit. 2020.05.06.] Dostupné na internete: <https://www.era.aero/cs/onas/history>
- [26] KAZDA, A., CAVES, R.E. 2007. *Airport Design and Operation*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6.
- [27] NOVÁK, A. 2005. Radio direction finding in air traffic services. *Promet - Traffic - Traffico* 17(5), pages 273-276.
- [28] NOVÁK, A. 2006. Modern telecommunication networks in the aeronautical telecommunication network (atn). *Aviation* 10(4), pages 14-17
- [29] NOVÁK, A., HAVEL, K., & JANOVEC, M. 2017. Measuring and testing the instrument landing system at the airport žilina. *Transportation Research Procedia* 28, pages 117-126. doi:10.1016/j.trpro.2017.12.176
- [30] NOVÁK, A., HAVEL, K., ADAMKO, P. 2019. Number of conflicts at the route intersection – Minimum distance model. *Aviation* 23(1), pages 1-6.
- [31] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. *Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva*. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.
- Terézia Juríková –narodená v Bytričanoch absolvovala v roku 2017 Piaristické Gymnázium F. Hanáka v Prievidzi, následne od roku 2017 študovala na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava. Počas letných sezón 2018 pracovala ako letuška v leteckej spoločnosti Travel Service a v 2019 v spoločnosti Go2Sky.

MODELY PODNIKANIA LETECKÝCH SPOLOČNOSTÍ V AFRIKE

BUSINESS MODELS OF AIRLINES IN AFRICA

Jozef Kožušník

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

Anna Tomová

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

Abstract – This paper deals with the research of business models used by African airlines. The aim of this work is to approach the level and condition of air transport in Africa and examine the business models used by airlines, analyse the attributes of their business model, compare them and evaluate the most used business model. This thesis confirmed the presence of traditional, low-cost and regional business models of airlines, as well as hybridization of business models in Africa. Despite demonstrating a level of liberalization, bachelor thesis documents that the market of air transport services is still largely regulated and faces problems such as low demand and the inability to compete with large airlines from other continents.

Keywords: Africa, business models, airline, analysis of business models.

I. ÚVOD

Africký kontinent s viac ako 1,3 miliardou obyvateľov je po Ázii druhým najľudnatejším kontinentom a má potenciál byť jedným z najväčších svetových trhov. Pre ekonomickú zaostalosť afrických krajín však vykazuje letecká doprava na tomto kontinente jedny z najhorších ekonomických výsledkov. Práve táto skutočnosť a nedostatok slovenskej literatúry venujúcej sa africkej leteckej doprave nás inšpiroval k výberu danej témy.

Zámerom práce je priblížiť úroveň a stav leteckej dopravy v Afrike, skúmať využívané modely podnikania leteckých spoločností, analyzovať atribúty modelu ich podnikania, porovnávať ich medzi sebou a vyhodnotiť najpoužívanejší model podnikania.

II. MODELY PODNIKANIA LETECKÝCH SPOLOČNOSTÍ

Modely podnikania leteckých spoločností definujeme z teoretického hľadiska ako špecifické nástroje a stratégie leteckých spoločností na uspokojenie potrieb zákazníkov –

cestujúcich, a na dosiahnutie požadovanej konkurenčnej výhody ako aj zisku pre danú leteckú spoločnosť.

V práci sa venujeme dvom metódam rozdelenia modelov podnikania leteckých spoločností, a to podľa Tomovej a kol. [23] a podľa Cento [24]. Základné rozdiely medzi modelmi a ich atribúty sme zhrnuli do tabuľky 1 a 2.

PRVÝ SPÔSOB ROZDELENIA MODELOV PODNIKANIA

Prvá teória modelov podnikania podľa Tomovej a kol. rozdeľuje modely podnikania na tradičný/sieťový, nízkonákladový a regionálny model podnikania.

Tabuľka 14: Modely podnikania leteckých spoločností podľa Tomovej a kol. [23]

	Tradičný/sieťový	Nízkonákladový	Regionálny
Konfigurácia siete/konektivita	Prestupové lety	„Point-to-point“ lety	Prestupové lety
Flotila	Diverzifikovaná	Unifikovaná	Špecifická, nižšia kapacita lietadiel
Využívanie letísk	Primárne	Sekundárne	Primárne
Služby počas letu	Palubné služby podľa cestovnej triedy	„No-frills product“	Obmedzené
Počet cestovných tried	Viacero (spravidla 2-3)	Jedna	Spravidla jedna
Vernostné programy	Áno	Nie	Prepojené s programami spolupracujúcich dopravcov
Horizontálna spolupráca	„Codesharing“, „interlining“, aliancia	Bez spolupráce	Rozvinutá

Dis- tribučná sieť	Priamo, prostredníctvom tretích strán	Bez účasti tretích strán	Zdieľané so spo- lupracujúcimi spoločnosťami
--------------------------	---	-----------------------------	---

DRUHÝ SPÔSOB ROZDELENIA MODELOV PODNIKANIA

Druhá teória modelov podnikania podľa Cento rozdeľuje modely podnikania na tradičný/sieťový, nízkonákladový a charterový model podnikania.

Tabuľka 15: Modely podnikania leteckých spoločností podľa Cento [24]

	Tradičný/ sieťový	Nízkonákla- dový	Charterový
Konfigu- rácia siete/ konektivita	„Hub and spoke“ lety	„Point to point“ lety	„Point to point“ lety vykonávané na objednávku
Využívanie letísk	Primárne	Sekundárne	Menšie a stredné letiská, často bez pravidelnej prevádzky
Služby počas letu	Palubné služby podľa cestovnej triedy	„No-frills product“	Častokrát nižšie ako u tradičných dopravcov
Spolupráca s inými subjektmi	„Codesharing“, „interlining“, aliancia- Horizontálna spolupráca	Bez spolupráce	Vertikálna spolupráca
Distribučná sieť	Priamo a pro- stredníctvom tretích strán	Priamo, bez účasti tretích strán	U cestovných kancelárií/ objednávatel- ov prepravy
Cieľová skupina/ jadro pod- nikania	Všetci cestujúci, Cargo, údržba	Všetci cestujúci	Dovolenkovi cestujúci, turisti
Trhy/ Destinácie	Globálny do- pravca- medziná- rodné a interkon- tinentálne destinácie	V rámci kon- tinentu, trhy s vysokým dopytom	Turistické a prímorské destinácie
CRM- Rie- denie vzťa- hov so zá- kazníkmi	Vernostný program	Bez vernostného programu	Bez vernostného programu

Základným rozdielom medzi vybranými teóriami je uvažovanie dvoch rozdielnych modelov podnikania. V postupe Tomovej a kol. [23], *regionálneho* a v postupe Cento [24], *charterového dopravcu*.

Regionálny dopravca sa sústreďuje na menšie regionálne trhy s dovozom cestujúcich do prestupných uzlov a z nich, a preto dôležitým prvkom sú nadväzujúce prestupné linky. [23]

Charterový dopravca sa zameriava na sezónny trh a na vykonávanie letov na objednávku. Trhy, ktoré obsluhuje, sú pomerne vzdialené a v niektorých prípadoch nenalietavané žiadnym iným dopravcom. Zameriavajú sa okrem primárnych a sekundárnych letísk aj na malé lokálne letiská, z ktorých často operujú ako jediní. [24]

III. SUMARIZÁCIA VÝCHODISKOVÝCH ŠTÚDIÍ

Zo šiestich vybraných štúdií, zaoberajúcich sa problematikou leteckej dopravy v Afrike sme zistili, že základnými problémami leteckej dopravy na tomto kontinente sú stále bezpečnosť, efektivita, ekológia, ekonomická udržateľnosť menších dopravcov [25] a veľká miera regulácie trhu so službami leteckej dopravy zo strany štátov [26], [27]. Vysoká miera regulácie je problémom, ktorý brzdí africký kontinent v rozvoji nízkonákladového modelu podnikania leteckých spoločností. Tento model sa z viacerých štúdií ukázal byť veľmi prospešný ako pre spotrebiteľov, tak aj pre samotný región, turizmus a štúdie dokazujú jeho ekonomický prínos pre krajinu. [27]

V súčasnej situácii je najudržateľnejším modelom podnikania tradičný model s doplnením o regionálny. [28] Je to hlavne pre nízku kúpnu silu obyvateľstva a nízky dopyt z menších miest. Preto vzniká potreba konfigurácie siete typu „hub and spoke“ letov. Možno sa domnievať, že úspešnou liberalizáciou a zlepšením ekonomického postavenia krajín, a s tým spojenou vyššou kúpnu silou obyvateľstva, sa dopyt po „point to point“ spojeniach zvýši a nízkonákladový model podnikania bude môcť fungovať rovnako ako napríklad v Európskej únii.

IV. CIEĽ A METODIKA PRÁCE

Cieľom práce je zistiť používané a najviac rozšírené modely podnikania leteckých spoločností v Afrike, analyzovať ich a porovnávať. Pre analýzu modelov podnikania je dôležitý výber afrických krajín, ako aj výber konkrétnych leteckých spoločností z týchto krajín.

Na základe poradia afrických krajín zostaveného z počtu obyvateľov, výšky HDP a výšky HDP na obyvateľa sme vybrali 10 reprezentatívnych krajín so snahou selekcie krajín s rozvinutou leteckou dopravou. Z daných krajín sme následne vybrali letecké spoločnosti pre posudzovanie ich modelu podnikania v analýze. Počet vybraných leteckých spoločností za jednotlivé krajiny bol závislý od rozvinutosti leteckej dopravy v konkrétnej krajine, ako aj od dôležitosti daných dopravcov a ich modelu podnikania.

Pri analýze modelov podnikania leteckých spoločností sme prihliadali na vybrané indikátory modelu podnikania. Zaradili sme sem kvantitatívne a kvalitatívne indikátory, ako sú:

- *Herfindahlov-Hirschmanov Index* (ďalej len HHI index) *typu a rodiny lietadiel*

HHI index je vo všeobecnosti hodnota na škále 0 – 10 000. Hodnoty blízka nule vyjadruje diverzitu a rozdielnosť v posudzovanej veci. Hodnoty blízke maxima – 10 000, vyjadrujú unifikáciu a jednotu posudzovaného.

$$HHI = 10\,000 \times \left[\left(\frac{a_1}{n} \right)^2 + \left(\frac{a_2}{n} \right)^2 \dots + \left(\frac{a_n}{n} \right)^2 \right] \quad (1)$$

,kde a je počet lietadiel, patriacich do posudzovanej rodiny alebo k posudzovanému typu a n je celkový počet lietadiel. [23], [28]

- **Beta index** udávajúci priemerný počet spojení na jedno letisko v sieti dopravcu

$$\beta = \frac{h}{n} \quad (2)$$

,kde h je počet spojení a n je počet letísk. [23]

- **Gama index**, ktorý meria úroveň konektivity siete

$$\gamma = \frac{h}{n^2 - n} \quad (3)$$

,kde h je počet spojení a $n^2 - n$ je maximálny počet spojení medzi bodmi siete. [23]

- **Ukazovateľ koncentrácie prevádzky v sieti letísk dopravcu**

Tento ukazovateľ vypočítame pomocou HHI indexu ako súčet druhých mocnín z hodnoty podielu prevádzky na danom letisku k celkovej prevádzke. Pre úpravu vynásobíme výsledok súčtu druhých mocnín hodnotou 10 000. Hodnota blízka nule bude vyjadrovať nízku koncentráciu, a tým pádom zameranie leteckej spoločnosti na široké množstvo letísk, typické hlavne pre nízkonákladový model podnikania. Naopak, hodnota bližšie k 10 000 bude predstavovať vysokú koncentráciu a zameranie leteckej spoločnosti na jedno alebo niekoľko hlavných letísk. [23]

- **Ukazovateľ geografického rozloženia siete**

„*Geographical Spread Index*“ (ďalej budeme označovať GSI index) vyjadruje mieru pôsobnosti leteckej spoločnosti, v posudzovaných krajinách.

$$GSI = \sqrt{II \times n_E} \quad (4)$$

,kde II je index internacionalizácie počítaný ako podiel počtu zahraničných letísk v sieti leteckej spoločnosti a celkového počtu letísk v sieti dopravcu a n_E je množstvo zahraničných krajín, v ktorých dopravca ponúka leteckú dopravu. [23]

- Konfigurácia siete dopravcu na základe prestupných letov „*hub and spoke*“ a letov „*point to point*“
- Zameranie leteckej spoločnosti na osobnú a nákladnú dopravu
- Pravidelnosť prevádzky leteckej spoločnosti, zameranie sa na pravidelné a charterové lety
- Kapacita lietadiel a dĺžka ich doletu

- Poskytované služby počas letu
- Počet cestovných tried ponúkaných dopravcom
- Vernostné programy využívané dopravcom
- Horizontálna spolupráca s inými leteckými spoločnosťami [23]

VI. ANALÝZA LETECKÝCH SPOLOČNOSTÍ PODĽA KRAJÍN PÔVODU

JUŽNÁ ČASŤ AFRIKY

Z južnej časti boli vybraté tri krajiny – Angola, Juhoafrická republika a Maurícius.

V tabuľke 3 analyzujeme vybrané letecké spoločnosti podľa flotily, destinácií, spojení medzi destináciami a geografického rozloženia siete.

HHI index rodiny a typu lietadla dosiahol maximálnu hodnotu u spoločnosti Mango a značí unifikáciu flotily jediným typom lietadla. Nízkonákladové spoločnosti (Flysafair a Kulula) a tradičná letecká spoločnosť Comair majú vysokú hodnotu HHI indexu, ktorý vyjadruje vysoký stupeň podobnosti flotily. Ostatné letecké spoločnosti (Air Mauritius, Airlinck, SAA, TAAG) dosiahli nízku hodnotu HHI indexu a tak aj diverzifikovanú flotilu.

Beta index udáva priemerný počet spojení na jedno letisko v sieti dopravcu. Najnižšiu hodnotu Beta indexu (2,17) dosahuje Air Mauritius. Táto hodnota vyjadruje vysoký počet letísk v sieti dopravcu. Po prepočte vyjadruje, v priemere, málo spojení z jedného letiska a špecializáciu skôr na prestupné lety „*hub and spoke*“.

Gama index vyjadruje úroveň konektivity siete leteckej spoločnosti. Najväčšiu hodnotu beta (3,43) i gama indexu (57,1%) dosahuje letecká spoločnosť Flysafair, čo je spôsobené najmä menším počtom letísk v sieti a veľkým počtom „*point-to-point*“ letov medzi letiskami. Najnižšiu hodnotu gama indexu dosahuje SAA - iba 5%. Je to zapríčinené hlavne nalietavaním veľkého počtu destinácií z „*hubov*“, medzi ktorými väčšinou nie je žiadne iné spojenie.

Oba varianty HHI indexu použité na meranie **koncentrácie prevádzky leteckej spoločnosti v sieti letísk**, mali najvyššiu hodnotu pri tradičných leteckých spoločnostiach Air Mauritius a TAAG. Väčšinu svojej prevádzky sústredia na svoj „*hub*“. Pre ďalšie tradičné letecké spoločnosti (Comair a SAA) je hodnota HHI indexu o niečo menšia pre vysoký počet letísk v sieti a počet spojení medzi nimi. Pri leteckej spoločnosti Mango, Kulula a Flysafair hodnota HHI indexu potvrdzuje sústredenosť skôr na celú sieť letísk a spojenia typu „*point-to-point*“. Letecká spoločnosť Airlinck dosiahla takisto nižšiu hodnotu, čo možno pripísať sústredeniu svojej prevádzky na viacero regionálnych letísk

Z **GSI indexu** vyplýva, že nízkonákladové spoločnosti Flysafair a Kulula sa orientujú iba na domáci trh,

Mango ponúka jediná zahraničnú destináciu, a preto je GSI index veľmi nízky. Pri leteckej spoločnosti Airlinck dosahuje druhý variant – krajiny mimo Afriky nulovú hodnotu, keďže dopravca lieta iba do krajín v rámci regiónu južná Afrika. Tradičné letecké spoločnosti (Comair, SAA a TAAG) geograficky orientujú svoju prevádzku skôr do krajín v rámci kontinentu, narozdiel od leteckej spoločnosti Air Mauritius, ktorá svoju prevádzku sústreďuje viac mimo africký kontinent.

Tabuľka 16: Analýza vybraných leteckých spoločností južnej časti Afriky.

	Air Mauritius	Airlinck	Comair	Flysafair	Kulula	Mango	SAA	TAAG
HHI rodiny lietadla	2 189	3 418	10 000	10 000	10 000	10 000	2 982	5 266
HHI typu lietadla	1 716	3 418	5 525	5 017	8 200	10 000	1 587	3 491
Beta index	2,17	2,91	2,73	3,43	2,33	2,22	2,97	2,30
Gama index	9,9 %	6,8 %	27,3 %	57,1 %	46,7 %	27,8 %	5,0 %	8,8 %
HHI najvz. letiska	7 744	2 346	3 600	1 736	3 265	3 600	3 414	7 034
HHI 3 najvz. letísk	7 872	2 993	5 422	5 208	6 939	6 100	3 851	7 118
GSI₁	3,7	2,07	1,78	0,00	0,00	0,33	3,73	2,49
GSI₂	2,17	0,00	0,43	0,00	0,00	0,00	0,58	0,47
GSI₃	1,53	2,07	1,35	0,00	0,00	0,33	3,15	2,02

Vo vybraných krajinách južnej časti Afriky - v Angole, Juhoafrickej republike a Mauríciu, pôsobí približne 30 leteckých spoločností. Z týchto krajín sme rozanalyzovali osem dopravcov, čo zodpovedá viac ako 25% všetkých leteckých spoločností. Z ôsmich vybraných leteckých spoločností sú štyri spoločnosti v súkromnom, tri v štátnom a jedna v zmiešanom vlastníctve. Na tejto vzorke sme dokázali prítomnosť tradičného, regionálneho aj nízkonákladového modelu podnikania. Pri nízkonákladových leteckých spoločnostiach (Flysafair, Kulula a Mango) je dôležitým atribútom využívanie „codesharing“ a „interline“ dohôd, ako aj ponuka vernostných programov. Rovnako dôležitý je fakt sústredenia sa leteckých spoločností s týmto modelom podnikania na vnútroštátne lety s minimom medzinárodných. Letecká spoločnosť Airlinck využíva iba lietadlá s nízkou kapacitou do 90 pasažierov a svoju sieť sústreďuje na vnútroštátne lety, prípadne lety v rámci regiónu južnej Afriky. Na základe týchto vlastností sme určili model podnikania regionálneho leteckého dopravcu. Letecká spoločnosť Comair použila hybridizáciu pri kompozícii flotily, ktorá je unifikovaná a skladá sa iba z jednej rodiny lietadiel. Napriek tomuto atribútu, ktorý je typický pre nízkonákladový model podnikania, podniká ako tradičný sieťový dopravca, keďže všetky ostatné atribúty boli

zachované. Letecká spoločnosť SAA poskytuje svoje služby na početných vnútroštátnych a regionálnych linkách, avšak všetky ostatné atribúty modelu podnikania, rovnako ako pri spoločnosti TAAG a Air Mauritius, zodpovedajú atribútom tradičného sieťového dopravcu.

ZÁPADNÁ A VÝCHODNÁ ČASŤ AFRIKY

Zo západnej a východnej časti Afriky boli vybrané štyri krajiny, a to Nigéria, Sudán, Etiópia a Keňa

V tabuľke 4 analyzujeme vybrané letecké spoločnosti podľa flotily, destinácií, spojení medzi destináciami a geografického rozloženia siete.

HHI index rodiny a typu lietadla dosiahol najvyššie hodnoty u spoločností Badr Airlines, Safarilink a Sudan Airways a značí vysoký stupeň podobnosti flotily. Nízkonákladová spoločnosť (Fly540) má nízku hodnotu HHI indexu, ktorý vyjadruje nízky stupeň podobnosti flotily. Tradičné letecké spoločnosti- Air Peace, Arik Air, Ethiopian Airlines Kenya Airways dosiahli takisto nízku hodnotu HHI indexu, vyjadrujúcu diverzifikovanú flotilu.

Beta index udávajúci priemerný počet spojení na jedno letisko v sieti dopravcu má najvyššiu hodnotu (5,22) pri leteckej spoločnosti Safarilink. Najnižšiu hodnotu Beta indexu (1,85) dosahuje Sudan Airways.

Gama index, vyjadrujúci úroveň konektivity siete leteckej spoločnosti dosiahol najväčšiu hodnotu (30,6%) pri dopravcovi Fly 540, najmä vďaka pomerne veľkému počtu spojení k počtu letísk v sieti. Najnižšiu hodnotu gama indexu dosahuje Ethiopian Airlines, iba 2%. Je to zapríčinené hlavne nalietavaním veľkého počtu destinácií z „hubu“ v Addis Abebe, medzi ktorými väčšinou nie je žiadne iné spojenie.

Letecká spoločnosť Sudan Airways, ktorá prevádzkuje všetky svoje lety formou „hub and spoke“ z letiska Khartoum, dosiahla maximálnu hodnotu **HHI indexu koncentrácie prevádzky** na najvýznamnejšom letisku, až 10 000. Naopak, najnižšiu hodnotu oboch HHI indexov dosiahla regionálna letecká spoločnosť Safarilink, ktorá sústreďuje svoju prevádzku na viacero regionálnych letísk. Pri tradičných leteckých spoločnostiach Air Peace, Arik Air, Badr Airlines a Kenya Airways dosiahnutá hodnota dokazuje ich model podnikania. Ethiopian Airlines dosiahla napriek sústredeniu takmer 80% letov na hlavné letisko Addis Abeba len malú hodnotu, ktorá bola dosiahnutá, okrem iného aj, kvôli početným vnútroštátnym letom v Mozambiku.

Letecká spoločnosť Arik Air, nízkonákladová spoločnosť Fly 540 a regionálna letecká spoločnosť Safarilink sa orientujú najmä na domáci trh a v malom množstve na africký zahraničný, a preto je **GSI index** vo všetkých troch prípadoch veľmi nízky. Všetky ostatné letecké spoločnosti sa skôr špecializujú na africký zahraničný trh ako na trh mimo Afriky. Dokumentuje to vyšší GSI₃ ako GSI₂ index. Najvyššie hodnoty GSI indexov dosahujú najväčšie letecké spoločnosť z vybraných ôsmich spoločností Ethiopian Airlines a Kenya Airways.

Tabuľka 17: Analýza vybraných leteckých spoločností západnej a východnej časti Afriky **Zadaný zdroj je neplatný.**

	Air Peace	Arik Air	Badr Airlines	Ethiopian Airlines	Fly 540	Kenya Airways	Safarilink	Sudan Airways
HHI rodiny lietadla	3 888	4 339	6 543	2 065	4 063	3 149	10 000	6 250
HHI typu lietadla	2 544	2 686	5 062	1 448	2 188	2 939	3 750	6 250
Beta index	3,37	4,78	2,11	2,86	2,44	2,44	5,22	1,85
Gama index	18,7 %	28,1 %	12,4 %	2,0 %	30,6 %	4,5 %	23,7 %	15,4 %
HHI najvz. letiska	2 822	1 563	6 233	3 033	2 975	5 794	1 344	10 000
HHI 3 najvz. letísk	4 385	3 126	6 731	3 071	4 463	5 834	1 958	10 000
GSI₁	1,38	0,71	2,11	7,92	0,67	6,17	0,29	2,08
GSI₂	0,23	0,00	0,94	3,63	0,00	1,35	0,00	0,39
GSI₃	1,15	0,71	1,15	4,28	0,67	4,81	0,29	1,66

Vo vybraných krajinách západnej a východnej časti Afriky - v Etiópii, Nigérii, Keni a v Sudáne pôsobí približne 45 leteckých spoločností, z týchto krajín sme rozanalyzovali osem dopravcov, čo zodpovedá viac ako 15% všetkých leteckých spoločností. Z ôsmich vybraných leteckých spoločností je päť spoločností v súkromnom, dve v štátnom a jedna v zmiešanom vlastníctve. Na tejto vzorke sme dokázali prítomnosť tradičného, regionálneho aj nízkonákladového modelu podnikania. Nízkonákladový model podnikania je v našej štúdiu zastúpený v značnej miere hybridizovaným nízkonákladovým dopravcom Fly 540. Ten okrem „point to point“ letov poskytuje aj lety formou „hub and spoke“. Zameriava sa aj na prepravu nákladu, má diverzifikovanú flotilu lietadiel s nižšou kapacitou a krátkym doletom. Deklaruje však nízkonákladový model podnikania. Air Peace sa tradičnému modelu podnikania vymyká pri konfigurácii siete. Okrem pravidelnej leteckej dopravy sa zaoberá aj charterovou a nemá horizontálnu spoluprácu so žiadnou spoločnosťou. Arik Air rovnako ako Air Peace ponúka aj lety „point to point“ a nemá žiadnu dohodu o horizontálnej spolupráci. Badr Airlines a Sudan Airways ponúkajú okrem pravidelných aj charterové lety, majú flotilu s vysokým stupňom podobnosti, čo možno pripísať hybridizácii a nemajú žiaden vernostný program ani horizontálnu spoluprácu. Čo je však dôležité, poskytujú lety na úrovni „hub and spoke“ a ponúkajú viac ako jednu cestovnú triedu, čo ich radí k tradičným sieťovým dopravcom. Model podnikania Ethiopian Airlines sa tradičnému modelu vymyká jedine pri poskytovaní letov aj formou „point to point“. Model podnikania Kenya Airways sa tradičnému modelu podnikania vymyká pri poskytovaní viacerých regionálnych letov a veľkou časťou flotily s nízkou kapacitou a krátkym doletom. Safarilink je regionálna letecká spoločnosť, ktorej všetky atribúty

modelu podnikania sa zhodujú s regionálnym modelom podnikania.

SEVERNÁ ČASŤ AFRIKY

Zo severnej časti Afriky boli vybraté tri krajiny - Maroko, Alžírsko a Egypt

V tabuľke 5 analyzujeme vybrané letecké spoločnosti podľa flotily, destinácií, spojení medzi destináciami a geografického rozloženia siete.

Maximálne hodnoty **HHI indexov rodiny a typu lietadla** dosahujú nízkonákladové spoločnosti Air Arabia Egypt, Air Arabia Maroc a Air Cairo. Táto hodnota dokumentuje úplne unifikovanú flotilu nízkonákladových spoločností. Tradičný sieťový dopravca Nile Air má flotilu s vysokým stupňom podobnosti. Ostatné tradičné letecké spoločnosti - Air Algerie, Royal Air Maroc, Tassili Airlines, dosahujú síce vyššie hodnoty HHI indexu rodiny lietadiel ako je pre tradičný model podnikania bežné, ale nízky HHI index typu lietadla potvrdzuje ich model podnikania. Najnižšiu hodnotu HHI indexov dosahuje tradičná letecká spoločnosť Egypt Air.

Beta index udávajúci priemerný počet spojení na jedno letisko v sieti dopravcu má najvyššiu hodnotu pri leteckej spoločnosti Air Algerie. Najnižšiu hodnotu Beta indexu (1,87) dosahuje Nile Air, ktorý poskytuje iba priame spojenia z letiska Káhira.

Gama index vyjadrujúci úroveň konektivity siete leteckej spoločnosti dosiahol najväčšiu hodnotu pri dopravcovi Tassili Airlines, čo dosiahol najmä vďaka pomerne veľkému počtu spojení k počtu letísk v sieti. Najnižšiu hodnotu gama indexu dosahuje Royal Air Maroc - iba 2,8%. Je to zapríčinené hlavne nalietavaním veľkého počtu destinácií z „hubu“ v Casablance.

Letecká spoločnosť Nile Air, ktorá prevádzkuje všetky svoje lety formou „hub and spoke“ z letiska Káhira, dosiahla maximálnu hodnotu **HHI indexu koncentrácie prevádzky** na najvýznamnejšom letisku. Naopak, najnižšie hodnoty oboch HHI indexov dosiahli nízkonákladové letecké spoločnosti Air Cairo, Air Arabia Egypt a Air Arabia Maroc, ktoré sústredia svoju prevádzku na viacero letísk formou „point to point“. Pri tradičných leteckých spoločnostiach Egypt Air, Royal Air Maroc a Tassili Airlines dosahuje hodnota HHI vyššie hodnoty. Air Algerie dosiahla nižšiu hodnotu kvôli sústredeniu prevádzky na viacero letísk a kvôli prevádzke aj „point to point“ letov.

Narozdiel od leteckých spoločností v južnej, východnej a západnej časti Afriky, pri severnej časti možno vidieť, ako relatívna blízkosť Európy a silné interakcie s arabskými krajinami na Blízkom východe pozitívne prispeli k vyššiemu počtu zahraničných destinácií. Každá letecká spoločnosť v našej analýze dosahuje vyššie hodnoty **GSI indexu** práve pri druhom variante, t.j. pri geografickom sústredení prevádzky na zahraničné lety mimo afrického kontinentu. Pri leteckých spoločnostiach Air Arabia Egypt, Nile Air a Tassili

Airlines možno dokonca vidieť, že neponúkajú žiaden zahraničný let v rámci Afriky. Najvyššie hodnoty GSI indexov dosahujú najväčšie letecké spoločnosti z vybraných ôsmich spoločností – Egypt Air a Royal Air Maroc, čo potvrdzuje ich globálne pôsobenie.

Tabuľka 18: Analýza vybraných leteckých spoločností severnej časti Afriky. **Zadaný zdroj je neplatný.**

	Air Algerie	Air Arabia Egypt	Air Arabia Maroc	Air Cairo	Egypt Air	Nile Air	Royal Air Maroc	Tassili Airlines
HHI rodiny liet.	4 287	10 000	10 000	10 000	2 275	10 000	4 754	5 022
HHI typu lietadla	3 066	10 000	10 000	10 000	2 148	5 918	3 146	3 600
Beta index	4,29	2,67	3,03	2,76	2,59	1,87	2,90	2,71
Gama index	5,6 %	15,7 %	8,9 %	9,9 %	3,4 %	13,3 %	2,8 %	16,9 %
HHI najvýz. letiska	1 904	851	1 029	506	5 368	10 000	4 328	4 839
HHI 3 najvýz. letísk	2 346	1 719	2 143	819	5 494	10 000	4 391	5 312
GSI₁	3,93	1,83	2,86	3,26	6,47	1,41	6,26	0,34
GSI₂	2,86	1,83	2,67	1,90	4,41	1,41	3,53	0,34
GSI₃	1,03	0,00	0,17	1,30	2,03	0,00	2,59	0,00

Vo vybraných krajinách severnej časti Afriky – v Alžírsku, Egypte a v Maroku pôsobí približne 20 leteckých spoločností. Z týchto krajín sme rozanalyzovali osem dopravcov, čo zodpovedá 40% všetkých leteckých spoločností. Z ôsmich vybraných leteckých spoločností sú tri v štátnom, tri v súkromnom a dve v zmiešanom vlastníctve. Na tejto vzorke sme dokázali prítomnosť tradičného aj nízkonákladového modelu podnikania. Možno sa domnievať, že nízkonákladový model podnikania je v tejto časti Afriky rozvinutý najviac zo všetkých afrických regiónov. Nízkonákladové letecké spoločnosti Air Arabia Egypt, Air Arabia Maroc a Air Cairo reprezentujú daný model podnikania len s minimálnymi známkami hybridizácie a ich model je veľmi podobný európskemu modelu, keďže nekoncentrujú svoju prevádzku hlavne na vnútroštátne linky, ako je tomu v Juhoafrickej republike. Dopravcovia zo skupiny Air Arabia zameriavajú svoju prevádzku aj na prepravu nákladu, poskytujú vernostný program a spolupracujú medzi sebou v rámci skupiny. Letecká spoločnosť Air Cairo sa vymyká nízkonákladovému modelu podnikania v jedinom bode. Okrem pravidelných letov prevádzkuje aj charterové lety. Veľké tradičné sieťové letecké spoločnosti Egypt Air a Royal Air Maroc zodpovedajú svojmu modelu podnikania bez známk hybridizácie. Zatiaľ, čo menšie letecké spoločnosti Nile Air je hybridizácia značná, flotilu má unifikovanú, neposkytuje žiaden vernostný program a nemá horizontálnu spoluprácu s inými

dopravcami. Tradičná spoločnosť Tassili Airlines poskytuje aj charterové lety, neposkytuje vernostný program, nemá rozvinutú horizontálnu spoluprácu a flotilu má zloženú aj z lietadiel s nižšou kapacitou a krátkym doletom. Air Algerie sa vymyká tradičnému modelu podnikania pri konfigurácii siete, kde ponúka aj „point to point“ spojenia a pri konfigurácii flotily používa aj lietadlá s nižšou kapacitou miest a kratším doletom.

V. ZÁVER

V bakalárskej práci sme potvrdili prítomnosť tradičného, nízkonákladového a regionálneho modelu podnikania leteckých spoločností, ako aj hybridizáciu modelov podnikania. Analyzovali sme 24 leteckých spoločností z desiatich afrických krajín, čo zodpovedá približne 25% celkového počtu dopravcov pôsobiacich vo vybraných krajinách. Z tejto vzorky, sa možno domnievať, že najrozšírenejším modelom podnikania v Afrike je tradičný model sieťového dopravcu, najčastejšie so štátnym vlastníctvom a monopolom na trhu leteckej dopravy v krajine pôvodu. Je to zapríčinené najmä nižšou mierou liberalizácie trhov so službami leteckej dopravy. Takýmto spôsobom sú tradičné letecké spoločnosti chránené pred vstupom iných dopravcov. Prítomnosť iných modelov podnikania ako tradičného leteckého dopravcu a hybridizácia modelov podnikania však potvrdzujú istý stupeň liberalizácie. Domnievame sa, že nízkonákladový model je najúspešnejší v severnej časti Afriky, kde je zastúpený početným množstvom dopravcov s minimálnou alebo žiadnou formou hybridizácie. V strednej, západnej a východnej časti je zastúpený dopravcom, ktorý je do značnej miery ovplyvnený regionálnym a tradičným modelom podnikania. V južnej časti nízkonákladoví dopravcovia poskytujú svoje služby vo veľkej miere len na vnútroštátnych linkách, čo je zapríčinené aj nízkou alebo žiadnou liberalizáciou leteckej dopravy v okolitých krajinách.

Až na niektoré spoločnosti, ide pri analýze z hľadiska veľkosti flotily a počtu ponúkaných spojení o menšie letecké spoločnosti. Tento fakt svedčí o zaostalosti afrického trhu s leteckou dopravou ako aj o nízkom dopyte po leteckej doprave na tomto kontinente.

Z geografického hľadiska sa väčšina leteckých spoločností z východnej, západnej a južnej časti sústreďuje na vnútrokontinentálne a vnútroštátne lety, čo by mohlo svedčiť o slabej možnosti konkurencie európskym a americkým leteckým spoločnostiam na medzikontinentálnych letoch.

REFERENCIE

- [1] TOMOVÁ, A. a kol. 2017. *Ekonomika leteckých spoločností*. Žilina: EDIS, 2017. 274 s. ISBN 978-80-554-1359-4.
- [2] CENTO, A. 2009. *The Airline Industry: Challenges in the 21st Century*. [online]. Heidelberg: Physica - Verlag, 2009. 183 s. [cit. 2020.03.01] Dostupné na internete: https://books.google.sk/books?id=FZ9E6yvsbhgC&dq=bus+iness+models+airlines&hl=sk&source=gbs_navlinks_s. ISBN 978-3-7908-2087-4.

- [3] BOFINGER H., C. 2017. *Air Transport in Africa*. [online]. UNU-WIDER. [Cit. 2019.01.05]. Dostupné na internete: <https://www.wider.unu.edu/sites/default/files/wp2017-36.pdf>. ISBN 978-92-9256-260-1.
- [4] NIEWIADOMSKI, P. 2013. *International airline groups in Africa*. [Online]. Manchester: The University of Manchester, 2013. 36 p. [cit. 2019.12.08]. Dostupné na internete: <http://www.capturingthegains.org/pdf/ctg-wp-2013-36.pdf>. ISBN 978-1-909336-83-4.
- [5] Entrevistas. 2014. *Transforming Intra-African Air Connectivity: The Economic Benefits of Implementing the Yamoussoukro Decision*. [Online]. [Cit. 2020.01.20]. Dostupné na internete: <https://www.iata.org/en/iata-repository/publications/economic-reports/transforming-intra-african-connectivity-the-economic-benefits-of-implementing-the-yamoussoukro-decision-report2/>.
- [6] HEINZ, S. - O'CONNELL, J.F. 2013. *Air Transport in Africa: Toward Sustainable Business Models for African Airlines*. [Online]. 2013. [Cit. 23 11 2019]. Dostupné na internete: <https://core.ac.uk/download/pdf/42144104.pdf>.
- [7] KOŽUŠNÍK, J. 2020. *Modely podnikania leteckých spoločností v Afrike*. Bakalárska práca. Žilina: Žilinská Univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, 2020. 70 s.
- [8] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & LOKAJ, P. 2017. Comparative analysis of U-fly and value alliance and global alliances. Paper presented at the Transportation Research Procedia 28, pages 27-36. doi:10.1016/j.trpro.2017.12.165
- [9] TOMOVÁ, A., HAVEL, K. 2015. *Ekonomika poskytovateľov leteckých navigačných služieb*. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2015. - 154 s. ISBN 978-80-554-1153-8
- [10] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. *Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva*. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.
- [11] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A., KURDEL, P. & MREKAJ, B. 2018. Synthesis criterion of ergatic base complex with focus on its reliability. INFORMATICS 2017 - Proceedings, pages. 318-321.
- [12] BADÁNIK, B. & GÖTZ, K. 2018. Aircraft manufacturers marketing warfare. MATEC Web of Conferences 236, 01006
- [13] TOMOVÁ, A. & MATERNA, M. 2017. The Directions of On-going Air Carriers' Hybridization: Towards Peerless Business Models? Procedia Engineering 192, pages 569-573

Jozef Kožušník – narodený dňa 20.03.1998 v Trenčíne absolvoval v roku 2017 Gymnázium Pierra de Coubertina v Piešťanoch. Od roku 2017 študuje na Žilinskej univerzite v Žiline študijný program profesionálny pilot. Po ukončení bakalárskeho štúdia by chcel pokračovať v ďalšom vzdelávaní na Žilinskej univerzite na inžinierskom stupni štúdia.

POROVNANIE MOŽNOSTÍ VYUŽITIA VYBRANÝCH AWOS SYSTÉMOV A ICH MANUÁLOV

COMPARISON OF THE USE POSSIBILITIES OF SELECTED AWOS SYSTEMS AND THEIR MANUALS

Tomáš Krajčo

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
tomas.krajco2@gmail.com

Miriám Jarošová

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

Abstract – The goal of this paper is to create a recommendation, which will contain information about which AWOS system is more appropriate to use based on a comparison of individual sensors and subsystems used in selected AWOS systems. The comparison, which results in a recommendation, will focus on technical parameters, limitations to monitor meteorological phenomena and the comprehensibility and complexity of data sheets and manuals, while the resulting recommendation also takes into account the recommendations of individual sensors and subsystems. Due to the complexity of the thesis, it was necessary to set additional objectives, the purpose of which was to provide information about aeronautical meteorology and meteorology as such, basic terms of meteorology, measurements performed by AWOS systems along with basic information about these systems.

Key words – AWOS, airport meteorology, aeronautical meteorology, anemometer, ceilometer, transmissometer, present weather sensor, AWOS system measurements, MicroStep-MIS, vaisala.

I. ÚVOD

V podstate už od prvého letu bratov Wrightovcov, keď ľudia pochopili, že lietat' je možné a nie je to len sen, snažili sa letectvo využiť. Spočiatku bolo letectvo využívané hlavne vo vojenskej oblasti, keďže tieto reálne počiatky letectva a prvých letúnov sa dobovo zhodovali s prvou svetovou vojnou. Po prvej svetovej vojne bolo jasné, že lietadlá sa dajú využiť aj inak, ako na plnenie vojenských úloh, a tak sa začala rozvíjať letecká doprava. Keďže letecká doprava sa rozvíjala veľmi rýchlo, bolo potrebné s ňou vyvinúť aj ďalšie systémy, ktoré zvyšujú bezpečnosť leteckej dopravy. Jedným z odvetví, v ktorom došlo k vývoju, bolo odvetvie meteorológie, konkrétne leteckej meteorológie. Bolo to potrebné z hľadiska zvýšenia bezpečnosti letov, pretože počasie dokáže značne ovplyvniť let. Časom došlo k vývoju rôznych snímačov a meteorologických systémov, ktoré sa čím ďalej, tým viac zdokonaľujú.

Cieľom tohto článku je oboznámiť laickú aj odbornú verejnosť so základnými pojmami meteorológie, meraniami, ktoré vykonávajú systémy AWOS spolu so základnými informáciami o týchto systémoch, pričom hlavným cieľom je poskytnutie informácií a odporúčaní, ktorý z dvoch vybraných systémov AWOS je kvalitnejší a prečo, vypracovaných na základe porovnaní jednotlivých senzorov, ktoré sú štandardne a najčastejšie využívané, podľa informácií dostupných v dátových hárkoch a manuáloch jednotlivých systémov.

LETECKÁ METEOROLÓGIA A JEJ POČIATKY

Meteorológia je veda zaoberajúca sa atmosférou. Študuje jej zloženie, stavbu, vlastnosti, javy a deje v nej prebiehajúce. Je považovaná za časť fyziky a chápaná ako „fyzika atmosféry“. Poznatky meteorológie sú nevyhnutné v mnohých odvetviach ľudskej činnosti. [1]

Staroveká meteorológia sa začala vyvíjať najmä zásluhou Aristotela, ktorý v štvorzväzkovom diele Meteorologica objasnil svetelné javy v ovzduší, zrážky, vietor, búrky a ďalšie meteorologické javy.

Novoveká meteorológia vychádza z rýchleho vývoja meteorologických prístrojov, ktoré boli navrhnuté na to, aby umožnili meteorológii dostať sa medzi základné vedecké disciplíny. [2]

Pojem letecká meteorológia predstavuje využitie vedeckého predpovedania počasia v oblasti letectva za účelom zvýšenia bezpečnosti, komfortu a hospodárnosti lietania. Túto svoju funkciu zabezpečuje prostredníctvom sledovania a predpovedania počasia a skúmaním vplyvov počasia na správanie sa lietadiel v rôznych poveternostných podmienkach. [1] Zaoberá sa tiež aplikáciou získaných poznatkov z ostatných odborov meteorológie, ktoré používa k zdokonaľovaniu predpovedí, zefektívneniu prevádzky a zvýšeniu bezpečnosti. Základné meteorologické informácie dovoľujú posádkam lietadiel zoznámiť sa so skutočným počasím na letiskách vzletu a pristátia, ale aj na trati letu. [3]

Počiatky leteckej meteorológie siahajú až do obdobia, kedy sa vo veľkom využívali teplovzdušné balóny a klzáky. No k

„profesionalizácii“ leteckej meteorológie došlo hlavne vplyvom prvej a druhej svetovej vojny, a to aj kvôli tomu, že došlo k nárastu využitia lietadiel ťažších ako vzduch. Následne, po druhej svetovej vojne, viedol nárast komerčnej leteckej dopravy k rozvoju súkromného sektoru leteckých meteorologických skupín v rámci jednotlivých leteckých spoločností. Väčšina vývoja modernej leteckej meteorológie prebiehala kooperáciou týchto skupín s vládnymi agentúrami. Ďalším faktorom ohľadom leteckej meteorológie je výrazne empirický prístup k problémom s predpovedaním počasia, ktoré pretrvávajú aj v súčasnosti, hoci sa tento trend v posledných desaťročiach znížil vďaka vedcom, ktorí sa danou problematikou zaoberajú.

Ďalší z problémov, ktorým tento obor čelil, bol ten, že pokrok predpovedania počasia a javov ovplyvňujúcich bezpečnosť letu sa spoliehal na stretnutie lietadla s danými javmi (turbulencie, strih vetra, námraza, sopečný popol, ...). Avšak pre pilotov, cestujúcich a letecké spoločnosti bolo z praktického hľadiska lepšie a múdrejšie vyhnúť sa takýmto javom. Následne sa v letectve začali využívať radary a spolu so znalosťami ohľadom hlavných meteorologických javov a ich sprievodných javov došlo k zlepšeniu predpovedania počasia, čo umožnilo sa týmto javom vyhnúť. [4] [5]

II. AWOS

Vzhľadom na to, že počasia je premenlivé a dokáže spôsobiť veľmi vážne ohrozenie bezpečnosti letu, je potrebné, aby bolo neustále sledované, a to v reálnom čase. Takéto sledovanie v reálnom čase je možné uskutočniť prostredníctvom automatizovaných systémov sledovania počasia, teda systémov AWOS.

Systém AWOS (Automated Weather Observing System) je teda automatizovaný systém sledovania počasia, ktorý poskytuje nepretržité informácie v reálnom čase a správy o poveternostných podmienkach na letisku. Jednou z výhod týchto systémov je, že sú plne konfigurovateľné. [6] V rámci tejto konfigurácie a otvorenej štruktúry väčšiny systémov je možné systémy vylepšiť a expandovať tak ich možnosti merania parametrov podľa potrieb letiska, ktoré sa menia spolu s rastom letiska. Následne, podľa konfigurácie systémov AWOS a parametrov, ktoré merajú, je možné rozdeliť systémy AWOS do 9 kategórií. [13]

HISTÓRIA AWOS

Prvé systémy AWOS sledovali iba tie prvky počasia, ktoré mohli byť merané priamo na mieste, kde sa nachádzala stanica. Jednalo sa o teplotu, teplotu rosného bodu, vietor (rýchlosť a smer) a atmosférický tlak. V 80. rokoch bolo možné, vďaka technologickému pokroku, automatizované meranie stavu oblačnosti (množstvo a výška oblačnosti), viditeľnosti a aktuálneho počasia (zrážky a hmla). [7]

REŽIMY VÝSTUPU AWOS

Výstup z pozorovania počasia systémom AWOS možno klasifikovať do jedného zo štyroch režimov prevádzky. Tento režim závisí od rozsahu použitia hlasových poznámok a manuálnych pozorovaní. [8]

Tabuľka 1: Skrátené informácie o režimoch výstupu systémov AWOS [8]

Režimy výstupu	Plná Automatizácia	Manuálne doplnenie automatického hlásenia
Režim 1	ÁNO	NIE (iba ako záloha)
Režim 2	ÁNO	NIE (iba forma NOTAM)
Režim 3	ÁNO	ÁNO
Režim 4	NIE	ÁNO

III. MERANIA SYSTÉMU AWOS

Táto kapitola bakalárskej práce sa zameriava na definície jednotlivých meteorologických javov, ktoré systémy AWOS vďaka svojim senzorom dokážu sledovať, definície, charakteristiky, štandardy a princípy činnosti jednotlivých senzorov, ktoré sú na monitorovanie daných javov využívané. Okrem senzorov však spomína aj využívané systémy, resp. subsystémy, ktoré sú integrované do systémov AWOS, čím sa vďaka integrácii údajov zlepšuje monitorovanie jednotlivými subsystémami (systém varovania pred strihom vetra, systém snímania stavu povrchu vzletovej a pristávacej dráhy), ale aj výstupné údaje systémov AWOS sú komplexnejšie.

SLEDOVANÉ METEOROLOGICKÉ JAVY:

Prvým pozorovaným meteorologickým javom je vietor. Vietor je pohyb vzduchovej hmoty, ktorý charakterizujeme smerom odkiaľ vane a rýchlosťou, ktorú môžeme vyjadriť v jednotkách rýchlosti. [10]

Rýchlosť vetra je rýchlosť pohybu vzduchovej hmoty v atmosfére, pričom smer vetra je definovaný ako smer, z ktorého vietor fúka, väčšinou vzťahnutý vzhľadom na magnetický sever. [9]

Na snímanie smeru vetra sa využíva niekoľko typov senzorov, ktoré vo svojej podstate fungujú na princípe snímania otočnej časti, ktorá sa natočí podľa toho, z ktorého smeru vietor fúka. Zariadenia na snímanie rýchlosti vetra sa nazývajú anemometre, ktoré tiež fungujú na niekoľkých princípoch, no najkomplexnejší je ultrazvukový, ktorý bez problémov dokáže určiť aj smer vetra. Avšak pre zvýšenie bezpečnosti boli vytvorené ešte aj systémy varovania pred strihom vetra (LLWAS).

Ďalším pozorovaným parametrom je viditeľnosť. Viditeľnosť môže byť horizontálna, kedy sa dá nazvať aj dohľadnosť, resp. dráhová dohľadnosť v letiskovej meteorológii, na ktorej meranie a určovanie sa využíva dohľadomer, čo je prístroj, ktorý môže určovať dohľadnosť priepustnou metódou alebo metódou rozptylu. Na meranie vertikálnej viditeľnosti sa využíva ceilometer, ktorý dokáže určiť výšku základne oblačnosti spolu s vertikálnou viditeľnosťou.

Taktiež je potrebné poznať aj teplotu okolia, teplotu rosného bodu a mieru vlhkosti. Na obyčajné meranie teploty sa využíva teplomer, no ak je potrebné určiť aj vlhkosť vzduchu a teplotu rosného bodu, používa sa vlhkomer. Toto zariadenie

dokáže určiť nielen vlhkosť vzduchu, ale aj teplotu okolia, keďže určenie teploty rosného bodu je na nej závislé.

Jedno z dôležitých meraní je tiež meranie tlaku vzduchu, ktoré sa vykonáva barometrom. Avšak okrem merania skutočného tlaku sa musí určiť aj tlaková tendencia, čo je vlastne charakter a veľkosť zmeny atmosférického tlaku počas špecifikovanej periódy končiacej v čase pozorovania. Pozostáva zo zmeny tlaku a tlakovej charakteristiky. Jednou z podmienok ohľadom snímačov tlaku pre systémy AWOS je, že musia byť k dispozícii minimálne dva. [9]

Na detekciu výskytu zrážok a ich intenzity sa využívajú zrážkomery. Najčastejšie využívaným je člnkový zrážkomer, čo je pomerne jednoduché a navyiac využívané zariadenie na meranie objemu zrážok v AWOS. Existuje však tiež senzor mrznúceho dažďa, čo je prístroj, ktorý je špecializovaný konkrétne na monitorovanie mrznúceho dažďa, pretože klasické zrážkomery ho nedokážu monitorovať. Ďalším zariadením je senzor súčasného počasia, ktorý v rámci zrážok dokáže určovať nielen ich intenzitu, ale aj typ zrážok prostredníctvom frekvenčného spektra indukovanej scintilácie zrážkami. Tu sa zrážkomery začínajú prelínať so senzormi na určovanie typu zrážok a okrem senzoru súčasného počasia sa na určovanie typu zrážok využíva disdrometer, čo je zariadenie fungujúce na princípe aktívnej optickej laserovej detekcie, vďaka čomu môže nepretržite sledovať veľkosť, rýchlosť a množstvo dažďových kvapiek a určovať typy zrážok.

Počasia však ovplyvňuje mnoho rôznych aspektov prevádzky letiska, vrátane vzletových a pristávacích dráh. Práve na nich dochádza k veľkému množstvu nehôd, a to aj v dôsledku zníženého brzdiaceho účinku spôsobeného kontamináciou povrchu dráhy. Na poskytovanie informácií ohľadom stavu povrchu vzletovej a pristávacej dráhy slúži dráhový senzor, ktorý obvykle býva súčasťou systému RWIS (Runway Weather Information System).

Posledným, veľmi dôležitým sledovaným meteorologickým fenoménom sú blesky, respektíve prítomnosť búrky. Blesk je elektrostatický výboj spôsobený nerovnováhou medzi búrkovými mrakmi a zemou alebo medzi mrakmi navzájom a búrka je súbor elektrických, optických a akustických javov vznikajúcich medzi oblakmi navzájom alebo medzi oblakmi a zemou, pričom definícia búrky je podmienená prítomnosťou bleskov. Detekcia búrky je v prvom rade zabezpečená prostredníctvom senzorov slúžiacich na detegovanie elektrostatických výbojov, teda bleskov. Ich presnosť detekcie sa zvyšuje hlavne tým, že vytvárajú detekčnú sieť bleskov. [14]



Obrázok 1: Zobrazenie komponentov detekčnej siete bleskov (senzory bleskov, centrálny procesor, systém zobrazenia) [11]

IV. POROVNANIE SENZOROV A SYSTÉMOV AWOS

V rámci praktickej časti bakalárskej práce sa riešilo porovnanie najčastejšie používaných, štandardných jednotlivých senzorov vo vybraných automatizovaných systémoch pozorovania počasia. Vybrané boli systémy AWOS dvoch, aj internacionálne, známych spoločností.

Prvým je systém AWOS vyvinutý a poskytovaný spoločnosťou MicroStep-MIS. Systém poskytovaný touto spoločnosťou bol vybraný z toho dôvodu, že daná spoločnosť je slovenského pôvodu a ich systém sa využíva aj na našom najväčšom letisku – letisko Milana R. Štefánika v Bratislave.

Druhým AWOS systémom je Vaisala AviMet, ktorý bol vybraný na základe jeho ľahkej dostupnosti ako možnosť náhrady AWOS systému a senzorov IMS4 AWOS vytvoreného a prevádzkovaného spoločnosťou MicroStep-MIS. Ľahká dostupnosť je v tomto spektre ponímaná ako dostupnosť vzhľadom na to, že na Slovensku sa nachádza spoločnosť Spinet a.s., ktorá na území Slovenskej Republiky spravuje systémy spoločnosti Vaisala.

Práca je, ako bolo už vyššie spomenuté, zameraná na porovnanie jednotlivých senzorov. V praxi sa ale často nestretáme len s tým, že určitý meteorologický fenomén monitoruje len jeden konkrétny senzor, ktorý je samostatne umiestnený. Práve naopak, často je možné sa stretnúť s komplexnými zariadeniami a systémami, ktoré integrujú viacero prístrojov, prípadne nahrádzajú niektoré prístroje tým, že sú pokročilejšie a vykonávajú aj ich funkciu.

POROVNÁVANÉ SENZORY A SYSTÉMY

Pri vybraných systémoch AWOS boli porovnávané štandardne a najčastejšie poskytované anemometre, senzory stavu aktuálneho počasia, zrážkomery, zariadenia na meranie vlhkosti a teploty, ceilometre, barometre, senzory stavu povrchu vzletovej a pristávacej dráhy, senzory detekcie bleskov a systémy stavu povrchu vzletovej a pristávacej dráhy (RWIS), systémy zisťovania prítomnosti búrky, systémy varovania pred prítomnosťou strihu vetra a celková charakterizácia systému AWOS.

Pri každom jednom porovnávanom elemente bolo vypracované čiastkové zhodnotenie a odporúčanie, že ktorý senzor/systém poskytovaný vybranými spoločnosťami je vhodnejšie použiť, prípadne aj v akých podmienkach. Porovnanie jednotlivých senzorov a subsystémov integrovaných do systémov AWOS bolo z praktického hľadiska a lepšieho prehľadu spracované v tabuľkovej forme (Tabuľka 2, ktorá je uvedená nižšie), aby tak bol čitateľ schopný rýchlo vyčítať, ktorej spoločnosti systém AWOS v čom dominuje.

Tabuľka 2: Tabuľkové porovnanie jednotlivých častí systémov AWOS

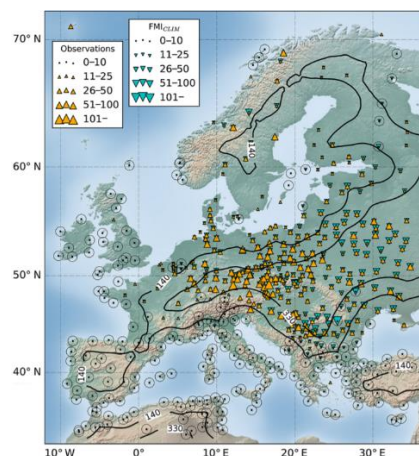
-----	MicroStep-MIS	Vaisala
Anemometer	✓	
Senzor stavu aktuálneho počasia	✓	
Zrážkomer		✓
Zariadenie na meranie vlhkosti a teploty		✓
Ceilometer		✓
Barometer	✓	
RWIS		✓
Dráhový senzor		✓
Systém zisťovania prítomnosti búrky	✓	
Senzor detegovania búrky	✓	✓
LLWAS	✓	
Základné parametre AWOS	✓	

Vo vyššie uvedenej tabuľke môžeme vidieť tabuľkových prehľad výsledkov čiastkových porovnaní jednotlivých senzorov a systémov ponúkaných spoločnosťami MicroStep-MIS a Vaisala v ich systémoch AWOS. Výsledkami porovnaní boli odporúčania, na základe ktorých bolo vypracované celkové odporúčanie na ponúkané systémy AWOS.

Ako bolo spomenuté, pre porovnanie boli vybrané štandardne a najčastejšie využívané/ponúkané senzory v štandardizovaných systémoch AWOS oboch spoločností, vrátane subsystémov integrovaných do AWOS systémov.

Anemometer spoločnosti MicroStep-MIS je odporúčaný vzhľadom na fakt, že je možné ho využiť v oblastiach, kde vietor dosahuje väčšiu silu, pretože dokáže určiť veľkosť vetra až do hodnoty 85 m.s^{-1} , čo je o 10 metrov za sekundu viac ako anemometer spoločnosti Vaisala.

Pri porovnávaní senzoru aktuálneho stavu počasia bola do úvahy braná schopnosť určovania viditeľnosti, respektíve dráhovej dohľadnosti, typu a množstva zrážok. Po zhodnotení všetkých faktov a údajov z obrázku uvedeného pod týmto odstavcom je zrejmé, že je lepšie využiť SWS-250 ponúkaný spoločnosťou MicroStep-MIS, pretože dráhovú dohľadnosť dokáže určiť do omnoho väčšej vzdialenosti (o 55 kilometrov viac ako senzor spoločnosti Vaisala), a preto, že v Európe sa mrznúci dážď, ktorý dokáže identifikovať senzor spoločnosti Vaisala, tak často nevyskytuje a jeho prítomnosť sa dá predpokladať na základe usporiadanie teplého a studeného frontu.



Obrázok 2: Zobrazenie frekvencie výskytu mrznúceho mrznúceho dažďa v Európe počas obdobia 1979-2014; oranžové trojuholníky sú pozorovania SYNOP a tyrkysová s využitím iného algoritmu. [12]

Vzhľadom na zobrazenie výsledkov porovnania v tabuľke je jasné, že je lepšie využiť zrážkomer RG13H spoločnosti Vaisala. Toto odporúčanie je založené hlavne na fakte, že dokáže pracovať kontinuálne bez maximálnej hodnoty zrážok, ktoré je schopný odmerať, ale aj na väčšej teplote, pri ktorej je schopný správnej prevádzky.

Ako zariadenie na meranie vlhkosti a teploty sa využíva jedno komplexné zariadenie. Pri porovnávaní bolo zistené, že je lepšie využiť sondu HMP155, ktorá je ponúkaná spoločnosťou Vaisala, a to z dôvodu, že v základnom vybavení poskytuje sondu na meranie teploty, ktorá má vyšší teplotný rozsah merania a presnosť a aj preto, že poskytuje možnosť využitia štítu proti slnečnému žiareniu alebo Stevensonovej obrazovky, čo zvyšuje životnosť sondy.

Ďalej môžeme vidieť, že spoločnosť Vaisala poskytuje aj lepší ceilometer. Názov ceilometru je CL31 a oproti ceilometru ponúkanému spoločnosťou MicroStep-MIS (CBME80) je v podstate z každého hľadiska lepší.

Ako môžeme vidieť už z tabuľky, barometer ponúkaný spoločnosťou MicroStep-MIS (MSB780(X)) je odporúčané použiť, pretože dokáže určiť hodnotu tlaku lepšie z hľadiska presnosti a aj rozlišovacej schopnosti. Taktiež je možné ho použiť v oblastiach, kde teploty klesajú hlboko pod bod mrazu.

Po porovnaní systémov RWIS a senzorov je možné povedať, že jediný markantný rozdiel je v dráhových senzoroach. Systémy ponúkajú to isté, akurát senzor DRS511, ponúkaný spoločnosťou Vaisala, je lepší, pretože dokáže určiť hrúbku vodného stĺpca až do hodnoty 7 milimetrov, zatiaľ čo IRS31, ktorý ponúka spoločnosť MicroStep-MIS, len do 4 milimetrov. Vzhľadom na tento fakt a aj na fakt, že v rámci systému RWIS spoločnosť Vaisala ponúka konzultácie ohľadom podmienok na vzletovej a pristávacej dráhe 24 hodín denne.

Čo sa týka systémov zisťovania prítomnosti búrky, v tabuľke môžeme vidieť, že systém spoločnosti MicroStep-MIS je výhodnejšie použiť. K tomuto záveru som došiel na základe toho, že systém tejto spoločnosti umožňuje aj sledovanie letu na

búrkovom displeji, vďaka čomu je možné lepšie a jednoduchšie informovať a koordinovať daný let.

Po porovnaní senzorov detegovania búrky bolo zistené, že dokážu zaznamenať elektrostatický výboj až do vzdialenosti 56 kilometrov, a teda bolo potrebné upriamiť pozornosť na ostatné parametre. Na základe týchto parametrov bolo zistené, že TSS928, ponúkaný spoločnosťou Vaisala, dokáže správne pracovať za prítomnosti väčšej sily vetra, až o 11,7 metrov za sekundu viac ako senzor BTM-300, ktorý je ponúkaný spoločnosťou MicroStep-MIS. Ale MicroStep-MIS má výhodu v tom, že má v sebe integrované zariadenie na detekciu intenzity elektrického poľa, zatiaľ čo TSS928 ho štandardne integrovaný nemá a ak áno, v rámci presnejšieho určovania detekcie bleskov, tak je jeho minimálne prevádzková teplota limitovaná na -23°C, čo je o 27°C menej ako u senzora BTM-300, a preto, na základe porovnania výhod a nevýhod je možné povedať, že sú vo svojej podstate na takej istej úrovni, čo sa kvality týka.

Taktiež boli porovnané aj systémy LLWAS oboch spoločností, ktoré sú integrované do systémov AWOS. Z dostupných informácií bolo zistené, že systém LLWAS ponúkaný spoločnosťou MicroStep-MIS je kvalitnejší, pretože využíva technológiu LIDAR na zistenie prítomnosti strihu vetra, vďaka čomu poskytuje presnejšiu detekciu v suchých podmienkach ako systém spoločnosti Vaisala, ktorý v suchých podmienkach využíva na detekciu iba anemometre.

Po porovnaní základných parametrov AWOS je možné prehlásiť, že v štandardnej zostave je lepšie využiť IMS4 AWOS ponúkaný spoločnosťou MicroStep-MIS hlavne preto, že v štandardnom vybavení navyše poskytuje, na rozdiel od Vaisala AviMet AWOS, informácie ohľadom vzletovej a pristávacej dráhy a prítomnosti búrok.

POROVNANIE MANUÁLOV

Pre vypracovanie bakalárskej práce bolo potrebné pracovať aj s dátovými hárkami jednotlivých zariadení a – samozrejme – s manuálmi k jednotlivým systémom AWOS a ich senzorom. Na základe tohto porovnania bolo zistené, že dokumenty síce obsahujú v podstate rovnaké informácie, no dátové hárky a manuály spoločnosti Vaisala boli menej prehľadné, pretože v určitých prípadoch sú konštruované skôr ako propagačný materiál alebo brožúra a niektoré potrebné informácie neboli prvoplánovo jasné.

V. ZÁVER

Základným cieľom bakalárskej práce bolo porovnanie systémov AWOS, ich jednotlivých senzorov a „subsystémov“ integrovaných so systémom AWOS a ich manuálov, na základe ktorého boli vypracované samostatné odporúčania ohľadom senzorov a komplexné odporúčanie ohľadom celého systému AWOS s dôrazom na technické parametre senzorov.

Okrem vyššie uvedeného hlavného cieľa sme sa v práci venovali aj doplnkovým cieľom, ktoré boli stanovené na začiatku spolu s hlavným cieľom. Účelom doplnkových cieľov bolo poskytnúť informácie týkajúce sa základov systémov AWOS, leteckej meteorológie a meteorológie ako takej.

Koncovým výsledkom práce je teda vypracovanie záverečného odporúčania, ktorý zo systémov AWOS – MicroStep-MIS a Vaisala AviMet – je vhodnejšie použiť vzhľadom na technické parametre a manuály.

Počas tvorby práce sa tiež vyskytli problémy s určitou nedostupnosťou informácií alebo aj ich konfrontáciou, čoho výsledkom je aj väčší počet bibliografických údajov, aby boli informácie v bakalárskej práci čo najobjektívnejšie.

V rámci výskumu ohľadom štandardne a najčastejšie používaných senzorov a subsystémov v AWOS systémoch bolo zistené, že podľa parametrov, ktoré boli pre porovnanie brané do úvahy (technické parametre, limitácie monitorovať meteorologické javy a zrozumiteľnosť dátových hárkov a manuálov), je výhodnejšie použiť systém AWOS spoločnosti MicroStep-MIS, aj keď AWOS spoločnosti Vaisala za ním veľmi nezaostáva.

Vzhľadom na fakty, že systém AWOS spoločnosti MicroStep-MIS je podľa výsledkov porovnaní výhodnejšie použiť a že aj na letisku Milana R. Štefánika v Bratislave bol systém AWOS spoločnosti Vaisala nahradený lepšou verziou systému IMS4 MicroStep-MIS, je možné, že v budúcnosti bude táto slovenská spoločnosť omnoho väčším konkurentom, či už spoločnosti Vaisala alebo inej spoločnosti v rámci poskytovania systémov AWOS. Svoju konkurencieschopnosť do budúcnosti by mohla spoločnosť MicroStep-MIS zvýšiť prostredníctvom vývoja modernejších, presnejších a hlavne vlastných senzorov, ktorými v súčasnosti ešte vo svojej ponuke nedisponuje.

REFERENCIE

- [1] DVOŘÁK, P. 2004. Letecká meteorologie. Cheb : Svět křídel, 2004. 221 s. ISBN 80-86808-09-2
- [2] Meteorológia [online]. Dostupné na internete: <http://www.senzorika.leteckafakulta.sk/?q=node/130> (použitá 05.02.2020)
- [3] Letecká meteorológia [online]. Dostupné na internete: <https://aeroweather.webnode.sk/> (použitá 20.02.2020)
- [4] Knox, J. et al. 2018. Aviation Meteorology [online]. Dostupné na internete: <https://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199874002/obo-9780199874002-0196.xml> (použitá 05.02.2020)
- [5] Meteorological observations over the past centuries [online]. Dostupné na internete: <https://www.encyclopédie-environnement.org/en/air-en/meteorological-observations-over-past-centuries/> (použitá 05.02.2020)
- [6] Automated Weather Observing System (AWOS) [online]. Dostupné na internete: [https://www.skybrary.aero/index.php/Automated_Weather_Observing_System_\(AWOS\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Automated_Weather_Observing_System_(AWOS)) (použitá 30.12.2019)
- [7] Airport Wind Observation Architectural Analysis [online]. Dostupné na internete: https://www.ll.mit.edu/sites/default/files/publication/doc/2018-09/ATC-443%20Wind%20Analysis_Clark_Ferris_Moradi_119813.pdf (použitá 12.02.2020)

- [8] AWOS 3000 Automated Weather Observing system User's Manual [online]. Dostupné na internete: <http://www.allweatherinc.com/wp-content/uploads/3000-0011.pdf> (použitie 06.01.2020)
- [9] Federal Aviation Administration. 1990. Automated Weather Observing Systems (AWOS) for Non-federal Applications. 1990. 51 s. [online]. Dostupné na internete: https://books.google.sk/books?id=lQg6AQAAMAAJ&pg=PA1&lpg=PA1&dq=awos+weather+reports&source=bl&ots=QviXBzScB1&sig=ACfU3U1JR9Iq1Hks9CvVFzblFuMTO4C4sg&hl=sk&sa=X&ved=2ahUKEwi_2sD5hfLmAhWibVAKHXOTAkMQ6AEwD3oECAkQAQ#v=onepage&q=awos%20weather%20reports&f=false (použitie 07.01.2020)
- [10] Slovník vybraných meteorologických pojmov a výrazov [online]. Dostupné na internete: <http://www.shmu.sk/sk/?page=1095> (použitie 05.02.2020)
- [11] Lightning Detection Networks [online]. Dostupné na internete: <https://www.vaisala.com/en/products/systems/lightning-detection-networks> (použitie 12.02.2020)
- [12] Matti Kämäräinen et al. 2017. A method to estimate freezing rain climatology from ERA-Interim reanalysis over Europe [online]. Dostupné na internete: <https://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/17/243/2017/nhess-17-243-2017.pdf> (použitie: 31.03.2020)
- [13] Everything You Need to Know about AWOS and ASOS [online]. Dostupné na internete: <https://www.flyingmag.com/everything-you-need-to-know-aboutawos-and-asos/> (použitie 28.12.2020)
- [14] Natural disasters, Lightning [online]. Dostupné na internete: <https://www.nationalgeographic.com/environment/natural-disasters/lightning/> (použitie 05.02.2020)
- [15] 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
- [16] STEFANIK, M., BADÁNIK, B. & MATAS, M. 2012. Aspects of airport ground access/egress systems. International Conference on Industrial Logistics, ICIL 2012 - Conference Proceedings, pages 17-29
- [17] NOVÁK, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [18] 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.
- [19] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A., KURDEL, P. & MREKAJ, B. 2018. Synthesis criterion of ergatic base complex with focus on its reliability. INFORMATICS 2017 - Proceedings, pages. 318-321.
- [20] KAZDA, A., CAVES, R.E. 2007. Airport Design and Operation. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6.

Tomáš Krajčo – narodený v Bojniciach absolvoval v roku 2017 Gymnázium V. B. Nedožerského v Prievidzi, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.

IMPLEMENTÁCIA MODERNÝCH TECHNOLOGIÍ DO VÝCVIKU PRÍSTROJOVÉHO LIETANIA

IMPLEMENTATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN INSTRUMENT FLIGHT TRAINING

Marek Královenský

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
marek.kralovensky@hotmail.com

František Jůn

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
jun@lvvc.uniza.sk

Abstract – This paper deals with modern technologies available in transport aircraft, of which the implementation in instrument flight training would contribute to improving the quality and safety of training provided. The work in the first part analyzes the current state of the problem. Subsequently, the second part of the work describes the basic theory of the principle of operation of the modern systems and provides possible examples of the use of available equipment in instrument flight training. The last part of the work evaluates the contribution to increasing safety and quality of training. The aim of the work is to provide novice pilots with basic information about available inertial systems used in transport aircraft, as there is still a lack of available literature in the Slovak language dealing with these devices.

Key words – gyroscopes, instrument training, inertial navigation systems, inertial reference systems, FMS, AHRS, ADAHRS, GPWS, TCAS.

I. ÚVOD

V dnešnej dobe je letectvo jedno z najrýchlejšie sa rozvíjajúcich odvetví. Vývoj palubných prístrojov a zariadení prešiel od počiatku veľkými zmenami. Dnešným trendom je nahrádzanie pôvodných analógových prístrojov s množstvom mechanických súčastí novšími elektronickými systémami. S tým je spojené aj neustále zvyšovanie požiadaviek na bezpečnosť prevádzky a vycvičenosť posádok lietadiel.

Nedostatok dostupných informácií zaoberajúcich sa novými technológiami v letectve bol jedným z podnecujúcich faktorov pri výbere témy mojej bakalárskej práce. Ich bližšie poznanie môže výrazne prispieť k zvýšeniu kvality a bezpečnosti výcviku v prístrojovom lietaní. V práci nadväzujeme na diela, ktoré popisali konvenčné prístrojové vybavenia používané v lietadlách. Keďže mnohí začínajúci piloti nemajú dostatočné vedomosti o dostupných prístrojoch, práca poskytuje prehľad systémov používaných vo veľkých dopravných lietadlách. Dnešné systémy sa s vývojom elektronického priemyslu stali dostupnejšie a vhodnejšie pre montáž aj do menších výcvikových

lietadiel. Pracujú na analogických princípoch, tak ako tie v dopravných lietadlách. Sú však ľahšie, menšie a ich náklady na obstarávanie podstatne nižšie. Ich vývoj je oveľa dynamickejší ako u dopravných lietadiel. Je to zapríčinené prítomnosťou veľkého počtu výrobcov avioniky a menšími nárokmi pri procese certifikácie. Pre pilotov je však dôležité poznať základné princípy, na ktorých tieto moderné zariadenia pracujú už pred zahájením praktického výcviku. Plnohodnotné využitie ich potenciálu bude možné len vtedy, ak budú poznať limity a možnosti, ktorými moderné systémy disponujú.

Práca sa v prvej časti zaoberá popisom princípov činnosti mechanických gyroskopov, ktoré sa už dnes síce v takom množstve v moderných lietadlách nevyskytujú, ale ich nástupcovia pracujú na obdobných princípoch. Gyroskopy tvoria neoddeliteľnú časť inercných navigačných systémov, či už sa jedná o staršiu stabilnú platformu alebo o modernejší strap down koncept s laserovými gyroskopmi. V práci je popísaný Flight management system, ktorý je príjemcom a spracovateľom dát od IRS a následne aj AHRS, spolupracujúci s modernými zobrazovacími jednotkami dostupnými vo väčšine dnešných lietadiel. S nimi môžu byť prepojené aj ďalšie systémy, ako napríklad TAWS a TCAS.

II. SÚČASNÝ STAV

Od počiatku bratov Wrightovcov prešlo mnoho rokov. Medzi tým si letecký priemysel prešiel zdĺhavým a náročným vývojom. Dnešnou snahou medzinárodných organizácií, ale aj národných úradov je zvyšovanie kvality a bezpečnosti leteckej dopravy. Výcvik nových pilotov, ktorý si od svojich počiatkov prešiel mnohými zmenami vo vysokej miere prispieva k udržiavaniu nastaveného trendu. V minulosti býval poskytovaný výcvik iba v podmienkach za viditeľnosti zeme, keďže v tej dobe neboli ešte dostupné prístroje pre lety za zníženej dohľadnosti. S vývojom nových technológií a prístrojov umožňujúcich lietať za zníženej dohľadnosti došlo k potrebe výcviku v prístrojovom lietaní.

Neskôr so zvýšením dostupnosti a rozšírením leteckej dopravy sa stalo prístrojové lietať nevyhnutnosťou. V dnešnej dobe práve v tomto segmente je snaha výrobcov lietadiel a prístrojov prinášať nové technológie, prostredníctvom ktorých sa znižuje zaťaženie posádok. Nové technológie so sebou prinášajú

aj potrebu zvýšenia kvality poskytovaného výcviku. Bez dostatočnej úrovne výcviku a teoretických znalostí piloti nedokážu plnohodnotne využívať všetky možnosti a potenciál, ktorý im nové technológie poskytujú. Žilinská univerzita poskytuje letecký výcvik už od roku 1962. Od toho času vycvičila mnoho úspešných pilotov, ktorí našli svoje uplatnenie doma aj v zahraničí. Je jednou z najúspešnejších poskytovateľov leteckých výcvikov v Európe. Vďaka za to skúseným inštruktorm a ich vysokým nárokom na teoretické znalosti pilotov. Tie sú veľmi dôležité hlavne pri výcviku v prístrojovom letaní, keďže v zhoršených meteorologických podmienkach dochádza k nárastu pracovného zaťaženia pilotov. Ich osobitné schopnosti a získané teoretické znalosti úplného využitia dostupných palubných prístrojov vo vysokej miere prispievajú k zvýšeniu kvality a bezpečnosti prevádzky. V súčasnosti sa systémy predtým používané len vo veľkých dopravných lietadlách stávajú cenovo dostupnejšími. Mnoho výrobcov na trhu poskytuje inteligentné riešenia ich implementácie do menších lietadiel všeobecného letectva a tým aj možnosť inštalácie do výcvikových lietadiel. Znalosti a skúsenosti pilotov so zariadeniami využívanými vo výcvikových lietadlách prispievajú počas následného typového výcviku k jednoduchšiemu zoznámeniu sa so systémami v dopravných lietadlách

III. MODERNÉ SYSTÉMY

IRS – S postupným vývojom nových gyroskopických technológií a príchodom výkonnejších počítačov prišla aj možnosť výroby spoľahlivejších a presnejších navigačných systémov. Došlo k odstráneniu mnohých mechanických súčastí. Pracuje na princípe laserových gyroskopov. Na rozdiel od predošlého inerčného navigačného systému, ktorý bol mechanicky zložitý a matematicky jednoduchý, je nový referenčný systém opakom. Za to vďaka prítomnosti výkonnejších a rýchlejších počítačov, ktoré sú schopné absenciu mechanických súčastí kompenzovať zložitými výpočtami. Nový systém je často označovaný aj ako Strap down systém, čo znamená, že jeho hlavná meracia jednotka je pevne upevnená ku konštrukcii lietadla a jeho referenčným osiam. Rovnovážna poloha je u tohto systému vypočítavaná už len elektronicky. [1]



Obrázok 1: Laserové gyroskopy [1]

FMS – Flight management system je systém, ktorý sa v dnešnej dobe nachádza vo väčšine moderných dopravných

lietadiel. Je to zariadenie, ktoré pomáha posádke automatizovať množstvo práce a znižuje jej zaťaženie. Jeho hlavnou úlohou je poskytovať navigačnú funkciu, laterálne a vertikálne vedenie letu. Tak isto vypočítava výkonnostné parametre počas plánovaného letu. Jednotlivé typy lietadiel disponujú rôznymi typmi FMS, ale ich princíp prevádzky zostáva takmer rovnaký. [2]

Jeho hlavnými funkciami sú:

- navigácia
- plánovanie letu
- optimalizácia výkonov
- manažment navigačných zariadení
- manažment zobrazovacích jednotiek

Hlavnými navigačnými funkciami systému je výpočet polohy, vyhodnotenie presnosti aktuálnej polohy, ladenie rádio navigačných zariadení a inicializovanie IRS. Najdôležitejšou úlohou výkonovej databázy je redukcia maximálnych výkonov motorov vzhľadom na aktuálne vonkajšie podmienky a stav dráhy. Predlžuje sa tým životnosť motorov a znižujú náklady na údržbu

AHRS – Princíp fungovania AHRS je podobný ako u inerčných systémov. Dochádza tu k meraniu zrýchlení v troch osiach a ich následnej integrácii. To zabezpečuje možnosť indikovania polohy lietadla vo všetkých smeroch. Laserové gyroskopy síce naďalej poskytujú najpresnejšie údaje o zrýchleniach, ale nakoľko ich cena je príliš vysoká, došlo k vývoju lacnejších inerčných senzorov, ktoré sa im svojou presnosťou približujú. Prvé AHRS využívali drahé inerčné senzory, avšak tie boli nahradené lacnejšími polovodičovými senzormi. Za svoju cenovú dostupnosť vďaka automobilovému a elektronickému priemyslu, kde sa objavila potreba po zariadeniach malých rozmerov merajúcich zrýchlenie. Senzory používané v AHRS sa líšia v závislosti od výrobcov prístrojov. Vo väčšine dnešných zariadení sa používajú senzory elektromechanického typu tzv. MEMS [3]

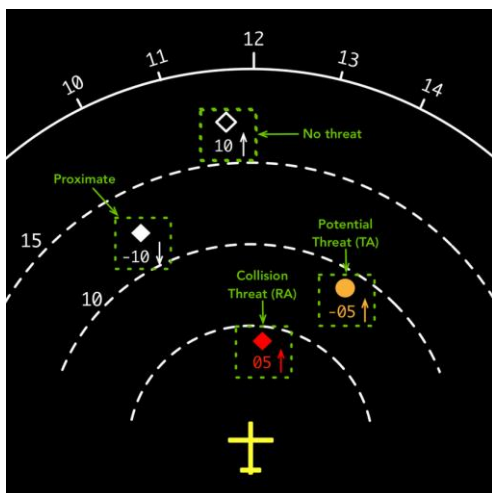


Obrázok 2: ADHRS jednotky [4]

TAWS – Termín TAWS začala americká FAA používať pre pomenovanie systémov, ktoré poskytujú posádke dostatočné včasné informácie pre rozpoznanie nebezpečenstva stretu so zemou. Pomenovanie v sebe zahŕňa aj dva

najpoužívanejšie systémy GPWS a EGPWS. Ich hlavnou úlohou je predchádzať riadenému letu do terénu (CFIT). V dnešnej dobe sú už často súčasťou navigačných zariadení. [5]

TCAS – TCAS bol predstavený ako systém znižujúci riziko zrážky s iným lietadlom vo vzduchu. Funguje na princípe signálov odpovedačov sekundárneho prehľadového radaru. Je plne nezávislý od pozemných zariadení a komunikuje len s palubnými jednotkami v lietadlách. V prípade, že iné lietadlo nie je vybavené palubným odpovedačom, je pre systém TCAS neviditeľné. TCAS automaticky vyhľadáva okolitú prevádzku. O prevádzke informuje prostredníctvom samostatne montovaného displeja alebo dáta posielá priamo do primárneho letového a navigačného displeja. V závislosti od typu odpovedača ostatných lietadiel dokáže zobrazovať informácie o výške, stúpaní alebo klesaní a poskytovať pokyny na vyhnutie. Piloti sú povinní okamžite poslúchnuť pokyny generované systémom. [6]



Obrázok 3: Zobrazenie TCAS [7]

IV. PRÍNOS PRE ZVÝŠENIE BEZPEČNOSTI

Bezpečnosť prevádzky sa v posledných rokoch stala hlavnou prioritou leteckého priemyslu. Technológie, tréning a vyhodnocovanie rizika sú kľúčovým faktorom pri zvyšovaní bezpečnosti. Napriek občasným tragickým nehodám je letecká doprava stále najbezpečnejšou dopravou v prepočte na počet obetí a precestovanú vzdialenosť. Napriek tomu, že v minulosti dochádzalo k vyššiemu počtu nehôd, v uplynulých desaťročiach sa táto štatistika znížila. Vďaka za to novým technológiám, lepšiemu riadeniu letovej prevádzky a výcviku pilotov. Veľký prínos pre zvýšenie bezpečnosti leteckej dopravy mal na svedomí príchod prúdových motorov. V porovnaní s predchádzajúcimi piestovými motormi mal oveľa väčšiu spoľahlivosť. Najväčší prínos ale mala implementácia elektroniky, hlavne digitálnych letových a navigačných prístrojov. S tým je spojená aj implementácia moderných technológií do výcviku začínajúcich pilotov, ktorá je veľmi dôležitá. K plnohodnotnému využitiu funkcií a predpokladov systémov môže dôjsť len vtedy, ak má pilot ich dostatočné znalosti a osobné skúsenosti s ich používaním.

Inerčné systémy – V práci boli popísané potrebné teoretické znalosti moderných systémov, ich vývoj a ponúknutá možnosť implementácie vhodného zariadenia do výcvikových lietadiel. Implementácia samotných inerčných systémov do výcvikových lietadiel by bola v našich podmienkach neekonomická, avšak ich teoretické poznanie je pre potreby budúceho typového výcviku nevyhnutné. Sú to komplexné systémy s veľkým potenciálom využitia, poskytujúce posádke množstvo údajov nezávislých na ostatných zariadeniach. V blízkej budúcnosti sa očakáva zníženie obstarávacích nákladov na inerčné systémy a tým aj ich väčšia dostupnosť pre inštaláciu do výcvikových lietadiel.

FMS systémy – S príchodom viacerých výrobcov na trh sa rozšírila aj dostupnosť FMS systémov pre potreby všeobecného letectva. Ponúkajú množstvo zástavbových jednotiek do starších lietadiel, alebo aj komplexné riešenia celých palubných systémov, ako napríklad u lietadiel Cirrus. Vybavenie výcvikových lietadiel modernými systémami FMS by značne pomohlo zredukovať zaťaženie pilotov a dovolilo im získať nové skúsenosti so systémom plánovania letu a optimalizáciou nákladov. Množstvo poskytovateľov leteckého výcviku už začalo s implementáciou zariadení do svojej flotily.

AHRS a zobrazovacie jednotky – Príchod moderných AHRS systémov a s ním spojených zobrazovacích jednotiek mal výrazný prínos pre bezpečnosť letectva. Pilotovi poskytujú presnú a spoľahlivú informáciu o polohe lietadla spolu s množstvom letových parametrov. V prípade poruchy jedného zo systémov sú často zálohované. S prepojením na presné GPS poskytujú možnosť zobrazenia syntetického videnia, ktoré zvyšuje priestorovú orientáciu hlavne v kopcovitom teréne. Môže výrazne pomôcť v prípade doklzu na vhodnú plochu po vysadení pohonnej jednotky v nepriaznivých podmienkach. Skúsenosti s ovládaním a prevádzkou týchto systémov výrazne prispievajú k rastu kvality pilota a jeho rozhľadu pri nasledujúcom typovom výcviku.

TAWS – CFIT bol v minulosti jedným z najčastejších príčin leteckých nehôd. S príchodom TAWS a GPWS systémov sa ho podarilo zredukovať o takmer 70 percent. Nedostatočná výbava výcvikových lietadiel, zle pochopené inštrukcie riadiacich letovej prevádzky a zvýšená záťaž posádky môžu pri výcviku viesť k nevedomému riadenému letu do terénu. K zníženiu tejto pravdepodobnosti alebo úplnej eliminácii rizika by došlo montážou jedného z týchto zariadení. Na trhu je dostupných viac druhov v závislosti na ich zložitosti a funkciách, ktorými disponujú.

TCAS – Nárast počtu lietadiel spôsobuje častejšie neželané strety medzi nimi. Na odvrátenie alebo včasné varovanie pred stretom slúži systém TCAS. Na trhu je dnes množstvo typov zariadení, ktoré navzájom komunikujú rôznymi spôsobmi. Svoje využitie by systém našiel hlavne na palubách výcvikových lietadiel, ktoré často lietajú na letiskách bez radarového pokrytia s hustou prevádzkou výcvikových letov. Zavedením inštalácií systému TCAS do dopravných lietadiel došlo k značnému poklesu incidentov a nehôd. Podobný trend je tiež predpokladaný pri inštalácii do menších typov lietadiel.

V. ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bolo poukázať na dostupnosť moderných technológií, ktoré by prispeli k zvýšeniu kvality a bezpečnosti prístrojového výcviku. Poskytovatelia výcvikov by sa mali zaoberať novými technológiami a prinášať možnosti ich implementácie do výcvikových osnov. Bohužiaľ, nie každá organizácia sa uberať týmto smerom, a preto sa často stretávame s rozdielom v kvalite výcviku medzi jednotlivými poskytovateľmi.

V prvých kapitolách sme popísali druhy inerčných systémov, princíp ich činnosti a konštrukciu. Majú veľký prínos v oblasti navigácie a v letectve našli široké uplatnenie. Následne sme popísali systém FMS, ktorý v dopravných lietadlách úzko spolupracuje s inerčnými systémami. Postupne sa stal dostupnejším aj pre použitie vo všeobecnom letectve. Dnešným trendom v letectve je nahrádzanie starých analógových prístrojov združenými elektronickými obrazovkami s množstvom funkcií. Do budúca sa očakáva, že tento trend bude pokračovať a letectvo sa bude naďalej modernizovať. Je dôležité držať neustále krok s dobou.

Práca odporúča zvážiť inštaláciu spomínaných systémov a poskytuje aj návrh výberu vhodných zariadení pre výcvikové lietadlá. Letecké výcvikové a vzdelávacie centrum v Žiline disponuje iba jedným lietadlom vybaveným všetkými spomínanými technológiami. Pilotom v praktickom výcviku poskytuje možnosť poznávania systémov a získavania skúseností s ich ovládaním. Preto odporúčame prehodnotiť finančné a technické možnosti zástavby zariadení aj do ostatných lietadiel. Na základe skúseností z implementácie systémov do dopravných lietadiel predpokladáme, že by aj tu došlo k značnému zvýšeniu bezpečnosti prevádzky a kvality poskytovaného výcviku.

Bakalárska práca môže byť využitá aj ako študijný materiál. Poskytuje začínajúcim pilotom základné informácie potrebné pre pochopenie princípov fungovania systémov. Práca poskytuje priestor pre ďalšiu podrobnejšiu analýzu riešenej problematiky pri implementácii moderných systémov do výcviku v prístrojovom letaní.

REFERENCIE

- [1] BRISTOL GROUND SCHOOL. 2019. *AGK-Instrumentation (EASA ATPL Theory Training)*. Clevedon : Bristol Ground School International Limited, 2019. ISBN 978-1-912679-28-7
- [2] Wikipedia: Flight management system [Online]. Dostupné na internete: https://en.wikipedia.org/wiki/Flight_management_system (citované 2020-03-04)
- [3] WYATT, D. 2015. *Aircraft Flight Instruments and Guidance Systems*. Oxon : Routledge, 2015. 257 s. ISBN 978-0-415-70683-4
- [4] Dynon: Adahrs – primary and secondary [Online]. Dostupné na internete: <https://www.dynonavionics.com/adahrs-primary-secondary.php> (citované 2020-05-15)
- [5] Skybrary: Terrain avoidance and warning system [Online]. Dostupné na internete:

[https://skybrary.aero/index.php/Terrain_Avoidance_and_Warning_System_\(TAWS\)](https://skybrary.aero/index.php/Terrain_Avoidance_and_Warning_System_(TAWS)) (citované 2020-05-22)

- [6] Kurz teórie ATPL: Prístrojové vybavenie. Žilinská univerzita v Žiline, str. 138 – 152
- [7] ResearchGate: TCAS data [Online]. Dostupné na internete: https://www.researchgate.net/figure/A-representation-of-TCAS-data-as-seen-by-the-pilot-in-the-cockpit-of-an-airliner-This-is_fig1_335570864 (citované 2020-05-23)
- [8] NOVÁK, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [9] 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.
- [10] ŠKULTÉTY, F. 2018. Pre-flight inspections of aircraft emergency equipment via RFID technology. *Transportation Research Procedia* 35, pages 279-286. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518303508>
- [11] BREZOŇÁKOVÁ, A., ŠKVAREKOVÁ, I., PECHO, P., DAVIES, R., BUGAJ, M. & KANDERA, B. 2019. The effects of back lit aircraft instrument displays on pilots fatigue and performance. *Transportation Research Procedia* Volume 40, pages 1273-1280
- [12] ROSTÁŠ, J. & ŠKULTÉTY, F. 2017. Are today's pilots ready for full use of GNSS technologies? *Transportation Research Procedia* 28, pages 217-225.
- [13] 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.

Marek Královenský –narodený v Ružomberku absolvoval v roku 2017 Gymnázium Š. Moyzesa v Ružomberku, následne od roku 2017 študuje na Žilinskej univerzite v Žiline odbor profesionálny pilot.

PRODUKCIA LIETADLOVEJ TECHNIKY

PRODUCTION OF AIRCRAFT TECHNOLOGY

Ivan Maliňák

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
ivanmalinak22@gmail.com

Martin Bugaj

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

Abstract – This paper was written to take a better look at the production of aircraft technology and make a comparison between the production of air transport and civil aviation airplanes. The first part of the thesis analyses the current situation of the production of airplane technology. It includes the comparison of sales of the best known aircraft between these two categories and it also handles the support from the big aircraft producers to the smaller ones. The second part shows the many ways of aircraft production in different factories and explains them step by step. Another important point of this thesis is to help the reader make a clear vision about the manufacturing steps, ordering process and the final assembly of the aircrafts. The last part shows the application of new production and aircraft technologies which already have or will have influence on aircraft production in the future.

Key words – production of aircraft technology, general aviation, air transport, comparison of production, production steps.

I. ÚVOD

Letectvo v súčasnosti prioritne slúži na kvalitnú, bezpečnú a rýchlu prepravu cestujúcich a nákladu. Všetky procesy v letectve či už v jej výrobe, plánovaní, na letiskách alebo vo vzduchu sú nesmierne komplexné a komplikované a zlyhaniu či už len jednej osoby môžu nasledovať veľké problémy. Avšak nie náhodou je letecká doprava tá najbezpečnejšia doprava na svete. Napriek tomu že sa jedná o najnovší druh prepravy osôb a nákladu, je počet bezpečne prepravených pasažierov v porovnaní s inými najvyšší.

Keby chceme začať niekde úplne na začiatku tak zistíme že bezpečnosť lietadla nezávisí len na tom kde a ako sa lietadlo vyrobí, ale začína to už pri nariadeniach rôznych organizácii a združení, ktoré výrobcom dávajú jasné pokyny ako sa lietadlá majú vyrábať a kedy môžu začať ich prevádzku vo vzdušných priestoroch. Tomuto úplnému začiatku sa však nebudeme v tejto práci dôraznejšie venovať, skôr budeme rozoberať minulosť a súčasnosť ohľadom produkcie lietadlovej techniky a jej výrobných postupov, ako jeden s najdôležitejších dôvodov prečo dnešné lietadlá sú také bezpečné ako nikdy pred tým.

Na začiatku budeme analyzovať súčasný stav produkcie lietadlovej techniky, pod ktorý patrí hlavne predaj a dnešné

výrobné možnosti. V druhej časti tejto práce sa presnejšie zameriame na výrobu jednotlivých komponentov lietadla, teda ako a kde sa časti lietadla vyrabia, prepravujú a spracujú. Keďže sa v dnešnej dobe dá vďaka globalizácii všetko vyrobiť v iných štátoch alebo firmách je aj otázkou, aký výrobcovia takto fungujú a v akých rozmeroch tento princíp výroby využívajú. Jedna možnosť je nakúpiť súčiastky, prepraviť je do vlastnej výroby a v nej potom poskladať do hotového výrobku. Druhá je kúpiť už hotový výrobok za pravdepodobne vyššiu cenu. Všetky tieto výrobné postupy majú nakoniec presnejšie vysvetliť a porovnať akým spôsobom každá vybraná spoločnosť rieši svoju výrobu a čo všetko má s inými spoločnosťami. S týmito porovnaniami tak môžeme zistiť kde niektoré spoločnosti zaostávajú alebo ušetria a naopak prečo niektoré zase patria medzi tie najúspešnejšie. Celá analýza produkcie lietadlovej techniky sa vykonáva s podmienkou že bezpečnosť letectva a zisk z predaja výrobcu sú na prvom mieste.

Výroba lietadiel sa však nedá zjednotiť pre každý druh lietadla a jeho prevádzkových úloh, preto sme v tejto práci rozdelil výrobu na dopravné a všeobecné lietadlá, alebo aj veľké a malé. Pomocou tohto rozdelenia sa dajú porovnať výrobné postupy týchto dvoch kategórií a aj medzi sebou navzájom. Ako ďalší dôležitý bod považujem aj aplikáciu nových technológií do lietadiel a tvorbu nových výrobných postupov ktorým sa budeme venovať podrobnejšie počas analýzy výroby jednotlivých spoločností v tretej časti.

II. ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU PRODUKCIE LIETADLOVEJ TECHNIKY

Keď chceme analyzovať súčasný stav produkcie lietadlovej techniky, tak musíme oddeliť produkciu veľkých výrobcov ako Boeing alebo Airbus od malých ako je napríklad Textron Aviation či Cirrus Aircraft a porovnávať je navzájom.

Aj keď teoreticky môže takmer každé lietadlo byť využité na všeobecné ako aj na dopravné letectvo, v tejto práci pracujeme s podmienkou že sa na všeobecné lety využívajú skôr lietadlá menšieho typu. U dopravných lietadiel zase, že sa využívajú skôr veľké pre prepravu veľkého množstva pasažierov. Stane sa ale aj opak ako napríklad u leteckých hasičov v Austrálii alebo v USA, ktorý používajú upravené lietadlá typu Boeing 747 alebo 737 pri hasení veľkých požiarov. [1]

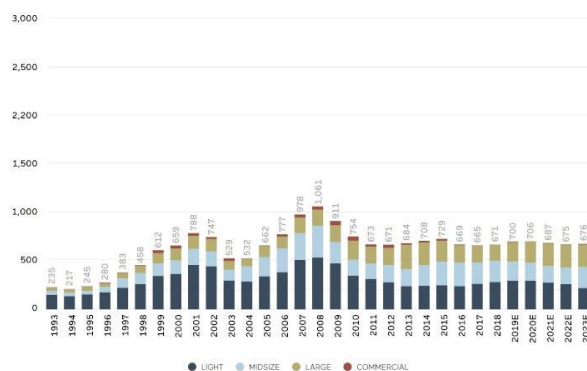
Tak ako v leteckých schopnostiach a ich využití je aj niekoľko zásadných rozdielov medzi výrobou veľkých

dopravných lietadiel, ktoré sa musia hlavne špecializovať na bezpečnosť veľkého počtu ľudí, financie a konkurenciu vo forme malého počtu veľkých konkurentov (Boeing – Airbus, t.zv. Duopol) a medzi výrobou menších lietadiel ktoré sa zameriavajú skôr na bezpečnosť majiteľov a veľký počet malých konkurentov (Cessna – Cirrus Aircraft – Diamond – Piper Aircraft atď.). Menší výrobcovia okrem toho nemajú zvyčajne k dispozícii ani zďaleka také finančné prostriedky ako tí veľkí. Ohľad sa musí brať aj na dopyt po lietadle a počet objednávok. Zásadnú rolu hrá taktiež aj „meno“ typu lietadla u leteckých spoločností (Boeing 737, Airbus A320), čo znamená či sa lietadlo dá ľahko alebo skôr ťažšie nahradiť iným lietadlom. [2]

POROVNANIE PREDAJA DOPRAVNÝCH A VŠEOBECNÝCH LIETADIEL

Keď si zoberieme ako príklad výrobcu Boeing, tak podľa ich informácií vyrobili a vydali leteckým spoločnostiam len za rok 2018 presne 806 lietadiel, pri čom ich najlacnejšie lietadlo typu Boeing 737-7 stojí okolo 90 miliónov a najdrahšie 777-9 až 442 miliónov dolárov. Airbus v tom istom roku vyrobil a vydal presne 800 kusov. [3]

Keď si tieto čísla porovnáme s výrobcami pod tak zvaným General Aviation, vidíme že jeho najväčší výrobca Cessna predal iba 473 lietadiel, pričom ich najpredávanejší model CE-172S Skyhawk SP, sa predal 129 krát. Jeho priemerná cena sa pohybuje okolo 300 tisíc dolárov, teda ďaleko pod cenou aj toho najlacnejšieho dopravného lietadla dvoch menovaných výrobcov. Ich najdrahší model v tom roku bol Cessna Citation Latitude, ktorý stojí 12 až 15 miliónov dolárov, predalo sa ich však iba 58 kusov. Toto lietadlo patrí pod t. zv. business jety, ktoré taktiež patria pod všeobecné letectvo. Okrem Textron Aviation sú ďalšie známe spoločnosti vyrábajúce business jety napríklad Gulfstream, Bombardier, Embraer alebo aj Airbus či Boeing. [3]



Graf 4: Druh predaných lietadiel podľa roku

Pri tomto porovnaní vidíme že dopravné lietadlá nie len stoja viac, ale aj počet objednávok a predaných lietadiel je výrazne vyšší. Len Airbus sám počíta od roku 2018 do roku 2037 s 35 000 objednávkami dopravných lietadiel všetkých hmotnostných tried, ako zverejnili v ich predpovedi „Global Market Forecast“ v roku 2018. [4]

Ďalší faktor ktorý ovplyvňuje produkciu lietadlovej techniky je ten, že firmy ako Boeing síce majú k dispozícii veľké finančné prostriedky, musia sa ale sústrediť hlavne na dodržanie

termínov ich výroby a zachovania kvality najznámejších typov. Pri zanedbaní čo len iba jedného typu lietadla, by sa konkurencia mohla v očiach kupujúcich dostať do pozície lídra. Tým pádom sa neustále zlepšujú a vyvíjajú nové technológie pre už existujúce modely a na nové veci je ale málo priestoru. Kvôli existujúcemu duopolu v dopravnom letectve nový výrobcovia takmer nemajú šancu sa presadiť vo výrobe dopravných lietadiel. Novozaložené alebo menšie spoločnosti sa sústreďia buď na výrobu všeobecných lietadiel alebo na vylepšené systémy výroby súčiastok a častí dopravných lietadiel. Ročne tak pribúda desiatok spoločností ktoré sa zameriavajú na nové lietadlá a technológie všeobecného letectva, a pomocou podpory týchto malých spoločností veľkými spoločnosťami sa tieto môžu rýchlejšie vyvíjať a poskytovať inovácie aj dopravnému letectvu. [5]

PODPORA START-UPOV

Program podpory malých firiem je zvyčajne založený na jednoduchosti, aby sa v prípade potreby dalo rýchlo konať. Digitalizácia vlastnej spoločnosti je pri tom tak isto veľmi dôležitá, pretože takmer všetky nové firmy nedokážu bez nej efektívne pracovať a kontaktovať alebo zásobovať výrobcov. Funguje to tak, že veľká spoločnosť si vyberie Start-Up spoločnosť ktorá má niečo čo by tá veľká mohla potrebovať. Preto sa rozhodne že tú malú spoločnosť začne podporovať napr. financiami, aby sa mohla rýchlejšie rozvíjať. Start-Up spoločnosť naopak prisľúbi tej veľkej že inováciu ktorú potrebuje môže používať alebo odkupovať. Okrem toho sa o vylepšenie a rozvoj tejto inovácie naďalej stará podporovaná spoločnosť a tá veľká sa môže venovať svojej výrobe. V niektorých prípadoch takto dôjde aj odkúpeniu celej spoločnosti. [5]

BOEING HORIZON X

Obi dvaja najväčší výrobcovia dopravných lietadiel tak zvolili ich vlastný spôsob ako sa dostať k novým výmyslom bez toho aby sami museli aktívne podieľať na ich výrobe. Boeing vyvinul program menom „Horizon X“, pomocou ktorého finančne podporuje Start-Up podniky v sektore všeobecného letectva. Týmto spôsobom Boeing získava inovácie do budúcnosti a malé firmy majú dostatok finančných prostriedkov či možností pri vývoji. [6]



Obrázok 19: Logo Boeing Horizon X

AIRBUS BIZLAB

Airbus prišiel s týmto nápadom už v roku 2015, keď založil tak zvaný „Airbus BizLab – The Aerospace Accelerator“ čo v preklade znamená letecký urýchľovač, ktorý tak isto podporuje Start-Up firmy v letectve. Podpora sa v Airbuse skladá menej z finančných prostriedkov, skôr z ponúkajúceho vedomostí teda tak zvaného „know-how“. Airbus tak poskytne vedcov, materiály a priestor pre tieto firmy za cieľom urýchliť ich vývoj. Každý má 6 mesiacov čas, dokázať alebo vyvinúť niečo čo by malo Airbusu pomôcť v budúcnosti. Po vypršaní 6 mesiacov sa

Airbus rozhodne či pozastaví podporu Start-Upu alebo ho naďalej bude podporovať. [7]

AIRBUS

BizLab

Aerospace Accelerator

Obrázok 20: Logo Airbus BizLab

III. POSTUPY PRODUKCIE LIETADLOVEJ TECHNIKY

Pri porovnaní výrobných postupov medzi výrobou dopravných a všeobecných lietadiel sa pozrieme na najväčšie rozdiely. Aj keď všeobecný priebeh výroby dopravných a všeobecných lietadiel je takmer rovnaký, každý krok produkcie rôznych výrobcov sa odlišuje. Tieto kroky sa nielen odlišujú medzi dopravnými a všeobecnými lietadlami, ale aj medzi nimi navzájom. Keby si ale zoberieme Airbus a Boeing tak by sme pravdepodobne našli len malé rozdiely v ich postupoch pri výrobe.

V rámci malých výrobcov sa tieto kroky môžu odlišovať o niečo viac, pretože každá firma musí začať s nápadom ktorý ju odlišuje od iných výrobcov. Keby nemá vlastný nápad alebo nepríde z niečím novým, tak sa iba ťažko vie uchýtiť medzi konkurenciou. Tým pádom sa dá povedať že výrobné postupy lietadlovej techniky majú menší výrobcovia svojím spôsobom každý svoje a preto sa nedajú zjednotiť.

Jeden z ďalších faktorov ktorý odlišuje ich výrobu je obrovské množstvo typov lietadiel, ktoré nie každý výrobca má v ponuke. Ako príklad si môžeme zobrať výrobu hydroplánov. Je jasné že firma ktorá vyrába vodné lietadlá nebude používať tie isté súčiastky alebo postupovať pri výrobe tak isto ako firma ktorá vyrába business jety. Preto sa musíme pozrieť na viacero malých výrobcov a môžeme ich porovnať navzájom.

U veľkých výrobcov máme naopak dopyt dopravcov po podobných typoch a takmer každý typ Boeingu sa dá prirovnať k rovnocennému typu Airbusu. Preto sa aj výrobné postupy dajú k sebe lepšie prirovnať a rozdiely v nich sú oveľa menšie. Väčšie rozdiely sa dajú nájsť až pri vedľajších častiach ich marketingu a výroby, ako napríklad pri podpore Start-Upov alebo vyvíjaní kozmických technológií.

VÝROBA DOPRAVNÝCH LIETADIEL

Pomocou skúmaných materiálov a informácii o produkčných postupoch výrobcu Airbus a jeho lietadla typu A350 vidíme, že ich výroba je globálny proces ktorý je závislý od stoviek iných firiem a dodávateľov. Všetkému musí predchádzať dôkladné plánovanie po najmenšie detaily a vyberanie si dôveryhodných obchodných partnerov. Nedá sa však ísť tak ďaleko a povedať že každá chyba výrazne poznamená firmy ako

je Airbus alebo Boeing, už len kvôli ich dôležitosti a poste na globálnom leteckom trhu.

Celkovo je výroba takýchto veľkých firiem založená na využívaní a zabezpečovaní tých najlepších podmienok v rôznych štátoch, ktoré im často aj vyjdú v ústrety. Takýto obrovský celosvetový proces nie je totiž len o vyberaní lokality pre najlepšie a najlacnejšie výrobné podmienky, ale aj o poskytovaní tisícov pracovných miest pre dané regióny. Zabezpečuje sa okrem toho fungovanie, často až existencia, stoviek iných firiem, ktoré sa podieľajú na výrobe dopravných lietadiel.

Keď sa pozrieme druhým smerom, teda nie na výrobu ale na samotné lietanie a využívanie lietadiel na prepravu cestujúcich, vidíme že okrem firiem ktoré sa starajú spoločne s hlavným výrobcom o výrobu lietadiel, sú závislé na tom celom aj samotné letecké spoločnosti, ktoré neustále potrebujú nové a hlavne výhodné lietadlá pre zachovanie bezpečnosti a komfortu zákazníkov.

AIRBUS A350 XWB

Pomocou skúmaných materiálov a informácii o produkčných postupoch výrobcu Airbus a jeho lietadla typu A350 vidíme, že ich výroba je globálny proces ktorý je závislý od stoviek iných firiem a dodávateľov. Všetkému musí predchádzať dôkladné plánovanie po najmenšie detaily a vyberanie si dôveryhodných obchodných partnerov. Nedá sa však ísť tak ďaleko a povedať že každá chyba výrazne poznamená firmy ako je Airbus alebo Boeing, už len kvôli ich dôležitosti a poste na globálnom leteckom trhu.

Celkovo je výroba takýchto veľkých firiem založená na využívaní a zabezpečovaní tých najlepších podmienok v rôznych štátoch, ktoré im často aj vyjdú v ústrety. Takýto obrovský celosvetový proces nie je totiž len o vyberaní lokality pre najlepšie a najlacnejšie výrobné podmienky, ale aj o poskytovaní tisícov pracovných miest pre dané regióny. Zabezpečuje sa okrem toho fungovanie, často až existencia, stoviek iných firiem, ktoré sa podieľajú na výrobe dopravných lietadiel.

Keď sa pozrieme druhým smerom, teda nie na výrobu ale na samotné lietanie a využívanie lietadiel na prepravu cestujúcich, vidíme že okrem firiem ktoré sa starajú spoločne s hlavným výrobcom o výrobu lietadiel, sú závislé na tom celom aj samotné letecké spoločnosti, ktoré neustále potrebujú nové a hlavne výhodné lietadlá pre zachovanie bezpečnosti a komfortu zákazníkov. [8]

VÝROBA VŠEOBECNÝCH LIETADIEL

Pri výrobe všeobecných lietadiel sa nedá presne zamerať na jedného výrobcu, pretože je oveľa väčší počet druhov lietadiel s menším dopytom ako po dopravných. Preto som si vybral dvoch výrobcov v rôznych kategóriách všeobecného letectva ktorých výrobu presnejšie definujem a vysvetlím jednotlivé rozdiely medzi nimi. Medzi týchto dvoch patrí z kategórie súkromného letectva jeden z najúspešnejších výrobcov Cirrus a ich svetoznáme lietadlo typu SR22. Pre výrobu business jetov ktorá taktiež patrí pod kategóriu súkromného letectva, som vybral výrobcu Textron Aviation / Cessna, ktorý je

známy kvalitnými a spoľahlivými business jetmi už veľmi dlhú dobu.

CIRRUS SR22

Medzi najväčšie rozdiely výroby Cirrusu, ako malého kvalitného lietadla všeobecného letectva v porovnaní s výrobou dopravných lietadiel patrí lokálna výroba takmer všetkých podstatných častí lietadla. Cirrus sa snaží držať výrobu na jednom mieste a tým mať všetko kompaktné pod kontrolou. Je jasne vidno, že výroba sa snaží dištancovať od závislosti od iných dodávateľov a preto sa snaží vyrábať všetko vo vlastných výrobných halách. Okrem lokálnej výroby je aj jej efektívnosť veľmi dôležitá, ktorá je v Cirrusu neustále kontrolovaná a zlepšovaná. [9]

CESSNA CITATION LATITUDE

Firmu Textron Aviation sme si vybrali v prvom rade pre porovnanie výroby všeobecných lietadiel väčších rozmerov s výrobou dopravných lietadiel. Business Jet Citation Latitude je luxusné lietadlo so špičkovým vybavením vo svojej kategórii, presne ako aj Airbus A350 XWB alebo Cirrus SR22. Všetky lietadlá patria k najdôležitejším produktom ich výroby a majú to najlepšie vybavenie ktoré sa momentálne v letectve ponúka. Porovnáme teraz výrobu Cessny s Cirrusom a s Airbusom, vidíme niečo medzi obi dvoma výrobami. Na jednej strane vidíme extrém vo forme celosvetovej produkcie a na druhej strane máme lokálnu výrobu s minimálnymi objednávkami. Cessna sa snaží zaručiť kvalitnú výrobu efektívnou prácou a jej nezvyčajnými metódami, s ktorými sa experimentuje neustále s cieľom nájsť opäť niečo nové čo funguje ešte lepšie ako to doterajšie. Tak sa napríklad začal vyrábať trup a krídla po stojacke. Keďže je Cessna už dlhšiu dobu na trhu všeobecných lietadiel a patrí k najväčším na svete, sa nedalo očakávať nič iné než kvalitná a efektívna výroba s dlhoročnou skúsenosťou, zatiaľ čo sa Cirrus stále snaží doladiť a zlepšiť ich výrobu na nových produkčných linkách. Výroba sa tak dá skôr priradiť ako podobná tej Airbusu, ktorý patrí medzi dvoch najväčších výrobcov lietadiel na svete a kvôli neustálemu tlaku Boeingu musí napredovať extrémnym tempom. Zatiaľ čo Cirrus má čas a môže si dovoliť svojich záujemcov „nechať čakať“ na výrobu ich lietadiel s takmer nulovým tlakom, musí Cessna prenasledovaná spoločnosťami ako Gulfstream a Embraer, alebo Airbus prenasledovaný Boeingom napredovať a nemôžu si dovoliť žiadne veľké chyby. [10]

IV. APLIKÁCIA NOVÝCH VÝROBNÝCH POSTUPOV

K porovnaniu nových výrobných postupov medzi malými a veľkými, či všeobecnými a dopravnými lietadlami, sa musíme pozrieť na rôznych výrobcov, ich možnosti a finančné prostriedky

3D SÚČIASTKY

Firma Piper existuje od roku 1927 keď ju založil William T. Piper v New Yorku v USA a koncom roka 2018 prišli z novinkou v letectve, ktorá zatiaľ ovplyvnila hlavne ich vlastnú produkciu. V budúcnosti však tento trend môže mať obrovský vplyv na celosvetovú leteckú výrobu. Jedná sa o produkciu

súčiastok pomocou 3D technológie, ktorá im najskôr má znížiť a nahradiť časti v lietadle ktoré nie sú potrebné na bezpečný let. Do teraz sa lietadlá s takýmito súčiastkami testujú a firma Piper sa snaží dostať povolenie od FAA. Piper sa snaží túto inováciu vo výrobe používať len na súčiastky ktoré sa dovážajú alebo kupujú od iných výrobcov, ako napríklad sedačky alebo kryty v cockpite. Ak testy prebehnú úspešne a spoločnosť sa dočká certifikácie, je možné že sa začnú vyrábať aj dôležitejšie a tým pádom aj drahšie súčiastky. Najväčšie obavy sa však týkajú kvality a životnosti vyrobených súčiastok cez 3D tlačiareň. Do teraz sa Piper môže iba chváliť, keďže sa im náklady na produkciu niektorých súčiastok ktoré museli do teraz kupovať, znížili až o 200%. [11]



Obrázok 21: Piper M600 s prvou zabudovanou 3D súčiastkou

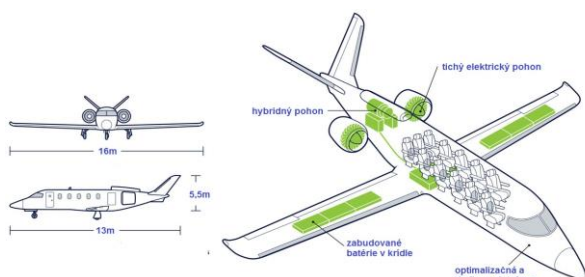
SLM

Jedna z inovácií ktorá bola predstavená v leteckej produkcii už v roku 2015 ale od vtedy je čím viac dôležitejšia, je tak zvaná technológia SLM. Je to spôsob ako spojiť dva kovy ako napr. titán, bez použitia skrutiek. Pomocou lasera sa viacero častí dá spojiť do jednej a tým sa nezníži len celková hmotnosť celého telesa ale zvýši sa aj jeho životnosť. Tento spôsob výroby sa používa hlavne pri častiach v prúdových motoroch, aby boli čo najľahšie a najspoľahlivejšie. Od roku 2015 sa špecializovali aj niektoré SLM firmy na letectvo, ako napríklad nemecká firma SLM Solutions, ktorá vznikla už v roku 2006, avšak sa pred tým zameriavala hlavne na automobilový priemysel. Od kedy sa táto technológia začala používať aj v letectve, je to inovácia ktorú používajú skoro všetci významní výrobcovia lietadiel alebo ich dodávateľia. [12]

ZELENÉ LIETANIE: ZUNUM AERO

V roku 2013 bola založená firma Zunum Aero Asishom Kumarom a Mattom Knappom, v blízkosti Seattlu v USA. Ich prvý prototyp bol elektrický jet menom ZA10, ktorý mal začať lietať v roku 2020. Zmestí sa doňho až 12 ľudí a funguje čisto na elektrický pohon. Ďalej nasledovalo niekoľko typov jetov ktoré sú stavané až pre 50 pasažierov. V roku 2017 tohto výrobcu podporil nie len Boeing Horizon X, ktorý sa zameriava na podporu StartUpov po celom svete za cieľom získania nových technológií, ale aj firma Jet Blue Technology Ventures ktorá si u nich objednala niekoľko lietadiel typu ZA40, a plánuje ich objednať ďalších 100. Majiteľ tejto firmy ale aj pomenoval problémy ktoré majú dnešné turbínové lietadlá v rozmedzí od 10

do 50 sedadiel a ako to ovplyvňuje aj elektrické motory. Tieto lietadlá sa totiž oplatia viac čím dlhšie a čím vyššie letia. Keby malo mať takéto lietadlo s prúdovým pohonom dolet iba niekoľko stoviek kilometrov, tak by sa náklady ASM pohybovali niekde okolo 0,40\$, lebo sa pri vzlete a pristáti spotrebuje najviac paliva. Keď toto lietadlo má ale dolet niekoľko tisíc kilometrov a môže letieť dlhú dobu vo vysokej výške, tak sa náklady každým kilometrom znižujú a pohybujú niekde medzi 0,10\$ až 0,20\$. Tým pádom sa dá povedať že sa lietadlá s turbínovým pohonom neoplatia na krátke lety a presne pre tento prípad sa vyrába toto lietadlo. Pomocou elektrického pohonu sa nezvyšujú náklady pri vzlete a pristáti a lietadlo nemusí mať taký dolet ako tie s turbínovým motorom, lebo sa na dlhé lety zatiaľ vôbec nemá využívať. Zunum Aero tak dokázalo na krátky let od 300 do 700 míľ znížiť náklady ASM na iba 0,10\$ až 0,12\$. [13]



Obrázok 22: Lietadlo Zunum Aero

PIPISTREL

V roku 2011 Slovinska firma Pipistrel vyrobila lietadlo Taurus G4, ktoré sa stalo prvým lietadlom pre štyroch ľudí s elektrickým pohonom. Aj keď sa v roku 2011 batéria Taurusu nabíjala 6 krát dlhšie než lietadlo vedelo byť vo vzduchu, do roku 2016 sa im podarilo zlepšiť pomer nabíjania a lietania na 1:1. V tom istom roku firma Pipistrel vyšla s ďalšou inováciou. Bol to model HY4 pre tak isto štyroch pasažierov, ktorý má vodíkový pohon a dokáže zostať vo vzduchu až 10 hodín v kuse bez emisii. Lietadlo má zasúvací podvozok a dokáže kĺzať dlhý čas vo vzduchu aj bez motora vďaka jeho malej hmotnosti a dlhým krídlam. Typ Taurus G4 sa okrem iného zúčastnil už niekoľko krát podujatia NASA CAFE GFC (Green Flight Challenge), v ktorom súťažia medzi sebou lietadlá neznečisťujúce životné prostredie. Pipistrel toto podujatie vyhral už dva krát, s čím si dokázal zabezpečiť nie len finančnú podporu od NASA vo výške 1,35 milióna dolárov, ale aj množstvo objednávok, ako napríklad 194 lietadiel typu G4 pre indickú armádu. Toto lietadlo funguje iba pomocou elektrického motora ktorý poháňa vrtuľu v strede prednej časti lietadla. [14]



Obrázok 23: Lietadlo Pipistrel Taurus G4

LILIUM GMBH

Medzi výrobcov ktorý sa snažia dostať VTOL do všeobecného letectva patrí aj Lilium GmbH z mníchova. Hlavná myšlienka za zabudovaním systémom vertikálneho vzletu v malom lietadle pre obyčajných ľudí, je náhrada auta v dnešnom preplnenom svete plným zápch, aj keď nie pre každého pretože to by viedlo k tomu istému ak nie ešte väčšiemu chaosu. Lilium GmbH predstavili svoj prvý model v roku 2017 pod menom Lilium Jet. Lietadlo je poháňané 36 motormi na elektrický pohon. Aj keď z hľadiska bezpečnosti a funkčnosti nemá tento model už takmer žiadne nedostatky, v Nemecku a USA sa stal terčom kritiky. Prvý problém bola veľmi krátka doba letu ktorá sa najskôr pohybovala okolo 5-10 minút, ale sa časom podarila vylepšiť až na jednu hodinu. Druhý problém bolo 36 motorov ktorý vznášali lietadlo pri vzlete a pristáti, pretože bolo treba veľký počet batérií ktoré majú príliš vysokú hmotnosť. Okrem toho pri testovaní zistili dvaja nemeckí experti leteckej dopravy, že daný dolet od výrobcu ktorý má byť až 300 kilometrov sa nedá ani zďaleka dosiahnuť a čistá doba letu sa nepohybuje ani okolo 60 minút, ale kým sa lietadlo naštartuje, spojzdni, zapnú sa všetky potrebné agregáty k letu a lietadlo koniec koncom vzlietne, na let zostáva naďalej iba niekoľko minút kým opäť musí zahájiť vertikálny pristávací proces. Podľa majiteľa firmy Lilium GmbH, sa tento projekt má zdokonaľiť a presadiť v roku 2025 v minimálne dvoch nemeckých mestách, kde budú lietadlá fungovať ako aero-taxík. [16]



Obrázok 24: Lietadlo Lilium Jet

V. ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo porovnať a podrobne popísať jednotlivé postupy produkcie lietadlovej techniky medzi dopravnými a všeobecnými lietadlami. Toto porovnanie ukázalo

nie len rozdiel vo finančných prostriedkoch a možnosti výrobcov veľkých dopravných a malých všeobecných lietadiel, ale aj problémy, výhody a nevýhody na oboch stranách. Zámerne sme si vybrali tri spoločnosti oboch kategórií, ktoré nemajú žiadne výrazné problémy na trhu a nachádzajú sa v dobrej až veľmi dobrej finančnej situácii. Tým nebola analýza ich produkčných krokov nijak ovplyvnená a dalo sa objektívne pozrieť na ich výrobu lietadiel.

Prvoradý bol presný popis najdôležitejších výrobných krokov od navrhovania lietadiel až po finálne testovanie. Výrobné kroky boli zvolené podľa dôležitosti a rozdielov vo výrobe v porovnaní s inými výrobcami a preto nemusia byť vždy identické. Slúžia predovšetkým jednoduchému porozumeniu a zobrazeniu tých najdôležitejších výrobných krokov. Cieľom tejto práce je pomôcť čitateľovi si vytvoriť obraz o dnešnej produkcii lietadlovej techniky a zároveň vedieť rozoznať zásadné rozdiely medzi výrobou malých a veľkých alebo všeobecných a dopravných lietadiel. Primárny rozdiel vo výrobe ktorý sme sa snažili ukázať počas celej práce, je využívanie globalizácie v rozdielnych rozmeroch. Výrobcovia ako Airbus alebo Boeing majú vytvorenú celosvetovú sieť výrobných procesov pre masovú výrobu lietadiel, medzitým čo menší výrobcovia stavajú skôr na lokálnu výrobu a vysokú kvalitu. Pre lepší prehľad a ľahšie porovnanie leteckej výroby sme sa rozhodli zobrať do kategórie všeobecného letectva nie len jedného ale dvoch výrobcov. Pod pojem všeobecné letectvo sa totiž dá zaradiť obrovské množstvo rôznych druhov lietadiel slúžiacich na všetky možné účely, ktoré sa nedajú zo sebou porovnávať.

Výroba firmy Textron Aviation sa dá porovnať s obi dvomi nami zvolenými výrobcami, keďže vyrába lietadlá veľkých aj malých rozmerov. Okrem toho to je jedna z najúspešnejších firiem všeobecného letectva už niekoľko desaťročí a tým pádom najlepší príklad pre kvalitnú a efektívnu výrobu.

Pevne dúfam že táto práca pomôže všetkým čitateľom sa lepšie oboznámiť s produkciou lietadlovej techniky a na základe vybraných produkčných krokov pochopiť najpodstatnejšie rozdiely medzi výrobou lietadiel rôznych kategórií.

REFERENCIE

- [1] AustralianAviation.Com.Au. 2019. NSW buys new Boeing 737 large air tanker for firefighting. [online]. [cit. 2020.04.20]. Dostupné na internete: <<https://australianaviation.com.au/2019/05/nsw-buys-boeing-737-large-air-tanker-for-firefighting/>>.
- [2] SPRAGUE K. 2019. Why the Airbus Boeing duopoly dominate 99% of the large plane market. [video] [online]. [cit. 2020.05.02]. Dostupné na internete: <<https://www.cnbc.com/2019/01/25/why-the-airbus-boeing-companies-dominate-99percent-of-the-large-plane-market.html>>.
- [3] FORECAST INTERNATIONAL'S AEROSPACE PORTAL, 2019. General Aviation Market Data. [online]. [cit. 2020.05.02]. Dostupné na internete: <<http://www.fiaeroweb.com/General-Aviation.html>>.
- [4] AIRBUS. 2018. Global Market Forecast 2019-2038 [online]. [cit. 2020.05.03]. Dostupné na internete: <<https://www.airbus.com/aircraft/market/global-market-forecast.html>>.
- [5] AEROSPACEEXPORTTEAM. 2020. Aerospace Startups. [online]. [cit. 2020.05.12]. Dostupné na internete: <<https://aerospaceexport.com/aerospace-startups/>>.
- [6] BOEING HORIZON X, 2020. Break through Boeing Horizon X. [online]. [cit. 2020.05.12]. Dostupné na internete: <<https://www.boeing.com/company/key-orgs/horizon-x/>>.
- [7] JÄGER M. 2018. Airbus BizLab – Ein Weltkonzern macht Startups zu Partnern. [online]. [cit. 2020.05.12]. Dostupné na internete: <<https://www.hamburg-startups.net/airbus-bizlab/>>.
- [8] WELT DOCUMENTARY. 2019. The Plane Makers: High-tech aircraft on the assembly line.[online]. [cit. 2020.04.19]. Dostupné na internete: <<https://www.youtube.com/watch?v=hqiVF6JMRZI>>.
- [9] AV WEB. 2018. How Cirrus builds Aircraft. [video]. [online]. [cit. 2020.05.15]. Dostupné na internete: <<https://www.avweb.com/ownership/how-cirrus-builds-aircraft/>>.
- [10] AOPA YOUR FREEDOM TO FLY. 2017. Citation Latitude Production. [video]. [online]. [cit. 2020.05.21]. Dostupné na internete: <<https://www.youtube.com/watch?v=btDz1NmJaDY>>.
- [11] PIPER AIRCRAFT. 2019. Piper Produces First Production Part Using 3D Printing Technology. [online]. [cit. 2020.05.10]. Dostupné na internete: <<https://www.piper.com/press-releases/piper-produces-first-production-part-using-3d-printing-technology/>>.
- [12] SLM SOLUTIONS. 2020. Luft- und Raumfahrt. [online]. [cit. 2020.05.10]. Dostupné na internete: <<https://www.slm-solutions.com/de/branchen/luft-und-raumfahrt/>>.
- [13] INTELLIGENT AEROSPACE. 2020. Zunum Aero team up to power hybrid-to-electric commercial Aircraft. [online]. [cit. 2020.05.27]. Dostupné na internete: <<https://www.intelligent-aerospace.com/commercial/article/14170301/electric-commercial-aircraft>>.
- [14] PIPISTREL. 2011. [online]. [cit. 2020.05.29]. Dostupné na internete: <<https://www.pipistrel-aircraft.com/pipistrel-big-winner-of-nasa-challenge/>>.
- [15] WIKIPEDIA. 2020. VTOL – Vertical Take-Off and Landing. [online]. [cit. 2020.05.10]. Dostupné na internete: <<https://de.wikipedia.org/wiki/Kategorie:VTOL-Flugzeug>>.
- [16] LILIUM. 2020. Introducing the Lilium Jet. [online]. [cit. 2020.05.10]. Dostupné na internete: <<https://lilium.com/>>.
- [17] HOLODA, Š., PECHO. P., JANOVEC M. & BUGAJ, M. 2017. Modification in Structural Design of L-13 "blanik" Aircraft's Wing to Obtain Airworthiness. Transport Problems 7(1), pages 77-86
- [18] PECHO, P., WYLIE, M. & BUGAJ, M. 2018. Transportation Research Procedia 35, pages 287-294.
- [19] BUGAJ, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [20] JANOVEC, M., SMETANA, M., & BUGAJ, M. 2019. Eddy Current Array Inspection of Zlin 142 Fuselage

Riveted Joints. Transportation Research Procedia 40, pages 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.042>

- [21] BEŇO, L., BUGAJ, M. & NOVÁK, A., 2005. Application of RCM principles in the air operations. *Komunikacie*, 7(2), pages. 20-24.
- [22] ČERŇAN, J., SEMRÁD, K., DRAGANOVÁ, K. & CÚTTOVÁ, M. 2019. Fatigue stress analysis of the DV-2 engine turbine disk. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology* 91(4), pages 708-716"
- [23] 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>

Ivan Maliňák – narodený dňa 09.10.1997 v Považskej Bystrici absolvoval v roku 2017 Gymnázium na Gabelsberger Gymnasium Mainburg v Nemecku. Následne v roku 2017 nastúpil na Žilinskú univerzitu v Žiline v odbore 3772 doprava, pričom sa zamerl na št. program profesionálny pilot. Aktuálne študent danej univerzity.

VYPRACOVANIE TECHNOLOGICKÝCH POSTUPOV ÚDRŽBY PRE LIETADLO ZLÍN Z 242 L PRE POTREBY LVVC ŽU

ELABORATION OF TECHNOLOGICAL MAINTENANCE PROCEDURES FOR THE ZLIN Z 242 L AIRCRAFT FOR NEEDS OF LVVC ŽU

Róbert Mariňak

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

Tomáš Bracínik

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
bracinik@lvvc.uniza.sk

Abstract – Aircraft maintenance is nowadays a very demanding and precise job that requires professional and qualified personnel. In order of carrying this job out efficiently, the maintenance staff needs high quality and up to date materials, to use while doing their work. The aim of this bachelor's thesis is to create material that should guide, unify and facilitate the overall process of maintenance procedures of aircraft type Zlin Z 242 L, which recently became part of the fleet of the Aviation Training and Education Centre of the University of Žilina. In our study, we worked with official materials from ZLIN AIRCRAFT a.s. and together with legal norms and valid regulations we tried to create a basis for the design of the job cards for regular inspections. We were looking for a compromise between the standards and the specific requirements of LVVC ŽU. After a tough examination of all aspects, having an influence on the necessary technological procedures, we came to the final design of the job cards of regular inspections of type A, B and the design of job cards of special inspections. This job cards design should enable professional staff to carry out maintenance work directly and clearly and ensure that they can be checked at each stage of the inspection.

Key words – maintenance, inspection, job cards, design, Zlin, maintenance manual, ZLIN AIRCRAT, maintenance staff.

I. ÚVOD

Každý pilot sa spolieha na dobre odvedenú prácu personálu údržby lietadla. Málokto si ale v dnešnej dobe uvedomuje skutočnosť, že práve vďaka tejto práci odborného personálu môžeme do lietadla nasadnúť s pocitom bezpečnosti. Či už ide o veterán, alebo o lietadlo, ktoré práve vyšlo z výrobnéj linky, životnosť oboch závisí od kvalitnej údržby.

Letecké výcvikové a vzdelávacie centrum Žilinskej univerzity v Žiline (LVVC ŽU) je už roky domovom výcvikových lietadiel typu Zlín. Rada Z 42 je známa svojou univerzálnosťou a odolnosťou voči zaobchádzaniu najmä v priebehu vykonávania základného výcviku pilotov - žiakov.

V súčasnosti stojí LVVC ŽU pred novou výzvou obnovovania flotily svojich výcvikových lietadiel. Súčasne používané typy lietadiel Zlin Z 142, Z 42 a Z 43 sú nahrádzané modernejšou variantou - Z 242 L. Táto obnova letového parku si vyžaduje množstvo administratívnych úkonov a okrem iného aj vypracovanie nových technologických postupov údržby pre tieto nové lietadlá.

Cieľom tejto bakalárskej práce je vytvoriť materiál, ktorý môže uľahčiť a zjednodušiť vykonávanie údržbárskych prác technikom údržby v spomínanej organizácii na nových lietadlách. V tejto práci analyzujeme súčasný stav riešenej problematiky. Jej súčasťou je aj vypracovanie podrobnej analýzy práce s pracovnými kartami dodanými s technickou dokumentáciou lietadla. Hodnotíme klady a zápory práce s takýmito kartami, pričom berieme na zreteľ osobitné požiadavky LVVC ŽU.

Výsledkom práce je návrh pracovných kariet, vyhovujúcich v prvom rade nariadeniam a predpisom v spojení s konkrétnymi požiadavkami organizácie. Takto navrhnuté karty by mali uľahčiť prácu odbornému technickému personálu jednoduchosťou a prehľadnosťou samotnej pracovnej karty, a tým uľahčiť proces vykonávaných prác a nezávislých kontrol.

II. ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU PROBLEMATIKY

Jedným zo základných predpokladov bezpečnej prevádzky lietadiel je ich kvalitná a zodpovedne vykonávaná údržba. Jej rozsah sa môže líšiť v závislosti od veľkosti lietadla a zložitosti jeho jednotlivých častí, ale jej význam je rovnaký bez ohľadu na to, či sa jedná o malé lietadlo určené na výcvik, pre rekreáciu a šport, alebo veľké dopravné lietadlo určené na prepravu osôb a nákladu.

Predmetom systému údržby sú okrem iného aj zoznam, rozsah, spôsob vykonania a periodicita všetkých úkonov spojených s technickou údržbou, ktoré sú podrobne špecifikované v programe údržby daného lietadla. Jeho obsah je založený na odporúčaní výrobcu lietadla, výrobcu motora, výrobcu vrtule a výrobcov jednotlivých inštalovaných komponentov a vybavenia lietadla. Program údržby obsahuje súbor údržbových úloh, úkonov, postupov a kompetencií, ktoré

tvoria základnú pravidelnú údržbu lietadla a ktorých dodržanie je podmienkou zachovania letovej spôsobilosti [1].

ÚDRŽBA LIETADIEL V LVVC ŽU

LVVC ŽU je zároveň okrem výcvikovo vzdelávacej organizácie pilotov- študentov aj organizáciou oprávnenou k údržbe lietadiel podľa podmienok Nariadenia komisie (EU) 1321/2014, časti M, podčasti F s číslom SK.MF.006 a súčasne aj organizáciou pre riadenie zachovania letovej spôsobilosti (CAMO) podľa časti M, podčasti G, s číslom povolenia SK.MG.025 [2]. To oprávňuje LVVC ŽU k údržbe a predlžovaniu letovej spôsobilosti lietadiel a komponentov uvedených v Tabuľke č. 1.

Tabuľka 1: Rozsah povolení podľa časti M, podčasti F LVVC ŽU [3]

Lietadlá (A2)	Z-42M/MU, Z-142, Z-43 PA-34-220T, PA-28
Letecké motory (B2)	M-137A/AZ, M-337A/AK
Vrtule (C16)	V-500A, V-503A
(D1)	Dye-penetrant

V súčasnosti sa na údržbe lietadiel v LVVC ŽU podieľa personál údržby, ktorý denne vykonáva pravidelnú údržbu, predletovú, medziletovú a poletovú prehliadky lietadiel typu Zlín Z-142, Z-42 a Z-43 a PA-28, PA-34-220T. Požiadavka na dôsledné vykonávanie údržby je umocnená obzvlášť v prostredí leteckých škôl, kde sú lietadlá využívané aj pilotmi - žiakmi, ktorí nemajú v prvých fázach výcviku dostatočné skúsenosti na riešenie prípadných chýb vzniknutých v priebehu letu.

ZARADENIE LIETADLA Z 242 L DO FLOTILY LVVC ŽU

Dôvodom zaradenia práve tohto typu lietadla do flotily LVVC ŽU je zavedenie výcviku v oblasti Prevencie straty kontroly nad riadením a obnovenia kontroly nad riadením UPRT. Tento výcvik sa stal povinným pre všetkých začínajúcich pilotov v kurzoch ATPL a CPL kvalifikácie od konca roku 2019. Jeho zaradenie vychádza z odporúčaní Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva (EASA) a výcvikových osnov organizácie [4] [5].

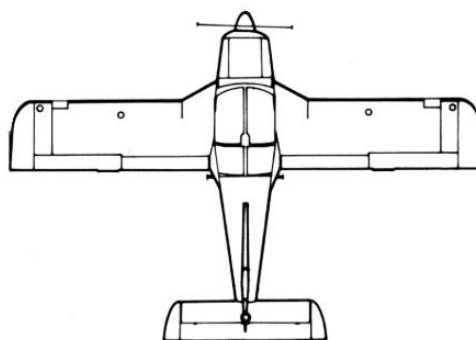
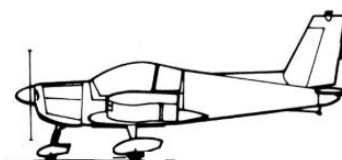


Obrázok 1: Slávnostný prílet Z 242 L na LZZI [autor]

Letún Zlín Z 242 L je dvojmiestny, dolnokridly, samonosný jednoplošník celokovovej konštrukcie so sedadlami usporiadanými vedľa seba a pevným trojkolesovým podvozkom s riaditeľnou prednou podvozkovou nohou. Pohonnú jednotku tvorí letecký benzínový motor triedy AEIO-360 s výkonom 200 hp (194 kW) pri 2700 ot/min. Vrtuľa MTV-9-B-C/C-188-18 je trojlistá a je hydraulicky nastaviteľná [6].

Tabuľka 2: Technické parametre Z 242 L [6]

Základné technické parametre Z 242 L	
Dĺžka	6940 mm
Výška	2950 mm
Rozpätie krídel	9340 mm
Pohonná jednotka	Textron Lycoming AEIO-360-A1B6
Vrtuľa	MTV-9-B-C/ C 188-18a
Max. výkon	149 kW/ 200 hp pri 2700 ot/min
Hlavné palivové nádrže	2 x 60 l
Pridavné palivové nádrže	2x 55 l
Palivo	AVGAS 100/ 100 LL
Olejová nádrž	8 l



Obrázok 2: Trojrozmerný náčrt Z 242 L [6]

MANUÁL PRE OBSLUHU A ÚDRŽBU Z 242 L

Súčasťou každého lietadla je Manuál pre obsluhu a údržbu (Maintenance Manual), ktorý má slúžiť vlastníkovi/prevádzkovateľovi lietadla ako zdroj informácií pri vykonávaní údržby. Sú v ňom zjednotené a rozpisané postupy kontroly alebo výmeny jednotlivých komponentov lietadla. Manuál pre obsluhu a údržbu lietadla Zlín Z 242 L sa skladá z dvoch častí:

- Manuál pre obsluhu a údržbu (MM) – časť I,
- Manuál pre obsluhu a údržbu (MM) – časť II [7].

V týchto častiach MM je stanovené, aké prehliadky a kontroly musí lietadlo pravidelne podstupovať. V Tabuľke 3 sú zoskupené všetky pravidelné a špeciálne prehliadky z týchto dvoch častí MM.

Tabuľka 3: Prehľad plánovaných prehliadok Z 242 L [8] [9]

MM – časť I		MM – časť II
Po každých	Po prvých	Po každých
50 h	25 h	500 h (typ B)
100 h (typ A)	50 h	1500 h (typ C)
Špeciálne prehliadky		Špeciálne prehliadky

Jednotlivé úkony, vykonávaných prác pri prehliadkach sú logickým spôsobom číselne zoradené od 10 skupín podľa jednotlivých častí lietadla. Každá skupina obsahuje úkony, ktoré je nutné v rámci údržby vykonať.

SÚČASNÉ KARTY PRACOVNÝCH POSTUPOV A ICH ANALÝZA

K lietadlám Z 242 L vydala spoločnosť ZLIN AIRCRAF a.s. pracovné postupy, ktoré obsahujú vyššie spomínané skupiny prác a úkony pri nich vykonávané, ktoré sú logicky zoradené od prípravných prác až po dokončovacie práce. Obsahujú prehľad doplňujúcich poznámok o vykonávaných prácach a kolónku pre podpis personálu vykonávajúceho tieto úlohy. Ako príklad, uvedieme ukážku súčasnej karty pracovných postupov a práce s takouto kartou. Nasledovne vykonáme analýzu výhod a nevýhod takejto karty.

ZLIN AIRCRAFT a.s.
Otrokvice

č. Dok. 003.021.1

Z 242 L
Návod pro údržbu – Část I

5.2. PLÁNOVANÉ PROHLÍDKY

Poř. č.	Úkony při prohlídce	Přehled plánovaných prohlídek					Pozn	Provedl
		P25	P50	50	100 (1W)	S.P. (lehel)		
0.	PŘÍPRAVNÉ PRÁCE Kontrolujte stav průvodní dokumentace letounu a provedení záznamů do letadlové knihy, motorové knihy a do záznamníku vrtule. Kontrolujte provedení všech bulletinů letounu, motoru a vrtule Kontrolujte lhůty všech částí s omezenou životností (Kap. 9 Návodů pro údržbu letounu Z 242 L, Část I.) Kontrolujte provedení všech Příkazů k zachování letové způsobilosti (AD - Airworthiness Directive). Vyčistěte kabinu, očistěte motor a umyjte povrch letounu. Demontujte kryty pro umožnění prohlídky. Provedení kontrolní motorové zkoušky.				o			
					o			
					o			
					o			
					o			

Obrázok 3: Náhľad súčasnej pracovnej karty pravidelných prehliadok Z 242 L [8]

1. TRUP									
Laminátové kryty střední části trupu: kontrola dotažení šroubů		o							
Potah: poškození, deformace.									(21)
Pomocná ostruha: koroze, uchycení, poškození.									
Kostra trupu: svary v okolí závěsů zadní části trupu, závěsů podvozku a závěsů motorového lože: koroze, trhlinky.									(22)
Posuvný kryt kabiny:									
a) nouzový odhoz krytu, stav závěsů, zajištění krytu.									
b) posouvání krytu (volný pohyb), zajištění v zavěšené poloze.									
Skla kabiny: praskliny, poškození.									
Vnitřní prostor kabiny:									
a) čistota, žádné volné předměty.									
b) sedadla, postroje: poškození, přestavování, zámky									(23)
c) úplnost vybavení kabiny									
d) hasičí přístroj: koroze, životnost									(24)
e) kontrola tlaku v pánsníku nosníku centroplánu: min. 150 kPa									
f) havarijní kládívko: uchycení a zajištění									(25)

Obrázok 4: Pokračovanie súčasnej pracovnej karty pravidelných prehliadok Z 242 L [8]

Uvedené pracovné karty pravidelných prehliadok obsahujú poradové číslo skupiny a úkony vykonávané v jej rámci. Ďalej obsahujú stĺpce definujúce druh prehliadky a obsahujúce označenie úkonov, ktoré sa majú vykonať. Na pravom okraji sa nachádzajú dva stĺpce. Prvý stĺpec obsahuje odkazy na doplňujúce poznámky, ktoré sú tiež označené pri príslušných úkonoch. Druhý stĺpec obsahuje políčko pre podpis pracovníka údržby, ktorý vykonáva daný úkon.

Ako príklad použijeme dva konkrétne úkony 100 hodinovej prehliadky. Predpokladáme, že personál údržby vykonáva prácu v súlade s logickou postupnosťou kariet pracovných úkonov a začal kategóriou „0. Přípravné práce“. Prvá položka odkazuje na kontrolu stavu sprievodnej dokumentácie lietadla, kontrolu vyplnenia záznamov v lietadlovej knihe, motorovej knihe a záznamníka vrtule. Po vykonaní týchto úloh sa osoba z personálu údržby podpíše do kolónky „Provedl“ a tým potvrdí vykonanie práce. Ako ďalší príklad použijeme úlohu zo skupiny „1. Trup,“ položku „Potah,“ ktorá odkazuje na vykonanie kontroly poškodenia a deformácie potahu lietadla. Zároveň je k tomuto úkonu priradená doplňujúca poznámka č. 21, ktorej obsah si personál údržby musí dodatočne vyhľadať a naštudovať. Ak sa počas kontroly nájde podozrenie na poškodenie a deformáciu potahu, musí personál údržby postupovať podľa pokynov doplňujúcej poznámky. Opäť po dokončení úlohy sa osoba personálu údržby podpíše do kolónky „Provedl“. Takýto spôsob práce s kartami pracovných úkonov je aplikovaný personálom údržby na celý rozsah vykonávaných prác.

Výhody: jednoduchosť, prehľadnosť, množstvo úkonov pri prehliadke na jednej strane.

Nevýhody: neobsahujú kolónku pre dátum vykonania jednotlivých úkonov a neobsahujú kolónku pre podpis osoby vykonávajúcej nezávislú kontrolu vykonaných prác.

III. PREDPISOVÁ ZÁKLADŇA

Údržba lietadiel v LVVC ŽU sa riadi súborom predpisov a nariadení, počnúc nariadením Komisie (EÚ) č. 1321/2014 z 26. novembra 2014 o zachovaní letovej spôsobilosti lietadiel a výrobkov, súčastí a zariadení leteckej techniky a o schvaľovaní organizácií a personálu zapojených do týchto činností; ďalej časť M, podčasť F a časť 145 tohto nariadenia. Vyplýva to z rozdelenia údržby pre všetky druhy lietadiel, prevádzkovaných v členských krajinách EASA. Zadané začlenenie LVVC ŽU je zhrnuté v nasledujúcej Tabuľke č. 4.

Tabuľka 4: EASA rozdelenie údržby pre každý typ lietadla [9]

Komerčná prevádzka		Iná ako komerčná prevádzka		
Licencovaný dopravcovia	Komerčne špecializovaná prevádzka alebo CAT iná než licencovaný dopravca alebo komerčné ATO		Vykonávaná s CMPA	Vykonávaná s inými ako CMPA
	CMPA	Iné ako CMPA		
Časť-145	Časť-145	Časť-145	Časť-145	Časť-145
		Časť-M, Podčasť-F		Nezávislý certifikovaný personál
		Pilot vlastník		

PODČASŤ F – ORGANIZÁCIA VYKONÁVAJÚCA ÚDRŽBU

V tejto podčasti sa stanovujú požiadavky, ktoré musia splniť organizácie na vydanie alebo zachovanie platnosti povolenia na údržbu iných ako zložitých motorových lietadiel a komponentov určených na inštaláciu do nich, ktoré nepoužívajú leteckí dopravcovia licencovaný v súlade s nariadením (ES) č. 1008/2008 [2].

Táto podčasť F, hovorí aj o normách údržby. Jednou z takýchto noriem je povinnosť **zriadiť systém pracovných kariet alebo pracovných listov** a postarať sa o to, aby sa údaje o údržbe presne preniesli na tieto **pracovné karty** alebo listy.

Ďalšou normou je, že celú údržbu má vykonať kvalifikovaný personál podľa metód, techník noriem a pokynov špecifikovaných v údajoch o údržbe podľa časti M. **Okrem toho sa vykoná nezávislá prehliadka po každej údržbárskej práci kritickej pre bezpečnosť letu** [2].

ČASŤ 145 – TECHNICKÉ POŽIADAVKY

V technických požiadavkách na údaje o údržbe je stanovené, že Organizácia podľa bodu 143.A.45 e) musí zabezpečiť spoločný **systém pracovných kariet alebo pracovných listov, ktoré sa budú používať vo všetkých príslušných častiach organizácie**. Okrem toho musí organizácia buď starostlivo zaznamenávať údaje o údržbe do takýchto pracovných kariet alebo pracovných listov, alebo uviesť presný odkaz na jednotlivú úlohu alebo úlohy údržby obsiahnuté v takých údajoch o údržbe [2].

Pracovné karty a pracovné listy môžu byť **zhotovené na počítači** a uchovávané v elektronickej databáze. Komplexné údržbárske úlohy sa zaznamenávajú do pracovných kariet alebo pracovných listov a rozdeľia do zreteľných etáp, aby bol zabezpečený záznam o splnení celej úlohy údržby [2].

LVVC ŽU musí zabezpečiť, aby boli takéto pracovné karty alebo pracovné listy ľahko dostupné na použitie, vždy keď ich personál údržby potrebuje [2].

IV. NÁVRH PRACOVNÝCH KARIET PERIODICKÝCH PREHLIADOK TYPU A, B PRE LIETADLO TYPU Z 242 L

Po sumarizácii všetkých potrebných podkladov a zdrojov a po dôkladnom preskúmaní súčasného stavu problematiky sme vyvodili stanovisko, že LVVC ŽU pri zavedení nového typu lietadla Z 242 L do svojej flotily výcvikových lietadiel potrebuje **vypracovať karty pracovných postupov, vychádzajúcich z postupov stanovených výrobcom lietadla ZLIN AIRCRAFT a.s.** Pomocou týchto kariet môže personál vykonávajúci údržbu **ľahko získať potrebné, použiteľné a aktuálne údaje k údržbe**. Tieto karty majú zároveň slúžiť ako zdroj informácií o prácach vykonaných pri jednotlivých prehliadkach a sú **uložené v evidencii organizácie údržby**.

ŠTRUKTÚRA NAVRHNUTÝCH PRACOVNÝCH KARIET

Navrhované karty sme vytvorili podľa postupov výrobcu ZLIN AIRCRAFT a.s. Na úvodnej strane sa nachádza **názov prehliadky** (vyššie uvedený príklad 100 h prehliadky), ktorý je tvorený zvýraznenými slovami „každých 100“ a „1 rok“, aby bolo na prvý pohľad jasné o akú pracovnú kartu sa jedná. V hornej časti sa nachádza logo LVVC ŽU spolu s **čísлом povolenia** organizácie na vykonávanie údržby SK.MF.006, ďalej číslo organizácie pre riadenie zachovania letovej spôsobilosti SK.MG.025 a **adresa organizácie**. Políčka „**Zákazník**“ a „**Objednávateľ**“ sú vytvorené pre univerzálne použitie kariet aj pri údržbových prácach iných lietadiel ako lietadiel LVVC ŽU. V kolónke „**Lietadlo**“ je vyznačený typ / model lietadla (v našom prípade Z 242 L). Políčka „**Reg.**“ a „**S/N**“ slúžia na zapísanie registračnej značky lietadla (napr.: OM-LWA, OM-LWB) a na zaznačenie sériového čísla lietadla. Políčka „**Flight hrs.**“, „**Hobbs**“ a „**A/C Pristáti**“ slúžia na zaznamenanie dôležitých údajov o počte celkových letových hodín, počte motohodín a celkovom počte pristátí. Do políčok „**Začiatok**“, „**Ukončenie**“ a „**Vytlačenie**“ je možné zapísať dátumy začiatku prehliadky, ukončenia prehliadky a vytlačenia pracovných kariet.

Poradové čísla s názvami skupín (napr.: 0. Prípravné práce) sú zaznamenané v šedom políčku na začiatku každej novej skupiny. Pod týmto údajom sa nachádzajú jednotlivé popisy prác (úkonov) vykonávaných pri prehliadke. Ku každej vykonávanej práci je podľa Manuálu pre obsluhu a údržbu na pravej strane zaznamenaná „**Položka**“ a „**Kapitola NÚ**“. Tým je zaručené, že jednotlivé práce jednoznačne korešpondujú s originálom vydaným výrobcom lietadla.

Každý pracovný úkon je zaznamenaný v **samostatnej kolónke**, to zvyšuje prehľadnosť jednotlivých úkonov a celkovú orientáciu v pracovnej karte. Za každým pracovným úkonom sú k dispozícii tri políčka, a to: „**Dátum**“, „**Vykonan**“ a „**Skontroloval**“. Vyplnením údajov v týchto políčkach sa dá jednoducho spätne skontrolovať, že daný úkon bol skutočne vykonaný a **preveriť kedy a ktorá osoba personálu údržby prácu vykonala a skontrolovala**.

Pracovná správa/ Prehliadka typu A po každých 100 letových hodinách alebo 1 roku prevádzky Zlín Z 242 L						
Zákazník: LVVC ŽU		Objednávateľ: LVVC ŽU	Lietadlo: Z 242 L	Flight hrs.: Hobbs: S/N:	Reg.: A/C Prístroj:	Začiatok: Ukončenie: Vyťaženie:
0. PRÍPRAVNÉ PRÁCE						
Položka/Kapitola NÚ	Popis práce:		Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:	
1. S.2.0	Skontrolujte stav spravidelnej dokumentácie letúna a vykonanie záznamov do lietadlovej knihy, motorovej knihy a do záznamníka vrtule.					
Položka/Kapitola NÚ	Popis práce:		Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:	
2. S.2.0	Skontrolujte vykonanie všetkých bulletinov letúna, motoru a vrtule.					
Položka/Kapitola NÚ	Popis práce:		Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:	
3. S.2.0	Skontrolujte lehoty všetkých častí s obmedzenou životnosťou (Kap. 9 Návodů pro údržbu letadla Z 242L, Časť 1.)					
Položka/Kapitola NÚ	Popis práce:		Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:	
4. S.2.0	Skontrolujte vykonanie všetkých príkazov k zachovaniu letovej spôsobilosti (AD – Airworthiness Directive).					
Položka/Kapitola NÚ	Popis práce:		Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:	
5. S.2.0	Vyčistite kabínu, očistite motor a umyte povrch letúna.					

Obrázok 5: Úvodná strana navrhovaných pracovných kariet periodickej prehliadky typu A

Pracovná správa/ Prehliadka typu A po každých 100 letových hodinách alebo 1 roku prevádzky Zlín Z 242 L						
Zákazník: LVVC ŽU		Objednávateľ: LVVC ŽU	Lietadlo: Z 242 L	Flight hrs.: Hobbs: S/N:	Reg.: A/C Prístroj:	Začiatok: Ukončenie: Vyťaženie:
0. PRÍPRAVNÉ PRÁCE						
Položka/Kapitola NÚ	Popis práce:		Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:	
1. S.2.0	Skontrolujte stav spravidelnej dokumentácie letúna a vykonanie záznamov do lietadlovej knihy, motorovej knihy a do záznamníka vrtule.					

Obrázok 6: Hlavička navrhovanej pracovnej karty prehliadky typu A

Pracovná správa/ Prehliadka typu B po každých 500 letových hodinách alebo prevádzky Zlín Z 242 L						
Zákazník: LVVC ŽU		Objednávateľ: LVVC ŽU	Lietadlo: Z 242 L	Flight hrs.: Hobbs: S/N:	Reg.: A/C Prístroj:	Začiatok: Ukončenie: Vyťaženie:
0. PRÍPRAVNÉ PRÁCE						
Položka/Kap. NÚ B.	Popis práce:		Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:	
1. 1.10.0	Skontrolujte stav spravidelnej dokumentácie letúna a prevedenie záznamov do lietadlovej knihy, motorovej knihy a do záznamníka vrtule.					
Položka/Kap. NÚ B.	Popis práce:		Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:	
2. 1.10.0	Skontrolujte prevedenie všetkých bulletinov letúna, motoru a vrtule.					
Položka/Kap. NÚ B.	Popis práce:		Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:	
3. 1.10.0	Skontrolujte lehoty všetkých častí s obmedzenou životnosťou (Kap. 9 Návodů pro údržbu letadla Z 242L, Časť 1.)					
Položka/Kap. NÚ B.	Popis práce:		Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:	
4. 1.10.0	Skontrolujte vykonanie všetkých príkazov k zachovaniu letovej spôsobilosti (AD – Airworthiness Directive).					
Položka/Kap. NÚ B.	Popis práce:		Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:	
5. 1.10.0	Vyčistite kabínu, očistite motor a umyte povrch letúna.					

Obrázok 7: Úvodná strana navrhovaných pracovných kariet periodickej prehliadky typu B

V. NÁVRH PRACOVNÝCH KARIET Špeciálnych Prehliadok Pre Lietadlo Z 242 L

Špeciálne prehliadky vyplývajú z bežnej praxe pri prevádzke tohto typu lietadla. Keďže lietadlo Z 242 L je schválené na vykonávanie akrobatických prvkov a letu na chrbte, je potrebné určité aspekty prehliadky vykonávať aj v iných než pravidelných intervaloch. Taktiež vykonávanie opakovaných letných pristátí a vzletov pri výcviku pilotov si vyžaduje špeciálnu kontrolu podvozkových kolies. Preto spoločnosť ZLIN AIRCRAFT a.s. vydala inštrukcie aj k takýmto špeciálnym prehliadkam. Návrh kariet špeciálnych prehliadok je založený na rovnakej filozofii rozloženia údajov, ako aj v predošlom návrhu pracovných kariet pravidelných prehliadok typu A, B. Keďže špeciálne prehliadky neobsahujú veľa úkonov, sú všetky zahrnuté

v jednej pracovnej karte. Do pracovnej karty je pridaná tabuľka s prehľadom intervalov prehliadok. Pri potrebnom úkone je potom bodkou zaznačený interval v tabuľke. Ide o podobný princíp, aký je použitý na originálnych pracovných kartách.

Pracovná správa/ Špeciálne prehliadky po každých 300, 400, 500 a 1500 letových hodinách Zlín Z 242 L						
Zákazník: LVVC ŽU		Objednávateľ: LVVC ŽU	Lietadlo: Z 242 L	Flight hrs.: Hobbs: S/N:	Reg.: A/C Prístroj:	Začiatok: Ukončenie: Vyťaženie:
5. PODVOZOK A PRÍSTAVACIE ZARIADENIE						
POZNÁMKA: Pred prehliadkou prístavacieho zariadenia zdvihnite letún na zdvihák.						
Položka/Kapitola NÚ	Popis práce:		Interval prehliadky	Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:
2a. S.2.5	Vykonať kontrolu podvozkových kolies po zdemontovaní z letúna. Vyčistite ložiská a skontrolujte ich stav (poškodenie zaťaženie od prehliadania), premažte ich a vymeňte poškodené ložiská (s. 2.16 vzpr. pozn. 30a).		300 400 500 1500			
Položka/Kapitola NÚ	Popis práce:		Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:	
2b. S.2.5	Skontrolujte poškodenie a trhlinky na odliatkoch kolies.					
Položka/Kapitola NÚ	Popis práce:		Dátum:	Vykonaný:	Skontrolovaný:	
3b. S.2.5	Skontrolujte poškodenie a trhlinky na odliatkoch brzd.					

Obrázok 8: Úvodná strana navrhovaných pracovných kariet špeciálnych prehliadok

NÁVRH PRACOVNÝCH KARIET OSTATNÝCH PRAVIDELNÝCH A JEDNORAZOVÝCH PREHLIADOK

Ide o pravidelné prehliadky po každých 50 letových hodinách a po každom 1 a 2 roku prevádzky, nezávisle od nalietaných hodín. Poslednú skupinu tvorí návrh pracovných kariet jednorazových prehliadok a to prehliadky po prvých 25 letových hodinách a po prvých 50 letových hodinách. Návrhy a celkový vzhľad týchto pracovných kariet je totožný s uvedenými návrhmi na obrázkoch 5, 7 a 8.

VI. ZÁVER

V tejto bakalárskej práci sme sa zaoberali problematikou údržby lietadla, konkrétne pracovných kariet plánovaných prehliadok pre lietadlo typu Zlín Z 242 L, pre potreby Leteckého výcvikového a vzdelávacieho centra Žilinskej univerzity v Žiline, keďže spomínaný typ lietadla sa zanedlho stane plnohodnotnou súčasťou flotily výcvikových lietadiel tejto organizácie. Týmto vznikla pre túto organizáciu povinnosť vypracovať všetku potrebnú dokumentáciu k tomuto typu lietadla, vrátane pracovných kariet plánovaných a špeciálnych prehliadok, ktorých návrh je výsledkom tejto práce.

V prvom rade bolo súčasťou nášho výskumu zoskupenie všetkých potrebných informácií, či už išlo o platné predpisy a nariadenia alebo o konkrétne požiadavky LVVC ŽU. Tým vznikla variácia viacerých podkladov pre vytvorenie jednotlivých návrhov pracovných kariet. Obsahom týchto pracovných kariet sú úkony pracovných postupov pri prehliadkach vykonávaných osvedčujúcim personálom. Navrhované pracovné karty obsahujú políčko pre podpis osoby vykonávajúcej nezávislú prehliadku po každej údržbárskej práci. Ďalej je vytvorené miesto pre dátum vykonania jednotlivých úkonov. Tým je zaručený kontinuálny prehľad postupu prác údržby na danom lietadle.

Pevne veríme, že sa navrhované pracovné karty stanú súčasťou portfólia technologických postupov údržby pre lietadlo Zlín Z 242 L v LVVC ŽU a že si personál, vykonávajúci údržbu, prácu s takýmito kartami osvojí.

PodĎakovanie

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] PROFI PILOT. 2011. *Letecká škola 12: Údržba lietadiel*. [online]. Dostupné na internete: <<http://www.profpilot.sk/stare-rubriky/odborne-clanky/letecka-skola-12-udrzba-lietadiel>>.
- [2] ÚRADNÝ VESTENÍK EURÓPSKEJ ÚNIE. 2014. *Nariadenie komisie (EÚ) 1321/2014*. [online]. Dostupné na internete: <<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/1321/oj/slk>>.
- [3] DOPRAVNÝ ÚRAD. 2019. *Schválené organizácie*. [online] Dostupné na internete: <<http://letectvo.nsat.sk/wp-content/uploads/sites/2/2019/12/Zoznam-schvalenych-organizacii-na-udrzbu-podla-part-M-subpart-F-10.12.2019.pdf>>.
- [4] ÚRADNÝ VESTNÍK EURÓPSKEJ ÚNIE. 2018. *Vykonávacie nariadenie komisie (EÚ) 2018/1947*. [online]. Dostupné na internete: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1974&from=EN>>.
- [5] BAA TRAINING. 2020. *UPRT*. [online]. Dostupné na internete: <<https://baatyperating.com/2020/02/25/4-most-frequently-asked-questions-about-uprt/>>.
- [6] ZLIN AIRCRAFT A.S. 2007. *Letová príručka letounu Z 242 L*.
- [7] NOVOTNÝ, T. 2009. *Řízení údržby letadel a odstraňování závad při provozu*: Diplomová práce. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2009. 73 s.
- [8] ZLIN AIRCRAFT A.S. 1996. *Návod pro údržbu Zlín Z 242 L, Část I., Revidované vydání*.
- [9] ZLIN AIRCRAFT A.S. 1997. *Návod pro údržbu letounu Z 242 L, Část II., Revidované vydání*.
- [10] NOVÁK, A., TOPOLEČÁNY, R., BRACINÍK, T. 2009. *Výcvik leteckých posádek s využitím nových technologií*. Žilinská univerzita, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, 2009. - 94 s. ISBN 978-80-554-0108-9.
- [11] BUGAJ, M. 2011. *Systémy údržby lietadiel*. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [12] BREZOŇÁKOVÁ, A., ŠKVAREKOVÁ, I., PECHO, P., DAVIES, R., BUGAJ, M. & KANDERA, B. 2019. The effects of back lit aircraft instrument displays on pilots fatigue and performance. *Transportation Research Procedia* Volume 40, pages 1273-1280.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [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

TVORBA ŠTUDIJNÝCH MATERIÁLOV - KOMUNIKAČNÉ SYSTÉMY

COMMUNICATION SYSTEMS

Nikolas Marman

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

Andrej Novák

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

Abstract - The main objective of this thesis is to create study materials for basic, but mainly for modern communication systems, which could help the future students of Department of Air Transport during preparation for subject focused on communication systems. In the first part, basic principles of communication and communication systems are described. Next, the thesis switches to radio communication, specifically high and very high frequency communication. This part is complemented by SELCAL system. Furthermore, the thesis describes modern communication systems starting with CPDLC, which provides data link communication. It continues with aeronautical telecommunication network, ATN. Main part is finished by satellite systems, AMSS, with support systems. There are described satellites and satellite networks provided by INMARSAT and Iridium NEXT, AMSS channels and architecture. Finally the thesis describes LDACS, technology which shares many elements with actual 4G mobile network. Whole thesis is supplemented by digital presentations for every section of the main part.

Key words: communication, communication systems, radio communication, VHF, HF, ATN, Selcal, telecommunication network, frequencies, aeronautical telecommunication network, connection, waves, annex, satellite, satellite communication.

I. ÚVOD

Komunikácia je súčasťou života všetkých ľudí, ktorá existuje už od počiatku Zeme. V letectve je komunikácia neodmysliteľnou súčasťou jeho fungovania. Komunikácia sa stále vyvíja. Vyvíjajú sa ako systémy, tak aj samotné postupy komunikácie. Na počiatkoch komerčnej leteckej dopravy sa komunikovalo prostredníctvom rádiových spojení. Dnes je Zem obklopená satelitmi na obežnej dráhe, ktoré nám umožňujú komunikovať z akéhokoľvek miesta na zemi.

II. KOMUNIKÁCIA

Komunikácia je dvojsmerý proces šírenia informácií, dát a znalostí. Informácie môžu byť sprostredkované verbálnou alebo neverbálnou formou, pričom cesta, ktorou sa tieto informácie presúvajú sa nazýva komunikačný kanál.

Aj napriek zvyšujúcej sa miere používania počítačových rozhraní a dátovej komunikácie v letectve, ostáva verbálna komunikácia nevyhnutnou súčasťou letectva.

Okrem systémom sú veľmi dôležité aj postupy pri komunikácii, a to hlavne používanie správnej frazeológie. Efektívnu komunikáciu umožňuje zdieľanie spoločného jazyka, ktorým je angličtina, a existencia štandardizovanej frazeológie.

III. AKO FUNGUJÚ KOMUNIKAČNÉ SYSTÉMY

Samotná hlasová komunikácia sa uskutočňuje prostredníctvom niekoľkých rádiostaníc a prijímačov v lietadle a taktiež na zemskom povrchu.



Obrázok 25: Audio Control Panel z Boeing 737 [Zdroj:

<https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-4509aa2a28391ac932dd0948c9a377d8>]

Rádiostanice používané pre potreby leteckej dopravy môžeme rozdeliť do štyroch základných kategórií:

- Rádiostanice KV – frekvencia pod 30 MHz
- Rádiostanice VKV – 108-137 MHz
- Rádiostanice VKV/UKV – 230-380 MHz
- Rádiostanice UKV – frekvencie okolo 1 GHz

Civilná oblasť využíva najmä frekvencie 118-137 MHz, na ktorých môžeme počuť riadiace veže, riadenie vzdušného priestoru a iné. Keďže je na tejto frekvencii najväčšie rušenie je potrebná tzv. AM modulácia. Amplitúdová modulácia zabezpečí, že súčasne vysielané signály sa síce budú prekrývať, ale nebudú sa rušiť.

IV. VKV RÁDIOKOMUNIKÁCIA

VKV rádiová komunikácia bola po dlhú dobu základnou komunikáciou medzi zemou a lietadlami. V Pásme VKV sa rádiové vlny šíria priamo, tzv. Line-of-sight (LOS).



Obrázok 26: Line-of-sight šírenie

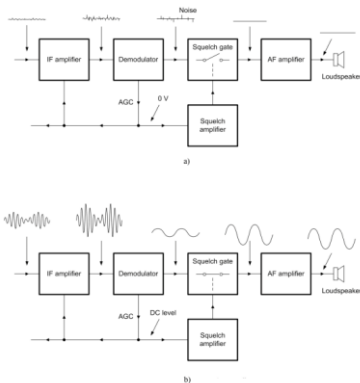
[Zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=GaCEv6rDIKc&t=177s>]

Pre hlasovú komunikáciu v pásme VKV sa používa AM modulácia.

Rozstup medzi kanálmi je v dnešnej dobe 25 kHz, resp. 8,33 kHz, čo umožňuje dostupnosť až 760, resp. 2280 kanálov.

V. SQUELCH

VKV prijímače disponujú aj systémom pre tlmenie zvuku v čase absencie signálu. Squelch systém sa otvorí, keď je prítomný aj slabý signál a zavrie sa, keď nie je prítomný žiaden signál. Na obrázku môžeme vidieť Squelch zatvorený (hore) a otvorený (dole).

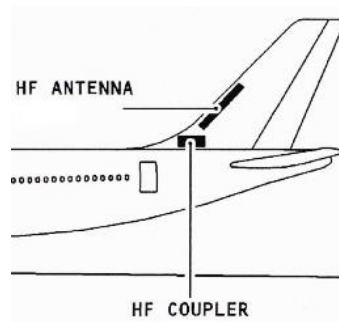


Obrázok 27: SQUELCH funkcionálnosť [Zdroj: [105]]

VI. KV RÁDIOKOMUNIKÁCIA

KV v porovnaní s VKV poskytuje komunikácie na dlhé vzdialenosti. Je to možné vďaka pásme KV, kde sa rádiové vlny šíria odrazom v atmosfére. Typický dosah takýchto komunikačných systémov je 500-2000 km.

Na príjem signálu sa v minulosti používali drôtové antény umiestnené zvonku na vertikálnom stabilizátore. Z dôvodu nespoľahlivosti a nevhodnosti pre dnešné lietadlá bolo zavedené nové konštrukčné riešenie, a to implementácia antény do útrobu stabilizátora, resp. do jeho nábežnej hrany.



Obrázok 28: KV anténa integrovaná do vertikálneho stabilizátora [Zdroj: [105]]

VII. SELCAL

SELCAL umožňuje selektívnu voľbu komunikačného kanála. Takmer každé lietadlo lietajúce medzikontinentálne lety má pridelený SELCAL kód zaregistrovaný v ASRI.

Ak chce pozemná stanica komunikovať s konkrétnym lietadlom, operátor zadá príslušný kód a vyšle signál. Signál prijímajú všetky lietadlá, ale vysielanie dostane len konkrétne lietadlo s príslušným kódom.

SELCAL kód sa skladá z kombinácii abecedných znakov predstavujúcich dva páry, napríklad AC-BD. Každý z týchto znakov predstavuje jedinečnú frekvenciu. Tieto frekvencie môžeme vidieť v priloženej tabuľke.

Tabuľka 19: SELCAL kódy

SELCAL kód	Frekvencia (Hz)	SELCAL kód	Frekvencia (Hz)
A	312.6	T	329.2
B	346.7	U	365.2
C	384.6	V	405
D	426.6	W	449.3
E	473.2	X	498.3
F	524.8	Y	552.7
G	582.1	Z	613.1
H	645.7	1	680
J	716.1	2	754.2
K	794.3	3	836.6
L	881	4	927.9
M	977.2	5	1029.2
P	1083.9	6	1141.6
Q	1202.3	7	1266.2
R	1333.5	8	1404.4
S	1479.1	9	1557.8

VIII. CPDLC

Controller pilot data link communication je dátová komunikácia medzi riadiacim a pilotom používajúca data link pre ATC.

CPDLC poskytuje komunikáciu pre služby riadenia letovej prevádzky. Zahŕňa správy o povoleniach, informáciách a žiadostiach, ktoré korešpondujú s hlasovou frazeológiou procedúr ATC.



Obrázok 29: CPDLC rozhranie v lietadle. [Zdroj: <https://i.ytimg.com/vi/2hB-iyAviU8/maxresdefault.jpg>]

Jednotka dokáže vysielat' úlohy, bočné odchýlky, zmeny a povolenia pre trasy, informácie o rýchlosti, rádiových frekvenciách a rôzne požiadavky.

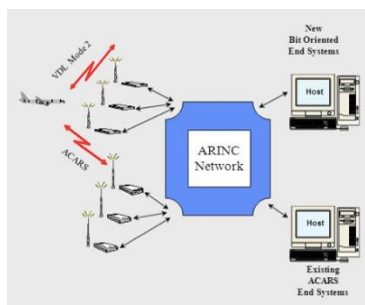
IX. ATN

ATN – Aeronautical telecommunication network je dátová komunikačná sieť, ktorá sprostredkúva komunikačné služby, integruje a používa existujúce komunikačné siete a infraštruktúru všade, kde to je možné. Poskytuje teda internetovú komunikáciu pre pozemných používateľov a pre lietadlá.

X. VKV DATA LINK

VKV Data Link – VDL je dátový prenos informácií v pásme VKV. Sú definované štyri módy VDL

- VDL Mode 1 – rýchlosť prenosu 600 bps, nedostačuje pre dnešné požiadavky
- VDL Mode 2 – rozvoj pre Mode 1 so zlepšenou rýchlosťou prenosu 31,5 kbps



Obrázok 30: VDL Mode 2 architektúra

[Zdroj: <https://slideplayer.com/slide/2344424/8/images/10/VDL+Mode+2+Architecture+VDL+Mode+2+Program+Bit-oriented+VHF+data+link.jpg>]

- VDL Mode 3 – výrazné vylepšenie pre Mode 2 používajúce TDMA prístup do kanálu

- VDL Mode 4 – je v mnohých smeroch odlišný od ostatných módov. Má rýchlosť 31,5 kbps a TDMA prístup. Synchronizuje sa samočinne čo umožňuje aj komunikáciu medzi dvoma lietadlami.

XI. KV DATA LINK

KV Data Link je podsieťou ATN. Funguje v pásme 3-30 MHz. Táto komunikácia musí kvôli splneniu charakteristík šírenia používať manažment adaptívnej frekvencie, ktorý zvolí optimálnu frekvenciu pre vytvorenie spojenia a koordinuje sa so všetkými ostatnými frekvenciami. To taktiež zamedzí rušeniu medzi pozemnými stanicami.

XII. AMSS

Je letecká mobilná satelitná sieť.

Použitie satelitov má mnoho výhod oproti iným metódam komunikácie. Výrazne zvyšuje možný dosah signálu. Pomocou len jedného satelitu dokáže pokryť značne veľké územie. Taktiež sú výrazne redukované požiadavky na pozemnú infraštruktúru.

Z hľadiska umiestnenia satelitov na obežnej dráhe poznáme:

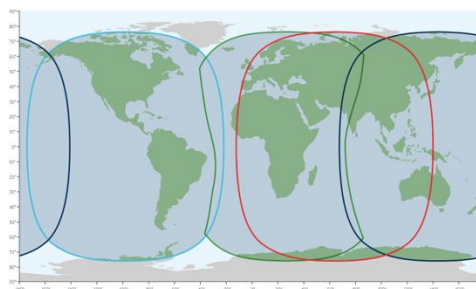
- Nízkou obežnú dráhu (LEO)
- Strednú obežnú dráhu (MEO)
- Geostacionárnu obežnú dráhu (GEO)

Väčšina satelitov je práve na GEO. Na tejto obežnej dráhe je sieť prevádzkovo menej zložitá a jeden satelit dokáže pokryť veľké územie. Kvôli veľkej vzdialenosti je však potrebný veľký výkon.

Preto je väčší záujem o LEO a MEO.

XIII. INMARSAT A IRIDIUM NEXT

Inmarsat je globálna satelitná sieť, ktorá aktuálne prevádzkuje 13 satelitov na GEO, čím poskytuje globálne pokrytie, aké môžeme vidieť na obrázku.

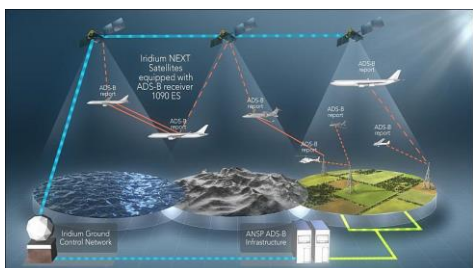


Obrázok 31: Pokrytie satelitmi Inmarsat 4 (2019)

[Zdroj: https://www.inmarsat.com/wp-content/uploads/2019/04/Inmarsat_Alphasat_and_I-4_Coverage_April_2019_EN_LowRes.pdf]

Iridium NEXT je taktiež satelitná sieť, ktorá prevádzkuje 66 aktívnych satelitov na LEO. Obežná rýchlosť satelitov je približne 27 000 km/h a pracujú v pásme L, ktoré poskytuje rýchlosť 128 kbps pre mobilné terminály a 1,5 Mbit/s pre terminály "Iridium OpenPort".

Satellite spolupracujú aj s technológiou ADS-B (Automatic dependent surveillance-broadcast), čo umožňuje sledovanie v reálnom čase.



Obrázok 32: Iridium NEXT prepojenie s ADS-B
[Zdroj:https://earth.esa.int/image/image_gallery?uuid=783ce460-cd9b-4e17-900d-9e9ecc772764&groupId=163813&t=1357118981094]

XIV. ACARS

Aircraft communications addressing and reporting system je komunikačný data link, ktorý posiela správy medzi lietadlom, pozemným systémom a inými stranami.

Správy môžu byť generované vstupnou klávesnicou alebo automaticky systémom ACARS.

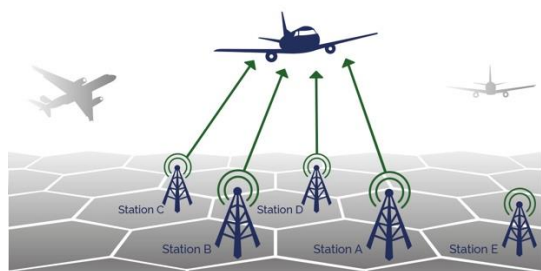
ACARS umožňuje napríklad identifikovanie posádky, OOOI časy, letové a meteorologické aktualizácie, ale aj výkony motorov a stav paliva.

Služby ACARS sú poskytované prevažne organizáciami, ktorými sú napríklad SITA a ARINC.

XV. LDACS

Je to zabezpečený širokopásmový komunikačný system, ktorý zdieľa mnoho technických konceptov so súčasou mobilnou sieťou 4G.

Poskytuje digitálny data link medzi lietadlami a pozemnými stanicami v oblasti kontinentov, pričom v oceánskej oblasti ho dopĺňa satelitný systém.



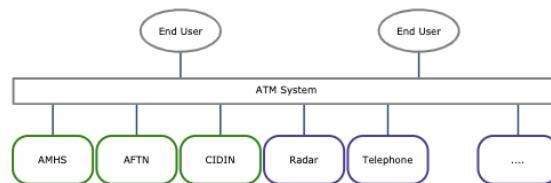
Obrázok 33: LDACS pozemné stanice
[Zdroj:https://www.ldacs.com/wp-content/uploads/2014/02/figure_cellular_concept_1070x650.jpg]

XVI. AMHS

ATS message handling system je standard pre komunikáciu zem-zem. Poskytuje end to end službu.

AMS nie je priamo využívaný koncovými používateľmi. Je to skôr podporná infraštruktúra pre niekoľko aplikácií a výmenu správ, ako napríklad letových plánov alebo meteorologických správ.

Mnoho užívateľov sú ATC pracovníci. Takýto používateľ bežne používa softvér špecificky určený pre podporu ATM, AMS.



Obrázok 34: ATM architektúra [Zdroj: [11]]

REFERENCIE

- [1] Mike Tooley, David Wyatt: AIRCRAFT COMMUNICATIONS AND NAVIGATION SYSTEMS, Routledge 2018, ISBN 978-1-138-30859-
- [2] LDACS Technical Overview [online], Dostupné na internete: <https://www.ldacs.com/about-ldacs1/technical-overview/>
- [3] How SELCAL works [online], Dostupné na internete: <https://www.asri.aero/selcal/how-selcal-works/>
- [4] Spôsoby šírenia DV, SV, KV, VKV [online], Dostupné na internete: https://alzat.spseke.sk/radiote/elmag/dv_sv_kv/dv_sv_kv.htm
- [5] What are radio waves [online], Dostupné na internete: https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/outreach/funfacts/txt_radio_spectrum.html
- [6] Monitorovanie a počúvanie leteckých frekvencií [online], Dostupné na internete: <https://www.airliners.sk/monitorovanie-pocuvanie-leteckych-frekvenci/>
- [7] Letecká komunikácia [online], Dostupné na internete: <http://language.aero/sk/o-nas/letecka-komunikacia>
- [8] NOVÁK, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [9] NOVÁK, A., HAVEL, K., & JANOVEC, M. 2017. Measuring and testing the instrument landing system at the airport zilina. Transportation Research Procedia 28, pages 117-126. doi:10.1016/j.trpro.2017.12.176
- [10] NOVÁK, A., HAVEL, K., & BUGAJ, M. 2018. Measurement of GNSS signal interference by a flight laboratory. Paper presented at the Transportation Research Procedia 35, pages 271-278. doi:10.1016/j.trpro.2018.12.011
- [11] NOVÁK, A., ŠKULTÉTY, F., KANDERA, B. & LUSIAK, T. 2018. Measuring and Testing Area Navigation Procedures with GNSS. MATEC Web of Conferences 236,01004.
- [12] ŠKULTÉTY, F. 2018. Pre-flight inspections of aircraft emergency equipment via RFID technology. Transportation Research Procedia 35, pages 279-286. DOI:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518303508>

- [13] NOVÁK, A. 2005. Radio direction finding in air traffic services. *Promet - Traffic - Traffico* 17(5), pages 273-276.
- [14] 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

Nikolas Marman – narodený 11.11.1993 v Žiline absolvoval v roku 2017 Dopravnú akadémiu v Žiline v odbore Technika a prevádzka dopravy a následne v roku 2017 nastúpil na Žilinskú univerzitu v odbore Letecká doprava. Od roku 2019 pracuje ako retail store manager v okrese Žilina pre spoločnosť PPG Group prevádzkujúcu sieť predajní EXIsport.

ELECTRIC MOTOR AS A REPLACEMENT FOR COMBUSTION ENGINE IN PROPULSION SYSTEM OF AIRCRAFT

ELECTRIC MOTORS AS REPLACEMENT TO COMBUSTION ENGINE IN PROPULSION SYSTEM OF AIRCRAFT

Matúš Michalík

Air Transport Department, University of Zilina
mat.michalik96@gmail.com

Ing. Jozef Čerňan Ph.D.

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

Abstract – Main aim of this paper is to acquaint readers with a new-formed trend in aviation, which is electrification of aircraft propulsion systems. In thesis I target to social-political, economical and technical aspects of this kind of propulsion which have positive or negative tendency in next evolution of electric propulsion. With my mentor we assume that the main problem will be with energy density of Lithium batteries which is sixty time lower than density of conventional jet fuels. This problem we present in examples of three airplanes with different capacity and range. At the end of the thesis we presented the most interesting existing project of electrically-propelled aircraft and analyze the main advantages of electric propulsion.

Key words – distributed propulsion, energy density, Li-ion battery life-cycle greenhouse emissions.

I. INTRODUCTION

Last decade of our history global warming is not just a hippie phrase but a notable fact. This fact motivates still more and more people to action and social-political pressure is still higher. This pressure motivated companies and governments all around the world to look for some more clean and efficient way to carry on aviation business.

An electric motor has lots of advantages, but also one really big disadvantage, which is energy density, the ability of storage amount of energy in one kilogram. The energy density of batteries is the main problem of vehicle electrification, modern batteries have still 40 times less energy density than fossil fuels.

Electric propulsion opens new possibilities in aircraft design, this made a space to invite a new aircraft design methodologies and present a pros of electricity in aviation, which reduce drag and are more efficient.

Electric motor as a power plant of airplane is not a new opinion, actually nowadays is few projects which are already in operation. High controllability, light weight and fact that electric motor can work also like a generator opens in aviation design new

opportunities as boundary layer ingestion, higher aspect ratio or elimination of wingtip vortices.

II. ELECTRIC MOTOR AS REPLACEMENT OF COMBUSTION ENGINE IN PROPULSION SYSTEM OF AIRCRAFT

FUTURE ENVIRONMENTAL STRATEGIES OF AIR TRANSPORT AUTHORITIES

In the last decade the consequences of human race action on the environment are visible not just for scientists in laboratories but for everyone. Weather extremes, huge wildfires, floods, etc. are still more often and visible for the whole world. The protection of the environment is not just the activity of few “Greenpeace”, is a society-wide mindset. Social-political pressure increasing, “Fridays for future” when young people’s lead by Greta Thunberg leaving a school and making climate strikes or United Nations Climate Change Summit in 2019 where politicians all around the world discussed and establish an environmental protective goal for near future.

This social-political pressure has been addressed in Europe by two documents of Advisory Council for Aviation Research and Innovation Agenda in Europe (ACARE), Flightpath 2050 [1] and Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA) [2], and also in the USA by US National Aeronautics and Space Administration (NASA) by document Aeronautics Strategic Implementation Plan [3].

Table 1: Goals of strategic Research and Innovation Agenda [2]

Technology benefits	Near term 2015-2025	Mid term 2025-2035	Far term 2035+
Noise reduction	10%	11%	15%
No_x emission reduction	81%	84%	80+%

Aircraft Fuel/Energy Consumption reduction	49%	60%	75%
---	-----	-----	-----

engines on a tailor obviously on wings. If we change the source of propulsion we have a lot of new design choices as **distributed propulsion, higher aspect ratio of wings, elimination of wingtip vortices, boundary layer ingestion or regenerative breaking.** [8]

COMPARISON OF ELECTRIC MOTOR AND COMBUSTION ENGINE

The technical side of the internal combustion engine and electric motor are so different, one works on a combustion and one on electromagnetic principle. An electric motor has lots of advantages, but also one really big disadvantage, which is energy density, the ability of storage amount of energy in one kilogram. The energy density of batteries is main problem of vehicle electrification, modern batteries have still 40 times less energy density than fossil fuels. On the other hands combustion efficiency is three times less than efficiency of electric motors, lots of energy left throw exhaust gases or in to the engine walls. [4]

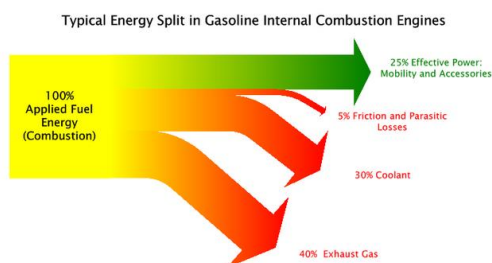


Figure 1: Combustion engine energy lost [5]

HYBRID-ELECTRIC AIRCRAFT

The range of fully electrical aircraft is limited with a specific energy of batteries, and technological predictions are skeptic in this case. Here is opening a hybrid concept, it is a combination of electric and combustion power plant in one aircraft. This concept reaches all positive of electric motors as lightweight, distributed propulsion, good controllability, and eliminated a negative impact of battery's low specific power. As a source of energy used a combustion engine low efficiency but with a high specific energy of jet fuel. Nowadays most common concepts of hybrid-electric aircraft are **Serial-, Parallel- and Turboelectric-hybrid.**

NEW INITIAL SIZING METHODOLOGIES

Next interesting change which comes with electric propulsion is ability to change aircraft design, actual design of commercial aircraft is used for decades without any big change, but different technical character of electric motors opens new design methodologies, throw which we can change a look of wings and reduce a drag. [6,7]

NEW DESIGN OPPORTUNITIES

The low weight and controllability with fast response is a big advantage of electric propulsion. For decades conventional aircraft design change just in few details. Back swept wings mounted in the centre of the fuselage, tail with stabilizers and jet

III. CONCLUSION

In the beginning we can see a strong social-political pressure on any kind of “dirty” industry (industry with high carbon emissions), and aviation is one of them. Social movements have strong impact on political authorities as European Commission or NASA, and authorities has power to affect companies. Flightpath 2050 and SRIA presented a brave goals which have affect to companies to invest money into new greener way of aviation, to electric propulsion.

Technical differentials between combustion engine and electric motor are big and almost in every case electric motor have advantage, is more controllable, almost noiseless and maintenance-free. Almost perfect, but the low energy density of batteries are a huge problem, and also the reason why the electric motors are not nowadays in the air.

Problem with heavy batteries is possible to solve by using a combination of combustion engine and electric motor, using hybrid-electric configuration. This configuration helps to reduce maximum take-off weight and make possible to flight with bigger aircraft as 4-seat general aviation aircraft.

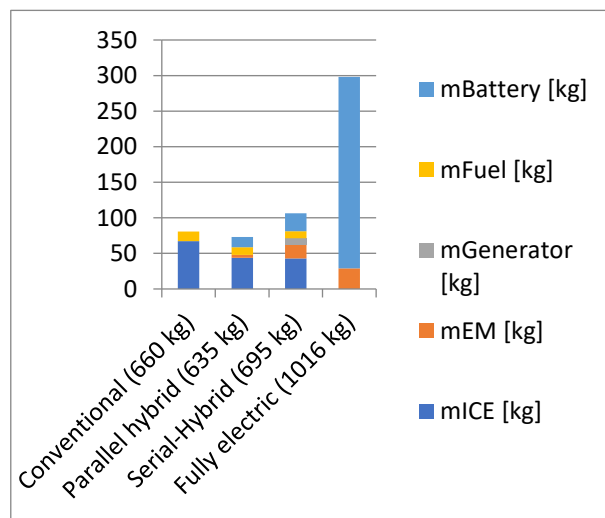


Figure 2: MTOW of general aviation aircraft with different configurations (150 km mission) [6]

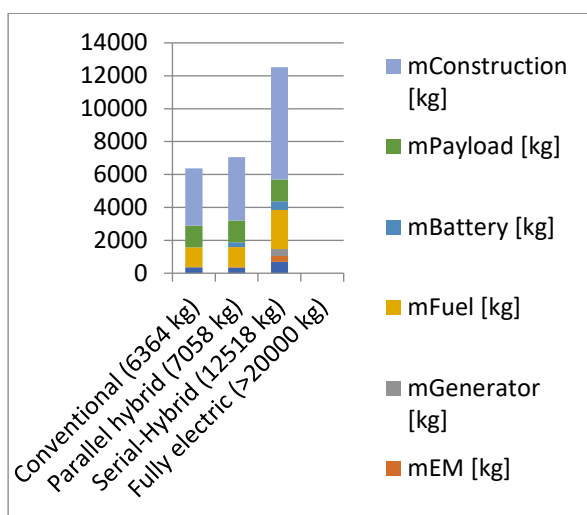


Figure 3: MTOW of regional aircraft with different configurations (1280km mission) [7]

Already few projects of electric aviation are existed and are in service. This project from one side show a possibility of this brave ideas and also show a benefits of electric aviation.

Distributed propulsion, high aspect ratio, boundary layer ingestion or regenerative braking are big pros of light weight, good controllability and fact that electric motor can work also like a generator.

The future looks bright, standard of living in whole world increasing, and health differences are slowly disappearing. Everything is moving forward and also in a field of aviation we still must looking how to by more efficient, environmental friendly and more available to everyone.

REFERENCIE

- [1] European Union (2011). *Flightpath 2050 Europe's Vision for Aviation*. [online] Available at: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/modes/air/doc/flightpath2050.pdf> [4.5.2020]
- [2] ACARE (2017). *Strategic Research & Innovation Agenda*. [online] Available at: <https://www.acare4europe.org/sites/acare4europe.org/files/document/ACARE-Strategic-Research-Innovation-Volume-1.pdf>. [4.5.2020]
- [3] NASA (2019). *Strategic Implementation Plan*. [online] Available <https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/sip-2019-v7-web.pdf>. [25.4.2020]
- [4] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, Division on Engineering and Physical Sciences, Aeronautics and Space Engineering Board, Committee on Propulsion and Energy Systems to Reduce Commercial Aviation Carbon Emissions (2016). *Commercial Aircraft Propulsion and Energy Systems Research: Reducing Global Carbon Emissions*.
- [5] Green Car Congress. (n.d.). *DOE Co-Funds 12 Projects to Increase Engine Efficiency*. [online] Available at: https://www.greencarcongress.com/2005/02/doe_cofunds_12_.html [23.4.2020]
- [6] Finger, F., Braun, C. and Bil, C. (2018). *An Initial Sizing Methodology for Hybrid-Electric Light aircraft*.
- [7] Finger, F., de Vries, R., Vos, R., Braun, C. and Bil, C. (2020). *A Comparison of Hybrid-Electric Aircraft Sizing Methods*.
- [8] Smithsonian National Air and Space Museum (2017). *NASA's X-57: Learn How Electric is the Shape of Things to Come*. YouTube. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=6FYn6O5t1L4> [14.5.2020]
- [9] 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
- [10] BUGAJ, M. 2011. *Systémy údržby lietadiel*. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [11] BUGAJ, M. 2015. *Aeromechanika 1: základy aerodynamiky*. Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9
- [12] BUGAJ, M. 2005. Aircraft maintenance - new trends in general aviation. *Promet - Traffic - Traffico*, 17(4), pages 231-234.
- [13] PECHO, P., WYLIE, M. & BUGAJ, M. 2018. *Transportation Research Procedia* 35, pages 287-294.
- [14] JANOVEC, M., SMETANA, M., & BUGAJ, M. 2019. Eddy Current Array Inspection of Zlin 142 Fuselage Riveted Joints. *Transportation Research Procedia* 40, pages 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.042>
- [15] HOLODA, Š., PECHO, P., JANOVEC M. & BUGAJ, M. 2017. Modification in Structural Design of L-13 "blanik" Aircraft's Wing to Obtain Airworthiness. *Transport Problems* 7(1), pages 77-86

Matúš Michalík –narodený v Žiline v roku 1996. Gymnázium sv. Františka z Assisi v Žiline, následne od roku 2016 študovala na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.

TVORBA ŠTUDIJNÝCH MATERIÁLOV – NAVIGAČNÉ SYSTÉMY

THE NAVIGATION SYSTEMS – STUDY MATERIALS PREPARATION

Michaela Mikulášiková

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

Andrej Novák

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

Abstract – The aim of this paper is to present current navigation systems and their use in air transport. Describing their history, categories, principles of operation and practical use. The paper also deals with the problems of navigation systems in determining the accuracy of positioning and errors that may occur in determining the position. It focuses primarily on the current, most advanced navigation systems, called the Global Navigation Satellite Systems (GNSS) used to determine the exact location of an observer on Earth. It describes the function and accuracy of systems such as American GPS, Russian GLONASS, European Galileo and Chinese BeiDou and points out their importance in navigation. It also compares the quality of individual systems. It deals with the construction, structure, principles of operation and factors that influence their resulting positioning accuracy. The augmentation navigation systems SBAS, GBAS and ABAS, which are closely related to GNSS systems are also mentioned in this paper.

Key words: navigation, navigation system, positioning, satellite, signal, satellite navigation system, accuracy

I. ÚVOD

Navigáciu ľudstvo pozná už po stáročia, pričom v minulosti bola potrebná najmä na lodiach, kde boli na navigáciu využívané kompasy alebo sa orientovalo podľa oblohy. Navigácia sa postupne stávala dôležitejšou a jej metódy a potrebné zariadenia prešli obrovským vývojom. Avšak svoj doposiaľ najväčší rozvoj navigácia zaznamenala v minulom storočí, pri vyvinutí rádionavigačných a satelitných systémov, ktoré dnes zohrávajú dôležitú úlohu vo fungovaní dopravy, hospodárstva a v rôznych oblastiach života.

Článok sa zaoberá navigačnými systémami využívanými v letectve. Za posledné desaťročia náramne narástol počet pohybov lietadiel a letecká doprava sa stala veľmi frekventovanou formou dopravy. Postupne sa znižuje kapacita vzdušného priestoru, preto je nevyhnutná neustála modernizácia a vývoj systémov na zaistenie bezpečnosti a pravidelnosti leteckej dopravy.

Článok je zameraný na navigačné systémy a ich historický prehľad od počiatku letectva až po súčasnosť, jednotlivé kategórie navigačných systémov a ich činnosť. Najviac rozobranými navigačnými systémami sú však Globálne Navigačné Satelitné Systémy (GNSS), ktoré sú považované za najmodernejšie a najspoľahlivejšie systémy súčasnej navigácie a v blízkej budúcnosti by mali nahradiť konvenčné navigačné zariadenia.

II. HISTÓRIA A VÝVOJ NAVIGAČNÝCH SYSTÉMOV

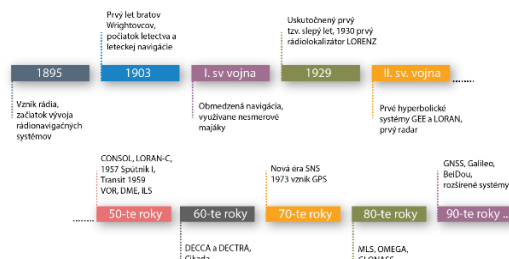
Krátko potom, ako bratia Wrightovci uskutočnili prvý let v roku 1903, obloha sa začala plniť lietadlami. Dobrá viditeľnosť a meteorologické podmienky boli v tom čase kľúčové pre uskutočnenie letov. Veľký prelom znamenal aj objav rádiových vln v roku 1887 a vynález prvého rádia v roku 1895, čo na prelome tisícročia viedlo k vývoju prvých rádionavigačných zariadení.

Po I. SV sa letectvo okrem vojenskej oblasti dostalo aj do tej civilnej. Začali sa uskutočňovať prvé komerčné lety. Narastali tak požiadavky na navigačné systémy, ktoré už nebudú obmedzené počasím. V septembri 1929 sa tak uskutočnil prvý tzv. slepý let, len za využitia prístrojov.

Ďalší rozvoj rádionavigácie bol zaznamenaný počas II. SV, kedy boli vyvinuté prvé hyperbolické navigačné systémy Gee a LORAN. V povojnovom období zaznamenala rádionavigácia doposiaľ najväčší rozmach, týkajúci sa vývoja nových zariadení. V období štyridsiatych rokov boli vyvinuté zariadenia ako VOR a DME, ktoré slúžili pre navigáciu po trati. Päťdesiate roky priniesli novšie systémy ako CONSOL a LORAN-C. V rovnakom období bol testovaný aj prvý pristávací systém ILS, ktorý mal byť nahradený v sedemdesiatych rokoch systémom MLS.

Prudký nárast počtu letov, rozšírenie liniek a celkovej popularity leteckej dopravy znamenal čoraz vyššie požiadavky bezpečnosti a spoľahlivosti na navigačné systémy, čo viedlo koncom päťdesiatych rokov k vývoju satelitnej navigácie. Začiatok SN sa datuje vypustením prvého satelitu Sputnik I v roku 1957 vtedajším Sovietskym Zväzom. Pár mesiacov na to, v

roku 1958 reagovalo USA vypustením satelitu Explorer I. Vypustenie satelitov znamenalo začiatok satelitnej navigácie a začalo sa uvažovať o využití satelitov v oblastiach navigácie a lokalizácie. Prvými satelitnými systémami boli Transit a Cikada, z ktorých sa neskôr vyvinuli dokonalejšie systémy GPS a GLONASS.



Obrázok 35: Časová os vývoja rádionavigačných systémov [Zdroj: Autor]

III. KATEGÓRIE NAVIGAČNÝCH SYSTÉMOV

Podľa účelu sa rádionavigačné systémy rozdeľujú na navigačné systémy na veľké vzdialenosti, krátke a stredné vzdialenosti a na systémy pre presné priblíženie na pristátie. Navigačné systémy a ich parametre sú medzinárodne štandardizované v dokumente ICAO ANNEX 10.

NAVIGAČNÉ SYSTÉMY NA VEĽKÉ VZDIALENOSTI

Za systémy na navigáciu na veľké vzdialenosti sa považujú systémy s praktickým dosahom 200 NM až 1000 NM. Využívané boli v období druhej polovice minulého storočia. Patria sem systémy ako rádionaják CONSOL a hyperbolické systémy LORAN, DECCA a OMEGA. Tieto systémy majú za sebou bohatú históriu. K dnešnému dňu sú však už vyradené, v prospech satelitnej navigácie.

Za systémy na navigáciu na veľké vzdialenosti sa považujú aj autonómne navigačné systémy, teda systémy nezávislé od pozemných zariadení. Radiá sa sem Dopplerov navigačný systém, ktorý pre svoju funkciu využíva Dopplerov jav a inercia.

NAVIGAČNÉ SYSTÉMY NA STREDNÉ A KRÁTKE VZDIALENOSTI

Do tejto kategórie patria zariadenia s dosahom 100 NM – 200 NM. Pôvodné zariadenia boli vyvinuté v prvej polovici minulého storočia a väčšina z nich je využívaná dodnes. Patria sem NDB, VOR, DME a vojenské systémy TACAN a VORTAC. Všetky tieto systémy sa používajú ako navigačné body pozdĺž letových ciest, v blízkosti letísk pri nepresnom priblížení alebo poskytujú pri lete pilotom údaje o smere kurze.

PRISTÁVACIE SYSTÉMY

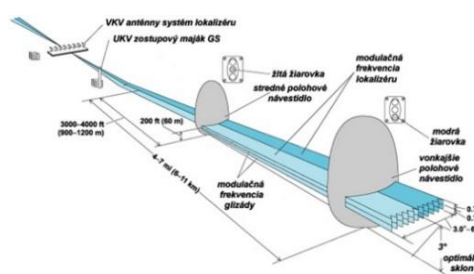
V súčasnosti je štandardným pristávacím systémom ILS. Vzhľadom na jeho nedostatky bol v osemdesiatych rokoch vyvinutý nový systém MLS, ktorý ale nesplnil očakávania a bol vyradený. Hlavným cieľom do budúcnosti je využitie systémov GNSS, ktoré budú umožňovať pristátie v rámci všetkých kategórií prevádzkových minim ICAO.

INSTRUMENT LANDING SYSTEM

Systém ILS je celosvetovo štandardizovaný pristávací systém prijatý organizáciou ICAO v roku 1947. Postupne bol systém technicky zdokonaľovaný, vylepšený o nové parametre a k dnešnému dňu je certifikovaný pre kategóriu II aj III prevádzkových minim ICAO.

Zariadenie vyžaruje zmerateľný lúč signálov, ktorý je tvorený ako priesečník dvoch rovín (kurzovej a zostupovej). ILS teda poskytuje vedenie lietadla vertikálne aj horizontálne. Lietadlo vybavené zariadeniami pre ILS sa dokáže po lúči priblížiť dostatočne presne k bodu dotyku. Systém takisto po celú dobu priblíženia zabezpečuje bezpečnú výšku nad prekážkami a musí byť rovnako spoľahlivý aj pri zhoršenej viditeľnosti. ILS pozostáva z kurzového majáka, zostupového majáka a z dvoch (troch) polohových návěstidiel. Palubnú časť zariadenia tvorí prijímač signálov vysielaných z pozemných majákov a palubný indikátor.

Obrázok 2: Umiestnenie častí systému ILS [Zdroj: <https://landingsystem.com/sk/analyza.html>]



MICROWAVE LANDING SYSTEM

Keďže systém ILS úplne nevyhovoval náročnejším požiadavkám, bol v osemdesiatych rokoch vyvinutý nový systém MLS. Systém poskytoval možnosť zložitejších približovacích trajektórií, väčšiu frekvenciu priblížení, znižoval nároky na obsluhu pozemných zariadení a pracoval aj v terénnych oblastiach, kde umiestnenie zariadení ILS nebolo možné. MLS bol od začiatku vyvíjaný ako modernejšia alternatíva ILS, avšak z dôvodu pokroku satelitnej navigácie bola inštalácia MLS v roku 1994 zastavená. Najviac nainštalovaných zariadení MLS bolo v USA, na európskych letiskách bola inštalácia len zriedkavo. MLS poskytuje údaje o elevácii, azimute, vzdialenosti, a tiež informáciu o spätnom kurze pri nevydarenom priblížení. Systém umožňuje presné priblíženie lietadla v priestore konečného priblíženia, kde trať konečného priblíženia nie je totožná s predĺženou osou pristávacej dráhy. MLS bol taktiež schválený organizáciou ICAO pre všetky tri kategórie prevádzkových minim.

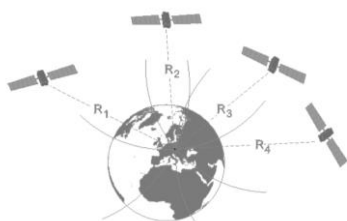
IV. PRINCÍPY ČINNOSTI A PRAKTICKÉ VYUŽITIE SATELITNEJ NAVIGÁCIE

Rádionavigačné zariadenia štandardne tvorí rádionaják a príslušné palubné vybavenie. Pri systémoch satelitnej navigácie úlohu majáku preberá satelit, ktorý je umiestnený na obežnej dráhe Zeme. Satelity obiehajú okolo Zeme po rôznych obežných dráhach. Pre tieto satelity je definovaných päť základných obežných dráh, ktoré sa odlišujú svojím tvarom, sklonom a výškou nad zemským povrchom.

URČOVANIE POLOHY POMOCOU SATELITOV

Satelity na obežných dráhach vysielajú rádiový signál približne rýchlosťou svetla, ktorý obsahuje navigačnú správu s údajmi potrebnými pre určenie polohy. Správa je zakódovaná pseudonáhodným kódom (PRN) a je unikátna pre každý satelit. Prijímač zo správy vyčíta čas jej vyslania a porovnáva ho so svojim vlastným nameraným časom. Z tohto rozdielu prijímač vypočíta čas signálu od satelitu až k prijímaču, z čoho sa vypočíta vzdialenosť od vysielajúceho satelitu. Ďalej sa výsledná poloha určuje na princípe trilaterácie, čo je proces určovania absolútnej alebo relatívnej pozície bodov meraním vzdialeností s využitím geometrie kruhov, sfér alebo trojuholníkov.

Teoreticky by na určenie polohy prijímača mali stačiť signály z troch satelitov, kde sú známe ich súradnice a rovnako sú známe aj súradnice prijímača. Problém však vytvára určenie času. Na satelitoch sú umiestnené synchronizované atómové hodiny, pričom hodiny prijímača sú oveľa menej presné a stabilné. Vzniká tak chyba merania času. Prakticky pre určenie presnej polohy prijímača je potrebný signál zo štyroch satelitov. Táto poloha sa určuje v príslušnom súradnicovom systéme každého satelitného systému. Výsledné súradnice prijímač prepočíta a zobrazí ako zemepisnú šírku, zemepisnú dĺžku a nadmorskú výšku v zobrazení 3D.



Obrázok 3: Určovanie polohy pomocou štyroch satelitov [Zdroj: 20]

Určovanie polohy používateľa satelitnými systémami je možné aj prostredníctvom viacerých metód, ktoré sa odlišujú na základe meraného parametra. V letectve najväčší význam nadobúda metóda diaľkomerná, ktorá na určovanie polohy využíva diaľkomerný systém. Pri diaľkomernej metóde je princíp určovania polohy užívateľa založený na meraní vzdialeností vysielajúceho satelitu od prijímača a rozdielu času v prijímaní signálu zo satelitu. Potrebný príjem signálov je aspoň zo štyroch rôznych satelitov. Takto nameraná vzdialenosť sa nazýva pseudovzdialenosť a od reálnej vzdialenosti sa odlišuje o čas.

MOŽNOSTI VYUŽITIA SATELITNEJ NAVIGÁCIE

Využitie satelitnej navigácie je dnes veľmi rozšírené. Vznikla za účelom odstránenia nedostatkov pozemných rádionavigačných zariadení. Dnes sú služby GNSS využívané každý deň a stali sa priam nevyhnutnosťou. Tieto služby zabezpečujú systémy GNSS.

Systémy GNSS majú všestranné využitie (navigácia, sledovanie a pod.) a možno ich využiť na pevnine, na mori aj vo vzduchu. Sú použiteľné všade s výnimkou miest, kde nie je prístup signálu (tunely, jaskyne, pod vodou) a sú aplikované v rôznych odvetviach (doprava, geodézia, veda, poľnohospodárstvo a ďalšie).

VYUŽITIE V LETECKEJ DOPRAVE

Letecká doprava potrebuje vysokú úroveň navigácie a jej prostriedkov na zabezpečenie bezpečnosti, spoľahlivosti a pravidelnosti prevádzky. V civilnom letectve je teda využitie satelitnej navigácie veľkým prínosom. Výhody satelitov sú očividné tam, kde je lietadlo mimo dosahu rádionavigačných pozemných zariadení, ktoré majú obmedzený dosah a sú podmienené rádiovou viditeľnosťou. Systémy satelitnej navigácie si našli svoje miesto aj v RNAV (Area Navigation), ktorej hlavnou úlohou je umožnenie lietadlu prevádzku na ľubovoľnej letovej ceste. Systémy GNSS majú svoje využitie aj pri prístrojovom priblížení na prístátie, kde dopĺňajú štandardné prístávacie systémy ILS a MLS.

V. SATELITNÉ NAVIGAČNÉ SYSTÉMY

Satelitné navigačné systémy v dnešnej dobe nadobúdajú obrovský význam. V porovnaní s pozemnými rádionavigačnými systémami zaznamenávajú výrazný pokrok. Ich najväčšou prednosťou je schopnosť určovania polohy a času s vysokou presnosťou kdekoľvek na Zemi, ktorá nie je závislá na meteorologických podmienkach a dennej či nočnej dobe.

GLOBÁLNE NAVIGAČNÉ SATELITNÉ SYSTÉMY

GNSS patria k najdominantnejším výdobytkom súčasnej navigácie. Prvými systémami boli GPS a GLONASS, ktoré vznikli na základe predchádzajúcich systémov Transit a Cikada. Na prelome tisícročia sa k nim pridali Galileo a BeiDou. Všetky 4 systémy dnes poskytujú globálne služby. Medzi systémy GNSS patria ale aj systémy regionálne alebo národné, ako sú indický IRNSS a japonský QZSS.

Každý zo systémov musí spĺňať základné výkonnostné požiadavky RNP (Required Navigation Performance), pre uskutočňovanie navigačných služieb, a to presnosť, integritu, spojitosť a dostupnosť.

Každý zo systémov GNSS je tvorený kozmickým, pozemným a užívateľským segmentom, ktoré vytvárajú kompletnú architektúru systémov a zabezpečujú ich prevádzku.



Obrázok 4: základné GNSS [Zdroj: <https://www.oxts.com/what-is-gnss/>]

GLOBAL POSITIONING SYSTEM

GPS je satelitný systém poskytujúci služby presného určovania polohy a času, ktorý je pod vlastníctvom vlády USA. Výstavba systému bola zahájená v roku 1973 a prebiehala vo viacerých etapách. Plnú operačnú schopnosť systém dosiahol v roku 1995 a položil tak základ pre vznik GNSS, keď sa stal prvým členom. 1. januára 1984 bol GPS oficiálne uvoľnený medzi civilných užívateľov, odkedy poskytuje dva druhy služieb:

službu presného určovania polohy **PPS** (Precise Position Service) a službu štandardného určovania polohy **SPS** (Standard Positioning Service).

Tabuľka 20: Prehľad vývoja GPS [Zdroj: Autor]

1973	Zahájenie výstavby systému NAVSTAR GPS
1974	Vypustenie prvých testovacích satelitov NTS-1 a NTS-2
1978	Vypustený prvý satelit GPS prvej generácie (Blok I)
1983	Nehoda letu KA007, uvažovanie o uvoľnení GPS
1984	Uvoľnenie systému GPS medzi civilných užívateľov
1985	Vypustený posledný satelit Bloku I
1989	Vypustený satelit druhej generácie (Blok II)
1991	Zavedenie služby selektívnej dostupnosti (SA)
1993	Dosiahnutie počiatočnej prevádzkovej funkčnosti (IOC)
1994	Dosiahnutie plnej operačnej funkčnosti (FOC), 24 operačných satelitov na OD
1995	Oznámenie dosiahnutia FOC a oficiálne dokončenie systému GPS

Súčasnú konšteláciu satelitov tvorí 30 operačných satelitov a dva sú vo fáze údržby alebo testovania. Satelity sú rozmiestnené na dráhach A až F po 5 alebo 6 satelitov, z ktorých je vždy jeden záložný. Takáto konštelácia umožňuje pozemnému užívateľovi viditeľnosť aspoň 6 satelitov z každého bodu na Zemi. Satelity sú umiestnené vo výške 20 190 km a ich obežná doba okolo Zeme je 11 hodín a 58 minút. Satelity GPS vysielať signály na dvoch frekvenciách L1 (1575,42 MHz) a L2 (1227,60 MHz) v L pásme rádiových vln, ktoré sú odvodené od základnej frekvencie 10,23 MHz. Frekvencie sú zvolené tak, aby signály boli ovplyvňované atmosférou (ionosférické a troposférické vplyvy) čo najmenej.

V rámci modernizácie GPS a vypustenia satelitov bloku IIF bola zavedená aj úplne nová frekvencia L5 (1176,45 MHz). Medzi výhody signálu vysielať na tejto frekvencii patrí vyhovie prísnych požiadaviek pre službu ochrany života SoLS (Safety-of-Life Service) a pre služby civilného letectva. Signál má byť dostupný od roku 2021.

GLONASS

GLONASS je považovaný za ruskú alternatívu amerického GPS. Výstavba bola zahájená vypustením prvého satelitu Kosmos-1413 v roku 1982, s cieľom nahradiť vtedajší systém Cikada. Neskôr v roku 1993 bol GLONASS vyhlásený za funkčný a plnú konšteláciu (24 satelitov) dosiahol o dva roky neskôr. Takmer hneď po spustení systému nastala v Rusku ekonomická kríza, ktorá mala dopad aj na GLONASS. V tomto období GLONASS zaostával za GPS vo všetkých parametroch.

V období od roku 2002 až do roku 2011 sa intenzívne pracovalo na obnovení a vylepšení GLONASS, aby sa čo najviac priblížil výkonom GPS. Pozitívny výsledok sa podarilo dosiahnuť

a to zavedením satelitov novej generácie GLONASS-M a modernizáciou v rámci každého segmentu. V roku 2011 GLONASS dosahoval takmer taký výkon, ako americký konkurent.

Dnes je systém opäť v štádiu modernizácie, ktorá prebieha už od roku 2012 a prináša so sebou novú štruktúru konštelácie, prechod na satelity novej generácie GLONASS-K, vylepšenia pozemnej siete staníc, nové signály a pod.

Aktuálna konštelácia GLONASS pozostáva z 24 operačných satelitov umiestnených v troch orbitálnych rovinách vo výške 19 100 km. Obežná doba satelitov okolo Zeme je 11 hodín 15 minút a 44 sekúnd.

GALILEO

Systémy GPS a GLONASS sú síce prístupné pre civilných užívateľov, ale sú financované a riadené armádnymi zložkami. Existuje teda obava, že armáda môže kedykoľvek civilnú zložku systému vypnúť. V dôsledku toho, sa EÚ rozhodla vybudovať vlastný SNS, ktorý je určený výhradne pre civilné a komerčné využitie. V roku 1999 EÚ odsúhlasila projekt Galileo a v roku 2001 Európska komisia nariadila výstavbu systému, s cieľom zabezpečiť vysoko presný a dostupný systém pre všetkých.

Systém mal byť pôvodne funkčný od roku 2010, čo však nebolo možné, v dôsledku zlej ekonomiky a termín bol odložený na rok 2015. Tento termín sa taktiež nepodarilo dodržať a prvé služby začal Galileo poskytovať až v decembri 2016, a to v obmedzenom režime. Uvedenie do prevádzky však neznamenalo plnú operačnú schopnosť (FOC), ktorá má byť dosiahnutá v roku 2020.

Tabuľka 21: Vývoj systému Galileo [Zdroj: Autor]

1973	Zahájenie výstavby systému NAVSTAR GPS
1974	Vypustenie prvých testovacích satelitov NTS-1 a NTS-2
1978	Vypustený prvý satelit GPS prvej generácie (Blok I)
1983	Nehoda letu KA007, uvažovanie o uvoľnení GPS
1984	Uvoľnenie systému GPS medzi civilných užívateľov
1985	Vypustený posledný satelit Bloku I
1989	Vypustený satelit druhej generácie (Blok II)
1991	Zavedenie služby selektívnej dostupnosti (SA)
1993	Dosiahnutie počiatočnej prevádzkovej funkčnosti (IOC)
1994	Dosiahnutie plnej operačnej funkčnosti (FOC), 24 operačných satelitov na OD
1995	Oznámenie dosiahnutia FOC a oficiálne dokončenie systému GPS

Aj napriek sťaženému vývoju je dnes možno systém Galileo považovať za najprepracovanejší satelitný systém určovania presnej polohy a času. Oproti systémom GPS a GLONASS poskytuje mnoho výhod a služieb: Otvorená služba (OS), Vysoko presná služba (HAS), Verejne regulovaná služba

(PRS), Služba záchran života (SoLS) a služba pátrania a záchran (SAR).

Dosiahnutie plnej operačnej schopnosti Galileo v roku 2020 bude znamenať 27 operačných satelitov a troch záložných satelitov na obežnej dráhe MEO v troch orbitálnych rovinách. V každej orbitálnej rovine bude teda umiestnených 9 operačných a 1 záložný satelit. Aktuálna konštelácia (marec 2020) pozostáva z 26 satelitov GSAT. Posledné vypustenie satelitov na obežnú dráhu bolo uskutočnené v júli 2018.

Cieľom Galileo je pri dosiahnutí FOC vysielat' až 10 rôznych navigačných signálov, ktoré budú zabezpečovať najkvalitnejšie polohové služby v rámci všetkých svojich dostupných služieb. Navigačné signály Galileo sú vysielané na štyroch rôznych frekvenčných pásmach E5a, E5b, E6 a E1. Pásmo E5a, E5b a E1 sú zaradené do spektra pre letecké rádiové navigačné služby (ARNS), ktoré slúžia civilnému letectvu, a ktoré umožňujú špecializované aplikácie.

BEIDOU (COMPASS)

Projekt čínskeho regionálneho satelitného systému bol po prvý krát predstavený už v roku 1983. Prvý satelit s názvom BeiDou-1A bol však na obežnú dráhu vypustený až v októbri 2000 a v decembri ho nasledoval aj druhý satelit BeiDou-1B. Satelity boli umiestnené na obežnej dráhe GEO a predstavovali základ pre satelitný navigačný systém BeiDou-1. Neskôr v roku 2003 bol systém doplnený o tretí satelit BeiDou-1C, ktorý slúžil ako záložný. V tom istom roku začal systém poskytovať svoje prvé navigačné služby pre svoju krajinu a Čína sa tak stala treťou krajinou, ktorá vybuďovala svoj vlastný SNS.

V roku 2006 Čína oznámila budovanie druhej generácie systému BeiDou, ktorý je známy aj pod názvom COMPASS (BeiDou-2). Systém využíva novú konšteláciu satelitov, ktoré sú umiestnené na obežnej dráhe MEO a okrem Číny svoje služby rozširuje aj na územie východnej Ázie a Tichého oceánu.

V súčasnosti (marec 2020) je v štádiu budovania tretia generácia systému BeiDou-3, ktorého dokončenie je naplánované na jún 2020 a plná konštelácia má pozostávať z 30 navigačných satelitov. Cieľom BeiDou-3 je rozšíriť svoje služby na globálne územie a poskytnúť svojim užívateľom čo najlepšie služby.

BeiDou ako jediný satelitný systém má svoje satelity umiestnené až na troch rôznych obežných dráhach (GEO, MEO a IGSO). V porovnaní s ostatnými satelitnými systémami má satelity umiestnené na vyšších obežných dráhach, čo zabezpečuje menšie tienenie signálov a lepší výkon v oblastiach v okolí rovníka. Satelity BeiDou vysielajú signály na troch frekvenčných pásmach (B1, B2 a B3) v pásme L rádiových vln. Civilný signál B1 vysielaný na frekvencii 1561,098 MHz prešiel na frekvenciu 1575,42 MHz, ktorú využíva aj civilný signál GPS L1 a signál Galileo E1 s cieľom dosiahnuť kompatibilitu s týmito systémami.

ROZŠÍRENÉ NAVIGAČNÉ SYSTÉMY

Rozšírenými (augmentačnými) systémami sa rozumejú systémy, ktoré využívajú satelity na obežnej dráhe Zeme, na zlepšovanie výkonnostných parametrov systémov GPS, GLONASS, Galileo a BeiDou nad určitým územím. Podnetom

pre vznik takýchto systémov, bola nedostatočná presnosť civilnej zložky systémov.

Patria sem najmä systémy so satelitným rozšírením SBAS, ktoré poskytujú nad určitým územím lepšiu presnosť, spoľahlivosť informácií, a to korekciou chýb merania signálu a poskytovaním informácií o presnosti, integrite, kontinuite a dostupnosti svojich signálov. Okrem SBAS sa v civilnom letectve využívajú aj systémy s pozemným rozšírením GBAS a palubným rozšírením ABAS.



Obrázok 5: Rozmiestnenie systémov SBAS [Zdroj: <https://www.gmv.com/en/Products/magicSBAS/Motivation/>]

VI. PRESNOSŤ A CHYBY GNSS

Vysoká presnosť určovania polohy v čo najkratšom čase je hlavným cieľom všetkých satelitných systémov. Od začiatku nového milénia došlo k výraznému zlepšeniu technológií GNSS, znížil sa čas potrebný na určenie presnej polohy, zvýšila sa citlivosť prijímačov a počet funkčných systémov prešiel z jedného na štyri, čo dnes umožňuje užívateľom dosiahnuť až milimetrovej presnosti kdekoľvek na Zemi.

Presnosť sa tiež štandardne určuje s 95% pravdepodobnosťou ako presnosť horizontálnej a vertikálnej polohy a ako presnosť určenia času.

FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE PRESNOSŤ GLOBÁLNYCH NAVIGAČNÝCH SATELITNÝCH SYSTÉMOV

Presnosť určovania polohy satelitnými systémami sa môže pohybovať v rozmedzí od niekoľko metrov až do pár milimetrov. Táto presnosť závisí od typu a citlivosti prijímača, od spôsobu merania a spracovania údajov a od mnohých vonkajších faktorov, ktoré ovplyvňujú výslednú polohu.

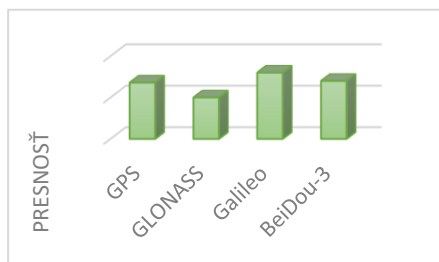
Tabuľka 22: Faktory ovplyvňujúce presnosť [Zdroj: Autor]

Príčina chyby	Približná chyba
Obežná dráha	± 2,5 m
Hodiny satelitu	± 2 m
Ionosféra	± 5 m
Troposféra	± 0,5 m
Šum prijímača	± 0,3 m
Viaccestné rušenie	± 1 m

POROVNANIE PRESNOSTI ZÁKLADNÝCH GNSS

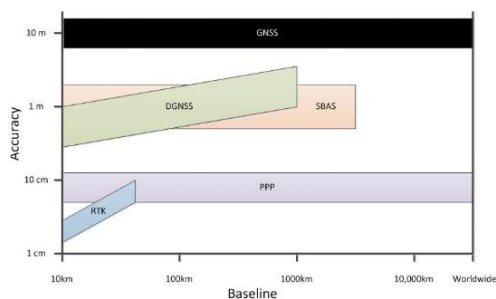
Na základe analýzy parametrov presnosti jednotlivých základných systémov GNSS (GPS, GLONASS, Galileo

a BeiDou) bol vytvorený graf, na porovnanie presnosti a výkonu týchto systémov.



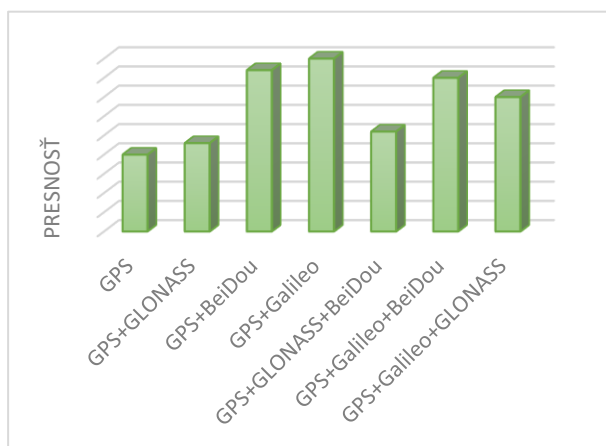
Graf 5: Porovnanie presnosti základných GNSS [Zdroj: Autor]

Výkon a presnosť jednotlivých systémov je však často nevyhovujúca, preto sa na odstránenie chýb určenia polohy a dosiahnutie čo najvyššej presnosti využívajú rôzne metódy. najčastejšie sú to diferenciálne metódy, využitie SBAS alebo využitie multi-konštelácie a multi-frekvencie.



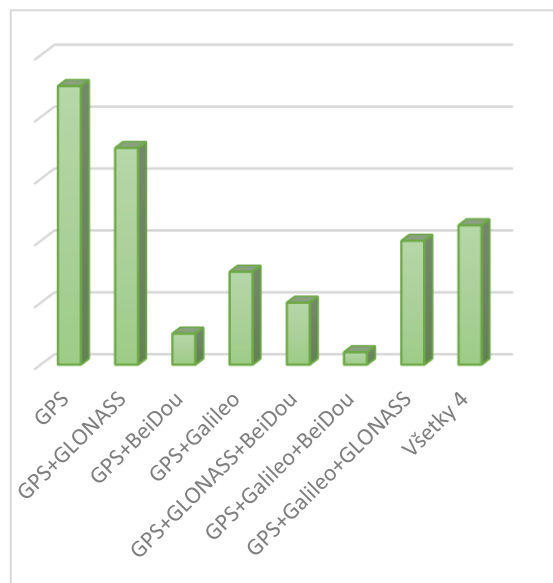
Obrázok 6: Porovnanie metód zvyšovania presnosti [Zdroj: https://nptel.ac.in/content/storage2/nptel_data3/html/mhrd/ict/te xt/105107194/lec15.pdf]

Na základe analýzy jednotlivých metód, sa zdá metóda PPP (Precise Point Positioning) najviac vyhovujúca. Avšak čoraz populárnejšou sa stáva využitie multi-konštelácie alebo multi-frekvencie. Spájanie systémov GNSS prináša mnoho výhod. Zvyšuje sa dostupnosť, počet viditeľných satelitov, znižuje sa čas prijatia signálu, zvyšuje sa presnosť a pod. V súčasnosti je najlepšou možnosťou multi-konštelácie kombinácia systémov GPS a Galileo, ako možno vidieť na grafe 2.



Graf 6: Porovnanie presnosti rôznych kombinácií GNSS [Zdroj: Autor]

Napriek výborným výsledkom a vlastnostiam multi-konštelácií je v súčasnosti podpora prijímačmi GNSS značne nízka, ako je uvedené v grafe 3. Nárast prijímačov podporujúcich multi-konštelácie je však očakávaný v najbližších rokoch.



Graf 7: Prijímačmi podporované multi-konštelácie GNSS [Zdroj: Autor]

VII. ZÁVER

Cieľom tohto článku bolo vytvoriť ucelený prehľad o fungovaní najvyužívanejších leteckých navigačných systémov, ktoré boli využívané v minulosti, v súčasnosti, ale najmä o systémoch budúcnosti leteckej dopravy a navigácie, GNSS.

Na základe analýzy jednotlivých systémov o ich technických a výkonnostných parametroch a princípoch činnosti som dospela k záveru o využití týchto systémov v letectve. Pre zabezpečenie bezpečnej, spoľahlivej a pravidelnej leteckej prevádzky je potreba využitia takých navigačných systémov, ktoré zabezpečujú vysokú presnosť, spoľahlivosť, dostupnosť a kontinuitu. Medzi takéto systémy sa radia bezprostredne GNSS, ktoré v blízkej dobe majú nahradiť konvenčné rádionavigačné zariadenia na väčších letiskách.

Pri jednotlivých systémoch GNSS som sa venovala aj výkonnostným parametrom, špeciálne presnosti systémov. Po analýze každého systému som dospela k záveru, že na zaistenie čo najvyššej presnosti a spoľahlivosti satelitného systému je potreba využiť metódy na zvyšovanie presnosti, pretože samotný satelitný systém pri nepriaznivých podmienkach nevyhovuje tak vysokým požiadavkám, aké sú kladené pre súčasnú navigáciu lietadiel. Avšak uvedenie do plnej operačnej schopnosti najnovších systémov Galileo a BeiDou-3 výrazne zvýši presnosť v určovaní polohy užívateľa.

REFERENCIE

- [1] ORČÍK, L. 2012. *Metódy pozemní rádiolokace*: Bakalárska práca. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012. 63 s. Dostupné na internete:

- [2] https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/93231/ORCO009_FEI_B2647_2601R013_2012.pdf?sequence=1
- [3] KULČÁK, L. a kol. 1999. *Zabezpečovacia letecká technika*. 1. vyd. Žilina : EDIS, 1999. 423 s. ISBN 80-7100-584-3
- [4] A brief history of Aeronautical charting [online]. Dostupné na internete:
- [5] <https://www.esri.com/news/arcnews/summer07/articles/a-brief-history.html>
- [6] NOVÁK, A. 2015. *Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve*. 1. vyd. Bratislava : DOLIS s.r.o., 2015. 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5
- [7] GANCARČÍKOVÁ, P. 2012. *Rádionavigačné systémy letectva* : Diplomová práca. Košice : Technická univerzita v Košiciach, 2012. 170 s.
- [8] KEVICKÝ, D. – NOVÁKOVÁ, J. 2007. *Integrácia GPS s ďalšími navigačnými systémami. Od konšpežnej železnice k vysokorychlostným dopravným systémom* [online]. 2007. Dostupné na internete:
- [9] <http://www.railway2007.fd.cvut.cz/proceedings/Kevicky+Novakova.pdf>
- [10] KEVICKÝ, D. – KALAŠOVÁ, A. 2004. *Satelitné navigačné systémy*. 1. vyd. Žilina: EDIS, 2004. 197 s. ISBN 80-8070-295-0
- [11] SEDLÁK, V. 2017. *Globálne navigačné satelitné systémy*. 1. vyd. Košice : Univerzita Pavla Jozefa Šafarika v Košiciach, 2017. 157 s. ISBN 978-80-8152-554-4
- [12] GPS [online]. Dostupné na internete:
- [13] <https://www.gps.gov/systems/gps/>
- [14] GLONASS HISTORY [online]. Dostupné na internete:
- [15] <https://www.glonass-iac.ru/en/guide/index.php>
- [16] GERHÁTOVÁ, L. – HEFTY, J. 2006. *Pripravovaný navigačný systém Galileo*. [online]. Dostupné na internete :
- [17] <https://gis.fns.uniba.sk/kartografickelisty/archiv/KL14/4.pdf>
- [18] Galileo [online]. Dostupné na internete:
- [19] <https://novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-3-satellite-systems/galileo/>
- [20] BeiDou Global Navigation Satellite System [online]. Dostupné na internete:
- [21] <https://www.glonass-iac.ru/en/guide/beidou.php>
- [22] GPS 3 is the future of navigation and it is set to roll out in 2023. Article. [online]. Dostupné na internete:
- [23] <https://www.digitaltrends.com/cool-tech/what-is-gps-3/>
- [24] The results are in: Galileo increases the accuracy of location Based services [online]. Dostupné na internete:
- [25] <https://www.gsc-europa.eu/news/the-results-are-in-galileo-increases-the-accuracy-of-location-based-services-3>
- [26] Europe anwear to GPS [online]. Dostupné na internete:
- [27] <https://www.technologist.eu/europes-answer-to-gps/>
- [28] Multi-constellation GNSS receivers becoming a standars [online]. Dostupné na internete:
- [29] <https://www.geospatialworld.net/blogs/multi-constellation-gnss-receivers-norm/amp/?fbclid=IwAR0IR1EwPgeuCjSX4rUyINM86vj8MBT3sDsRWZt5kkN6vf7gaHuES0qQhK8>
- [30] BURCH, T. 2018. GPS world report: *Survey sector favors multi-GNSS*. In Magazine, Survey [online]. 2018. Dostupné na internete:
- [31] <https://www.gpsworld.com/gps-world-report-survey-sector-favors-multi-gnss/>
- [32] BENEDICTO, J. 2019. Directions 2020: *Galileo moves ahead*. In GNSS magazine [online]. Dostupné na internete:
- [33] <https://www.gpsworld.com/directions-2020-galileo-moves-ahead/>
- [34] GALLAY, M. 2017. *GNSS pre život* [online]. Dostupné na internete:
- [35] https://geografia.science.upjs.sk/images/Klub_ucitelov/2017_Gallay_klub_ucitelov_GNSS.pdf
- [36] NOVÁK, A. 2011. *Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve*. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [37] NOVÁK, A., ŠKULTÉTY, F., KANDERA, B. & LUSIAK, T. 2018. Measuring and Testing Area Navigation Procedures with GNSS. MATEC Web of Conferences 236,01004.
- [38] NOVÁK, A., HAVEL, K., & JANOVEC, M. 2017. Measuring and testing the instrument landing system at the airport zilina. Transportation Research Procedia 28, pages 117-126. doi:10.1016/j.trpro.2017.12.176
- [39] ŠKULTÉTY, F. 2018. Pre-flight inspections of aircraft emergency equipment via RFID technology. Transportation Research Procedia 35, pages 279-286. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518303508>
- [40] JANCIK, M., HOLODA, S., DZUNDA, M. & KANDERA, B. 2018. Current Status of Cyber Security in the Surveillance Data Processing Systems in Europe. NTAD 2018 - 13th International Scientific Conference - New Trends in Aviation Development Proceedings 8551678, pages 59-63

Michaela Mikulášiková – narodená dňa 28.04.1998 v Bánovciach nad Bebravou absolvovala v roku 2016 Osemročný gymnázium Janka Jesenského v Bánovciach nad Bebravou, následne od roku 2017 študuje na Žilinskej Univerzite v Žiline, odbor letecká doprava.

ROZPTÝLENIE POZORNOSTI PILOTA GNSS PRIJÍMAČOM POČAS VFR LETU

DISTRACTION OF THE PILOT'S ATTENTION BY THE GNSS RECEIVER DURING VFR FLIGHT

Ivana Ondrejková

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
ondrejkova10@stud.uniza.sk

Iveta Škvareková

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

Abstract – The main goal of this paper is to propose a methodology for measuring the distraction of pilot attention by GNSS receivers during flight in visibility. To carry out future research, we will use a vision tracking device, thanks to which we can monitor the collocation of the pilot's attention during individual tasks. There search will be attended by three pilots in training, according to the number of flying hours, they will be classified as beginner, intermediate and advanced. Testing will take place on the flight simulator L410 UVP-E20, which is located in the premises of LVVC ŽU at the airport in Dolný Hričov. The aim of the work will be to find out if and how much the GNSS receiver disturb the pilot during the flight in the flight level and during the visual approach to landing regarding to his experience and the number of flying hours. Subsequent analysis of the data provided by the questionnaires showed that a pilot with more flying hours, detailed theoretical knowledge and longer experience with a GNSS receiver should be less disturb and should be able to effectively distribute his attention among all instruments. While a pilot with less number of flying hours without theoretical knowledge and previous experience with a GNSS receiver should be disturbed and inconsistent during visual landing.

Key words – eye track technology, VFR flight, GNSS receiver, flight simulator, distractions of attention.

I. ÚVOD

Letecká doprava používa rôzne systémy navigácie. Od druhej polovice minulého storočia letci, v určitej miere, používajú aj satelitnú navigáciu. Tá sa v priebehu rokov zdokonaľovala, spresňovala a rozširovala, vyvíjali sa ďalšie systémy, stavali sa ďalšie, lepšie satelity pre pokročilú navigáciu. Globálne navigačné satelitné systémy (GNSS) sú v dnešnej dobe spustené dvaplné funkčné systémy (GPS a GLONASS) a dva systémy v počiatkových fázach (Galileo a BeiDou). O týchto systémoch si viac povieme v prvej kapitole, kde spomenieme napríklad výšku jednotlivých satelitov, čas za ktorý obehnú okolo

Zeme, počet satelitov a iné. Tiež sa oboznámime s tromi úrovňami obežných dráh tzv. orbitov. [4]

V druhej kapitole si zanalyzujeme súčasný stav v leteckej doprave vzhľadom na našu tému. Pozrieme sa na niekoľko štúdií zaoberajúcich sa prispôbením oka svetlu a tme, vizuálnej únave u pilota, to znamená ako na pilota pôsobí zmena svetla, a taktiež si priblížime vplyv automatizácie prístrojov v pilotnej kabíne na pilota a jeho zručnosti. [5][6]

V tretej kapitole opíšeme návrh metodiky merania. Opíšeme jednotlivé navrhované subjekty merania a to v troch kategóriách (pokročilý, mierne pokročilý a začiatočník), ďalej opíšeme navrhovanú techniku na uskutočnenie výskumu, to znamená letový simulátor L410 UVP E20, v rámci ktorého je zahrnutý GNSS prijímač Garmin GTN 750 a technológiu Eye track SMI ETG 2w.

Ďalej si povieme o nalietavaných trajektóriách budúceho výskumu a postup tohto testovania. Celý výskum sa v budúcnosti bude vykonávať v budove LVVC ŽU na letisku Dolný Hričov.

Ďalší výskum sa bude sústreďovať na rozptyľovanie pilotovej pozornosti Garminom GTN 750 v najrizikovejšej fáze letu, čiže priblíženie na pristátie a samotné pristátie, na porovnanie budeme sledovať pohľad pilota aj počas letu v hladine a to už spomínaným zariadením SMI ETG 2w.

Počas výskumu sa budeme zaoberať dvomi výskumnými otázkami: Ako veľmi GNSS prijímač ovplyvňuje pozornosť pilota počas VFR letu? Čo by mohlo pomôcť pilotovej pozornosti k lepšiemu a efektívnejšiemu riadeniu letúna?

II. NÁVRH METODIKY PRÁCE

V tejto kapitole sa budeme zaoberať návrhom metodiky merania na zistenie vplyvu GNSS prijímača na troch pilotov vo výcviku počas letu za viditeľnosti. Toto meranie bude prebiehať na letovom simulátore L410 UVP-E20, nachádzajúcom sa v budove LVVC ŽU. Piloti budú mať na sebe okuliare – technológiu Eye track SMI ETG 2w, ktorá zabezpečí a zaznamená sledovanie pilotovho pohľadu v kokpíte, na základe čoho budeme schopní zanalyzovať napríklad ako často sledoval

GNSS prijímač, v našom prípade Garmin GTN 750, v akej fáze letu naň pozrel, ako dlho naň hľadel a iné. V ďalšej kapitole - Analýza údajov a výsledky meraní budeme hovoriť o možných dátach získaných pomocou ETG softvérom BeGaze.

TESTOVANÉ SUBJEKTY

Vzhľadom na miesto konania testovania subjektov – LVVC ŽU na letisku Žilina, Dolný Hričov, sme vybrali troch študentov Žilinskej univerzity, študijného programu Profesionálny pilot s ohľadom na dĺžku a intenzitu ich doterajšieho výcviku.

Ako prvé sme rozdelili pilotov do troch kategórií: začiatočník, mierne pokročilý a pokročilý v rámci integrovaného výcviku LVVC.

TESTOVACIA TECHNOLÓGIA

Letový simulátor letúna L410 UVP-E20 s dvoma turboturbovrtuľovými motormi – TTPS s možnosťou spätnej väzby. Hardvér simulátora má reálne rozmery kokpitu letúna v mierke 1:1, spĺňa požiadavky potrebné pre simulátor kvalifikácie „EASA FTD Level 2“ a zároveň FNPT II MCC v zmysle štandardov CS-FSTD (A), a platných predpisov a noriem v SR. Simulátor obsahuje prístrojové a avionické vybavenie pre dennú a nočnú prevádzku, za normálnych aj sťažených meteorologických podmienok, umožňuje nácvik palubných úkonov a postupov, ovládanie pohonných jednotiek ako aj obsluhu lietadlových systémov. Piloti si môžu precvičiť a osvojiť techniku pilotáže v rôznych letových režimoch, konfiguráciách a letových podmienkach. [7] TTPS je schopné simulovať rôzne poruchy letúna, čiže posádka si môže nacvičiť normálne, abnormálne a núdzové postupy. Samozrejmosťou je aj nácvik komunikácie s riadiacim letovej prevádzky. Zariadenie je ovládané pomocou počítačov napojených na zbernice. Súčasťou simulátora je simulačný, riadiaci a komunikačný softvér potrebný na ovládanie kokpitu napojeného a kompatibilného s navrhnutým vizualizačným systémom. Kokpit simulátora je vybavený klimatizačným zariadením. [1]



Obrázok 1: TTPS L410 UVP-E20 – kokpit [1]

Garmin GTNTM 750 je zariadenie na prijímanie, vyhodnocovanie a zobrazenie prijímaného satelitného signálu, navigáciu a komunikáciu. Vizualizuje celý letový plán vrátane odletov, priletov, vizuálnych a prístrojových priblížení, vyčkávacích postupov a ďalších. Obsahuje približovacie schémy a potenciálne nebezpečenstvá, ako sú terén, počasie a premávka,

na dynamickej globálnej pohyblivej mape, čím sa zvyšuje povedomie o situácii. GTN 750 kombinuje veľký, intuitívny 6,9-palcový dotykový displej s tlačidlom určeným na priame ovládanie a dvojitém koncentrickým gombíkom na efektívny prístup k informáciám. Možnosť Connxt pridáva aktualizácie bezdrôtovej databázy a zdieľa polohu GPS, počasie, dopravu a ďalšie informácie s navolenými mobilnými zariadeniami a prenosnými počítačmi Garmin. Medzi rozšírené možnosti, ktoré sú k dispozícii, patria hlasové povely, globálne textové / hlasové hovory a iné. Garmin tiež poskytuje prístup k aktuálnym informáciám o počasí: METAR, TAF, smer a rýchlosť vetra, teplota vzduchu, NOTAM a ďalšie. Taktiež vizuálne a zvukovo upozorňuje na potenciálne konflikty v rušnom vzdušnom priestore. GTN 750 sa môže integrovať do vybraných systémov TCAS. [2]



Obrázok 2: Zobrazovacia jednotka GTN™ 750 [2]

Okuliare na sledovanie pohľadu očí SMI ETG 2w sú navrhnuté na zachytenie prirodzeného vnímania pohľadu danej osoby v reálnom čase. Táto technológia bola odskúšaná v extrémnych podmienkach viac ako 100000 užívateľmi a poskytuje vynikajúcu odolnosť, pohyblivosť a ľahké používanie pre širokú škálu skutočných úloh. Analytický softvér SMI BeGaze je často využívaný pre svoje efektívne zhromažďovanie údajov o pohľadoch účastníkov, ktoré zabezpečuje jedinečnú technológiu SMI SGM (Semantic Gaze Mapping). SMI BeGaze umožňuje kvalitatívnu vizualizáciu aj kvantitatívnu analýzu údajov sledovania očí a videozáznamy. Ako záznamová jednotka sa používa Samsung Galaxy S4, ktorý umožňuje viac ako trojhodinový záznam a úplnú mobilitu aj pri veľmi dynamických úlohách. [3]

Tabuľka 1: Technické parametre zariadenia SMI ETG 2w [3]

Hmotnosť okuliarov	47g
Kalibrácia	Bez kalibrácie; 1-3 bodová kalibrácia; Korekcia kalibrácie offline
Presnosť pozície pohľadu	0,5° na všetky vzdialenosti
Frekvencia snímania	60 Hz binokulárne

Rozlíšenie kamery	1280x960p @24 fps; 1024x720p @30 fps; HDR (highdynamicrange) režim s vysokou citlivosťou pri slabom osvetlení
Rozsah sledovania pohľadu	80° horizontálne, 60° vertikálne
Video formát	Zorné pole: 60° horizontálne, 46° vertikálne
Kompatibilita	Kontaktné šošovky a okuliare (+/- 4 dioptrie)
Bezdrôtové riadenie	Online video s kurzorom na pohľad, stav sledovania, obrázky očí; Bezdrôtové ovládanie a komentovanie zaznamenávané vo Windows zariadení



Obrázok 3: SMI ETG 2w [3]

NALIETAVANÉ TRAJEKTÓRIE

Testovanie bude simulované na vzletovej a pristávacej dráhe 06 na letisku LZZI, pretože piloti vo výcviku sú s ňou dobre oboznámení, a teda ich nebude vyrušovať neznalosť letových postupov na danej dráhe a letisku.

Jedna fáza testovania je aj vizuálne priblíženie na pristátie dráhy 06. Túto fázu letu sme vybrali kvôli náročnosti na sústredenie a pretože je to najkritickejšia fáza letu, a pilot by mal venovať svoju pozornosť výlučne na priblíženie a následné pristátie. Čiže by sa nemal zbytočne rozptyľovať sledovaním GNSS prijímača a iných menej podstatných prístrojov, pre úspešné pristátie.

POSTUP TESTOVANIA

Testovanie bude prebiehať podľa nasledujúcich bodov:

1. Predletová príprava a oboznámenie sa so simulátorom
2. Kalibrácia zariadenia Eye track
3. Let v hladine
4. Vizuálne priblíženie

5. Dotazník

Počas predletovej prípravy sa všetci traja piloti spolu s inštruktorom oboznáma s plánovaným postupom testovania. Vzhľadom na pilota – začiatočníka, prebehne aj teoretické oboznámenie s GNSS prijímačom. Oboznáma sa s kokpitom simulátora L410 UVP-E20, s jeho palubnými prístrojmi a absolvujú krátky skúšobný let. Následne sa začne s kalibráciou zariadenia Eye track.

Zariadenie Eye track sa kalibruje pomocou zamerania na tri konkrétne body. Testovaný subjekt, postavený 1,5 metra od vyznačených bodov na tabuli, musí nehybne stáť a priamo sústrediť svoj zrak na konkrétne body, ktoré mu budú postupne určené, pokiaľ nie je zariadenie skalibrované. Po kontrole správnosti kalibrácie a prípadnej úprave kamier na sledovanie pohľadu, môže pilot začať v danom postupe.

Testovanie začne vzletom z dráhy 06 LZZI, následným stúpaním a uvedením lietadla do vodorovného letu v hladine, kde sa začne nahrávaním videozáznamu technológiou Eye track. Pilot bude následne požiadaný, aby sa oboznámil s meteorologickou situáciou na letisku LZZI, čím presunie pozornosť na GTN™ 750. Neskôr začne s postupmi na vizuálne priblíženie, kedy bude požiadaný, aby pomocou Garminu skontroloval hustotu prevádzky vo vzdušnom priestore LZZI v osi dráhy, tým pádom tiež presunie svoju pozornosť na GNSS prijímač. Po nasledovnom pristáti, bude pilot požiadaný o vyplnenie dotazníka, ktorý je súčasťou prílohy práce.

III. ANALÝZA ÚDAJOV A PREDPOKLADANÉ VÝSLEDKY

Z vyplnených dotazníkov je zrejmé, že pilot s najväčším počtom nalietaných hodín je najmenej rušený GNSS prijímačom a naopak pilot s najmenej nalietanými hodinami by bol menej koncentrovaný na úkony počas priblíženia na pristátie. Tiež z údajov vyplynula potreba dôkladnej predletovej prípravy ako aj predošlé podrobné teoretické znalosti. Dotazníky nám teda naznačujú odpoveď na prvú výskumnú otázku: Ako veľmi GNSS prijímač ovplyvňuje pozornosť pilota počas VFR letu? Tiež nám poskytuje jasnú odpoveď na druhú výskumnú otázku: Čo by mohlo pomôcť pilotovej pozornosti k lepšiemu a efektívnejšiemu riadeniu letúna?

Budúci výskum by mohol priniesť jasnú odpoveď na prvú výskumnú otázku. Mohli by sme zistiť koľko percent pozornosti za určitú dobu pilot upiera svoj zrak na GNSS prijímač v porovnaní s inými prístrojmi alebo na vonkajšie prostredie, keďže celý výskum sa týka letu za viditeľnosti. Výskum by mohol tiež predložiť zistenia, ktoré prístroje piloti najviac používajú, v akom množstve respektíve ako často a v akom poradí.

Namerané údaje budeme analyzovať pomocou softvéru na spracovanie údajov zo zariadenia Eye track. Obraz, ktorý nám poskytne zariadenie ETG rozdelíme na jednotlivé oblasti záujmu, podľa potreby. V našom prípade si zvolíme tri oblasti záujmu-vonkajšie prostredie (RWY), GNSS prijímač (Garmin GTN 750) a kokpit (prístrojové vybavenie). Následne si vytvoríme grafy s percentuálnym podielom zotrvania pohľadu pilota na jednotlivé oblasti záujmu, počas rôznych fáz letu. Keďže sa jedná o VFR let, predpokladáme, že najväčší percentuálny podiel pozornosti, bude

pilot venovať sledovaniu vonkajšieho okolia. Na základe tohto predpokladu, môžeme stanoviť hypotézy:

H₀: Pilot bude venovať viac ako 50% celkového času sledovaniu vonkajšieho okolia.

H₁: Pilot bude venovať menej ako 50% celkového času sledovaniu vonkajšieho okolia.

Predpokladáme, že menej skúsený pilot bude veľmi ovplyvnený GNSS prijímačom vo fáze priblíženia na pristátie, nebude dostatočne sústredený, bude sa dopúšťať väčších či menších chýb. Ďalej predpokladáme, že aj po dôkladnej predletovej príprave a s podrobnými teoretickými znalosťami, ale bez skúseností, bude pilot značne rozptyľovaný GNSS prijímačom. Čiže sa domnievame, že najdôležitejšie sú skúsenosti s daným prijímačom za letu respektíve skúsení piloti s väčším počtom nalietaných hodín s daným typom GNSS prijímačom budú viac flexibilní a teda menej rušení počas letu. Na základe tohto predpokladu sme si stanovili hypotézy:

H₀: Menej skúsení piloti budú mať vyšší percentuálny podiel zotrvania pozornosti na GNSS prijímači počas letu.

H₁: Menej skúsení piloti budú mať nižší percentuálny podiel zotrvania pozornosti na GNSS prijímači počas letu.

IV. ZÁVER

Bakalárska práca prináša návrh na skúmanie rozptýlenia pozornosti pilota počas VFR letu GNSS prijímačom. Táto práca prináša odporúčania pre pilotov vo výcviku, ktorí začínajú lietať a ešte nepracovali s GNSS prijímačom a ďalší výskum by tieto odporúčania mohol potvrdiť a doplniť.

V prvej časti práce rozoberáme rôzne GNSS systémy, ich parametre a využitie. Následne boli zanalyzované poučné štúdie o GNSS systémoch, ich využití v letectve, výhodách aj nevýhodách týchto systémov.

Navrhli sme metodiku merania k budúceho výskumu, navrhované testované subjekty sú piloti vo výcviku, každý s iným počtom nalietaných hodín, aby sme vedeli porovnať ich skúsenosti vzhľadom na ich zaradenie vo výcviku. Ďalej sme navrhli použitie simulátora L410 UVP-E20, ktorého súčasťou je Garmin GTN 750 a súčasne sme navrhli použiť technológiu Eye track ETG SMI 2w so softvérom BeGaze na sledovanie pohľadu letiaceho pilota. Následne sme si zvolili časti letu, v ktorých sa bude pozornosť pilota sledovať, a to v letovej hladine, počas priblíženia na pristátie a pri samotnom pristáť, keďže posledné dve sú najrizikovejšie fázy letu.

Vybraní piloti vo výcviku vyplnili dotazník. Analýza údajov z dotazníkov preukázala, že GNSS prijímač čiastočne odvádza ich pozornosť od riadenia letúna. Čiže môžeme predpokladať, že GNSS prijímače odvádzajú pozornosť všetkých pilotov bez predošlého podrobného teoretického školenia, respektíve dôkladná teoretická znalosť daného typu prijímača nadobudnutá pred praktickým lietaním by mohla značne ovplyvniť pilotovu pozornosť v pozitívnom smere a bol by viac sústredený na pilotáž. Vyplnené dotazníky sú súčasťou prílohy.

Navrhnutý výskum by mohol konkrétnejšie zodpovedať na výskumné otázky, ktoré boli stanovené hneď v úvode tejto práce. Realizovaním tohto merania, dôjde

k potvrdeniu alebo vyvráteniu stanovených hypotéz, ktoré boli určené na základe predpokladov, získaných počas písania bakalárskej práce a počas spracovania dotazníkov.

Naša práca má tiež poukázať na dôležitosť teoretických znalostí pred vstupom do kokpitu. Taktiež je veľmi dôležité praktické osvojenie si využívania GNSS prijímača počas letu, keďže v budúcnosti pravdepodobne úplne vytlačí klasickú navigáciu z kokpitu. Rovnako je dôležité praktické lietanie s GNSS prijímačom v núdzových a kritických situáciách kedy by sa mal pilot vo výcviku naučiť venovať pozornosť výlučne lietanu a zbytočne sa nerozptyľovať prijímačom GNSS.

Z vlastných skúseností môžem potvrdiť, že prvý kontakt s GNSS prijímačom v kokpite môže byť rušivý natoľko, že sa pilot menej sústreďí na klasickú navigáciu a spolieha sa na mapu v GNSS prijímači. Aj preto sa domnievam, že teoretické vedomosti a praktické zručnosti o danom type GNSS môžu pomôcť pilotovi uvedomiť si kedy sa má spoliehať na toto zariadenie a kedy je naopak lepšie venovať sa riadeniu letúna.

REFERENCIE

- [1] <https://www.lvvc.uniza.sk/sk/letecky-vycvik/vseobecne-informacie/simulatory>
- [2] <https://buy.garmin.com/en-US/US/p/67886#additional>
- [3] www.smivision.com/en.html
- [4] BEŇO, L.; BUGAJ, M.; NOVÁK, A. Application of RCM principles in the air operations. In: *Komunikace*. 2005, 302 7(2), pp. 20-24.
- [5] NOVÁK, A.; MRÁZOVÁ, M. Research of physiological factors affecting pilot performance in flight simulation 325 training device. In: *Communications : scientific letters of the University of Žilina*. - ISSN 1335-4205. 2015, 326 Vol. 17, no. 3, pp. 103-107.
- [6] TURIÁK, M.; NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A.; NOVÁK, A. Portable electronic devices on board of airplanes and their 330 safety impact. Conference: *International Conference on Transport Systems Telematics*, 2014, Vol. 471, pp. 331 29-37.
- [7] ŠKULTÉTY, F. 2019. *Simulátor leteckej dopravy: výskumná správa*. Žilina: Univerzitný vedecký park Žilinskej univerzity v Žiline, 2019. 1 s.
- [8] NOVÁK, A. 2011. *Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve*. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [9] 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.
- [10] NOVÁK, A., HAVEL, K., & BUGAJ, M. 2018. Measurement of GNSS signal interference by a flight laboratory. Paper presented at the *Transportation Research Procedia* 35, pages 271-278. doi:10.1016/j.trpro.2018.12.011

Ivana Ondrejková –narodená v Zlatých Moravciach absolvovala v roku 2016 Gymnázium J. Kráľa v Zlatých Moravciach, následne od roku 2016 študovala na Žilinskej univerzite v Žiline odbor profesionálny pilot.

PROBLEMATIKA NÁKLADOV CARGO LETECKÝCH DOPRAVCOV

PROBLEMS OF COSTS CARGO AIRLINES COMPANIES

Frank John Osvald

Air Transport Department, University of Zilina
osvald7@stud.uniza.sk

Matúš Materna

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

Abstract – The aim of this paper is to identify the costs of air carriers and their judgement. In introduction, the thesis focuses on the history and emergence of air freight. It is an important element for answering the question of why and what role freight transport has on the market. Furthermore, the work divides, categorizes and thus gives a basic approach to costs. To solve our problem and determine the results, it was necessary to report the cost indicators theoretically. They can then determine the amount of cost. They are costs problems in all airlines. Therefore, every company must have to regulate its costs as much as possible and try to reduce them to avoid unwanted losses. The last chapter deals with a detailed analysis of selected air carriers and compares their expenses. Costs vary with regard to the type and position of the carrier in the air transport market.

Key words – air carrier, cargo, issues.

I. ÚVOD

Preprava nákladu bola veľmi malou časťou celkovej leteckej dopravy (to platilo v USA aj na celom svete). Celkovo v 50 rokoch bolo prepravných 800 000 ton nákladu. V tom čase sa európske ekonomiky (aj ekonomiky na celom svete) zotavovali z vojny. Nemecko a Japonsko boli vtedy ovplyvnené porážkou vo vojne. Spojené štáty si užívali éru bezkonkurenčnej ekonomickej dominancie.

POSUN V PRED

K posunu na trhu došlo po príchode prúdových a širokotrupých letúnov. Tento technologický vývoj umožnil pokrok, ktorý vyústil do zlepšenia produktivity (lietadlá odniesli viac a boli schopnejšie lietať rýchlejšie ako predtým). V roku 1968 Boeing uviedol na trh štvormotorový letún 747. Bolo to prvé širokotrupé lietadlo v tomto odvetví. Boeing 747 bol prvý letún, ktorý bol schopný prepravovať plné palety v nákladnom priestore, čo spôsobilo revolúciu v leteckom priemysle. [2]

Ďalšia revolučná zmena nastala asi o päť rokov neskôr. Išlo skôr o začiatok podnikania ako zavedenie nového typu lietadla. Fred Smith založil spoločnosť Federal Express, ktorá začala svoju činnosť v apríli 1973. Presvedčil množstvo investorov, že kombinácia osobnej a nákladnej dopravy, ktorá bola dovtedy obchodným modelom leteckých spoločností, je neefektívna. V roku 1989 spoločnosť Federal Express získala spoločnosť Tiger International, Inc., materskú spoločnosť spoločnosti Flying Tiger Line. Obe spoločnosti sa zlúčili v auguste 1989. Spoločnosť Federal Express sa stala najväčšou leteckou spoločnosťou na svete. V roku 1994 spoločnosť oficiálne zmenila názov svojej prevádzkovej divízie na FedEx, spoločnosť je známa dodnes.

OUTSOURCING A OFF-SHORING

Ďalším silným trendom bolo premiestnenie časti výroby alebo výrobný proces do iných firiem alebo krajín. Prvý z nich sa označuje ako „outsourcing“ a firmy, ktoré na to majú zmluvu, môžu byť v tesnej blízkosti hlavnej výrobnéj linky. Toto bol pôvodný japonský model pre proces JIT, ktorý prijali USA a ďalšie spoločnosti. Presun výroby do iných krajín (off-shoring) má však ďalšiu výhodu. To hlavne v možnosti oveľa nižších nákladov na pracovnú silu. Ide o kompromis medzi nižšími mzdami, ktoré ponúkajú mnohé rozvojové alebo rozvíjajúce sa krajiny a produktivitou práce, ktorá môže byť oveľa nižšia, ako v domovskej krajine. V Číne mzdy rástli pomerne rýchlo, ale rovnako aj produktivita. Avšak presúvanie výroby do iných krajín s nižšími mzdovými nákladmi znamená, že spočiatku je produktivita veľmi nízka. Pomalšia rýchlosť a nižšia kvalita by teda mohli kompenzovať veľkú časť výhod mzdovej sadzby. Je potrebné zohľadniť aj náklady na dopravu a potrebu zvýšenia zásob

II. PRÍSTUPY KU KATEGORIZÁCI NÁKLADOV LETECKÝCH SPOLOČNOSTÍ

Každá najbližšie spomenutá klasifikácia má veľký význam v manažmente nákladov leteckého dopravcu. Prevádzkové náklady delíme na:

- Nákladové druhy
- Funkčný význam

- Stupeň kontrolovateľnosti
- Náklady podľa výkonu leteckého dopravcu

FIXNÉ NÁKLADY

Ako fixné náklady sa označujú také náklady, ktoré sa nemenia v rámci určitej výrobnnej kapacity alebo vplyvom zmeny objemu výroby. Sú teda nezávislé na konkrétnom objeme produkcie a podnik ich musí uhradiť bez ohľadu na to, aká vysoká je táto produkcia, prípadne bez ohľadu na to, či vôbec prebieha.

VARIABILNÉ NÁKLADY

Definícia hovorí, že ide o náklady, ktoré sa menia so zmenou objemu produkcie tovarov alebo poskytovania služieb, teda sú na objeme práce priamo závislé, pričom stupeň premenlivosti môže byť rôzny.

ICAO

Prevádzkové náklady leteckých spoločností sa zaznamenávajú podrobne v ročných správach organizácie ICAO. Letecké spoločnosti poskytujú údaje svojim vládnym orgánom a posielajú ich ICAO. To často znamená určité oneskorenie pri uverejnení. Výhodou údajov ICAO je, že konzistentným spôsobom vykazujú náklady. Niektoré letecké spoločnosti však v záznamoch chýbajú. Dokonca chýbajú aj kompletne údaje z niektorých rokov ktoré sa hlásia. Správy bývajú importované do tabuliek Excelu. Tieto údaje sa najprv analyzujú a následne sa uvedú príklady jednotlivých leteckých spoločností a integrátorov, ktorí uskutočňujú nákladnú prepravu. Databáza ICAO bola zverejnená v roku 2006 ako „Finančná štatistika leteckých dopravcov“ (Air Carrier Financial Statistics).

IATA

Medzinárodné združenie leteckých dopravcov taktiež veľmi podrobne zverejňuje náklady jednotlivých spoločností. Prístup k jednotlivým informáciám má o niečo iný. Podľa metodiky združenia IATA sa prevádzkové náklady určujú na základe:

- Všetky prevádzkové náklady lietadla sú rozložené medzi cestujúcich a cargo priamoúmerne
- Náklady za pozemnú obsluhu a marketing sú podľa možnosti priamo identifikované dopravcami pri ich vkladaní údajov
- Administratíva a iné náklady sú úmerne rozložené medzi cestujúcich a náklad k súčtu všetkých ostatných nákladov

III. ŠPECIFICKÉ NÁKLADOVÉ UKAZOVATELE

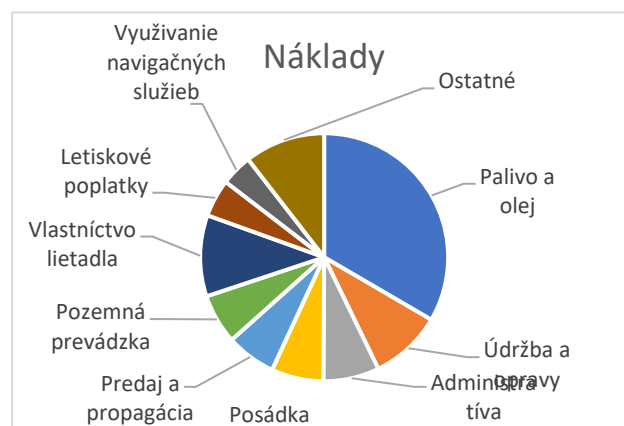
Pre efektívny manažment je potrebné sledovať nákladové ukazovatele. K tým najzakladanejším patrí sledovanie nákladov na jeden tonokilometer. Podľa a toho vieme určiť niekoľko ďalších faktorov ktoré ovplyvňujú chod spoločnosti, ako je napríklad určenie ceny alebo zefektívnenie chodu leteckej nákladnej spoločnosti. Jadro každej firmy

tvoria zamestnanci. Hlavnú úlohu pri získavaní informácií o priamych nákladoch hrajú zamestnanci na plný úväzok. Vo všeobecnosti zamestnanci tvoria veľmi veľkú časť nákladov, avšak u leteckých dopravcov tomu býva inak. Tu dieru do rozpočtu roba prevádzkové náklady spojené s lietadlom. Či už ide o viacero nepriamych nákladov ako sú užívateľské poplatky alebo tie najväčšie priame položky lízing lietadla a palivo. Ďalšie základné nákladové indikátory od ktorých sa práca bude odrážať sú:

- Výdavky na jeden FTK
- Výdavky na jedného zamestnanca
- Výdavky na prístávacie poplatky na jednu tonu MTOW lietadla
- Výdavky na údržbu na jednu blokovú hodinu
- Výdavky na letecké palivo na jeden spotrebovaný galón (alebo iná spotreba leteckého paliva)
- Výdavky na palivo na jednu blokovú hodinu
- Výdavky na palivo na FTK
- Výdavky na podporu predaja
- Výdavky na traťové poplatky na jeden preletený kilometer
- Výdavky na lízing lietadiel na FTK
- Výdavky na všeobecnú administratívu v percentách z celkových prevádzkových nákladov

NÁKLADY NA PALIVO

Náklady na palivo predstavujú až okolo 33% prevádzkových nákladov. Mnoho spoločností má programy na zabezpečenie nákladov na palivo. Kupujú takzvané „futures kontrakty“ na zníženie svojich nákladov za stanovené časové obdobie a premieňajú ich na fixné náklady. Ak ceny paliva stúpajú, dá sa na to dobre reagovať. Ak ceny pohonných hmôt klesnú, nastáva problém, pretože trhová cena pohonných hmôt je nižšia ako cena, ktorú platia. Jedno z najhorších období pre letecké spoločnosti je, keď sa ceny ropy prudko menia. Letecké spoločnosti sa môžu pripraviť na pomaly rastúce ceny zvyšovaním cien leteniek alebo zemnou počtu letov, ale náhle pohyby spôsobujú leteckým spoločnostiam stratu peňazí.



Graf 1: Štruktúra nákladov leteckej spoločnosti
[www.iata.org]

IV. MANAŽMENT VYBRANÝCH PREVÁDZKOVÝCH NÁKLADOV CARGO LETECKÝCH SPOLOČNOSTÍ

Riadenie nákladov zahŕňa všetky činnosti vo firme, ktoré smerujú k zlepšovaniu efektívnosti a výkonnosti firemných procesov. Jedná sa nielen o redukciu nákladov ale o celkovú efektívnosť firmy.

NÁKLADOVÁ EFEKTÍVNOSŤ

Nákladová efektívnosť je miera celkových nákladov na poskytovanie služby, vzhľadom na jednotku poskytnutého výstupu. Celkové náklady možno rozdeliť na prevádzkové a kapitálové náklady. Rovnako ako pri pohľade na celkovú nákladovú efektívnosť je tiež zaujímavé sa pozrieť na nákladovú efektívnosť a zložku výroby vo vzťahu k zložke prevádzkových nákladov celkových nákladov. Dôvody sú tieto:

- Prevádzkové náklady v priemere predstavujú približne 80% celkových traťových nákladov v štátoch EUROCONTROL a nie sú ovplyvnené možnými rozdielnymi účtovnými postupmi pri odpisoch, zaobchádzaní s daňami a návratnosti vloženého kapitálu, ktoré sa môžu byť medzi PLNS alebo štátmi.
- Kapitálové výdavky sú spojené s investičným cyklom a majú slabý vzťah so súčasnou úrovňou výroby alebo súčasnou úrovňou kapacity. V priebehu času možno očakávať významné výkyvy.
- Po uskutočnení investície, existuje malý priestor na zmenu kapitálových výdavkov. Zatiaľ čo výdavky na prevádzkové náklady sú flexibilnejšie a mohli by sa na ne relatívne rýchlo pôsobiť. Napríklad zavedením programu znižovania nákladov.

Pri posudzovaní nákladovej efektívnosti vo vzťahu k prevádzkovým nákladom je potrebná opatnosť, pretože nákladové štruktúry PLNS sa do istej miery líšia v závislosti od toho, ako financujú svoje zariadenia (budovy, vybavenie atď.). Ak PLNS vlastní svoje zariadenia, finančné náklady sa vyberú ako odpisy a kapitálové náklady, ktoré sú kapitálové výdavky. Ak si však PLNS prenajme časť svojich zariadení, náklady na financovanie sa zvýšia v splátkach nájomného a môžu sa považovať za prevádzkové náklady.

MANAŽMENT PALIVOVÝCH NÁKLADOV

Je to najstrategickejší prvok, vie veľmi meniť veľkosť nákladov. Aj keď spoločnosť nevie ovplyvniť ceny ropy ktoré sa stále menia, vie ho aspoň strategicky a efektívne mňať. Základne prístupy zaobchádzania s leteckým palivom sú:

- Snaha efektívne využiť letecké palivo
- Prenos ceny paliva na zákazníkov
- Využívanie miest na tankovanie kde je letecké palivo najlacnejšie
- Tankovanie iba potrebného množstva paliva atď.
- Palivový hedging

Posledný spomínaný príklad je strategicky najvýznamnejší. Ako bolo už viackrát spomenuté ceny ropy sa prudko menia a spoločnosť by nevedela vždy dobre reagovať na tieto zmeny, preto sa používa stratégia tzv. hedging. Ide o aplikovanie metódy riadenia založená na znížení rizika pri veľkých výkyvoch na trhu. Inak povedané je to metóda ktorá slúži ako zabezpečenie pred menovým rizikom.

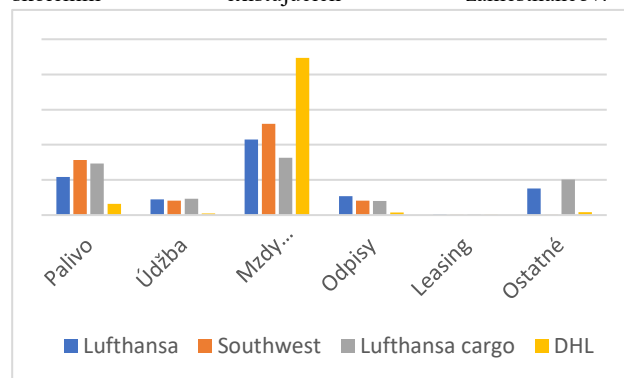
V. POROVNANIE ŠTRUKTÚRY NÁKLADOV VYBRANÝCH LETAČNÝCH DOPRAVCOV A DAĽŠÍCH LETAČNÝCH SPOLOČNOSTÍ (LCC A FSNC)

Podľa predsedu predstavenstva a generálneho riaditeľa spoločnosti Lufthansa, Crstrena Spohra, bol rok 2018 jeden z najlepších pre spoločnosť. Dosiahli druhý najlepší výsledok v histórii spoločnosti a tento úspech pripisuje hlavne tímu, tela celej pracovnej sile pozostávajúcej z 135 000 ľudí.

Southwest vo svojej správe za rok 2018 uvádza že to bol pre nich ďalší silný a stabilný rok. Podľa výkazu zisku a ďalších predmetov s ktorými sa porovnávajú s ostatnými nízko-nákladovými spoločnosťami ostali na prvom mieste. Skoro o svoju pozíciu prišla preto v prvej polovici roku 2018 vykazovali oveľa menší zisk ako predpokladali na dané obdobie.

Kapacita spoločnosti Lufthansa Cargo sa v roku 2018 zvýšila o 5%. Kapacita trupu lietadiel rástla rýchlejšie ako kapacita nákladnej dopravy. Predaj vzrástol o 1% v dôsledku vyšších kapacít prepravcov. Vyššie kapacity lietadla sa nemohli v plnej miere predat, pretože sa sústredili na trasy, ktoré sú pre nákladnú dopravu menej relevantné. Faktor zaťaženia nákladom sa preto celkovo znížil o 3,2 percentuálneho bodu na 65,9% (predchádzajúci rok: 69,1%). Spoločnosť Lufthansa Cargo však v porovnaní s predchádzajúcim rokom dokázala opäť výrazne zvýšiť výnosy.

Veľa spoločností v dnešnej dobe snažia svoje náklady redukovať. DHL ide v posledných rokoch inak. Snažia sa investovať do rozvoja spoločnosti pre optimalizáciu globálnej infraštruktúry. Spoločnosť svoje vyčlenené investície sa snažia investovať hlavne do lietadiel a vybudovať novú medzikontinentálnu flotilu. Ďalším dôležitým prvkom je rozvoj zamestnancov a zvýšením počtu pracovnej sily a školením existujúcich zamestnancov.



Graf 2: Porovnanie nákladov leteckých dopravcov. [Autor podľa výročných správ]

VI. ZÁVER

Podľa postavenia na trhu letecké spoločnosti uplatňujú svoju ekonomickú stratégiu. Nízko-nákladový dopravcovia sa snažia svoje náklady regulovať čo najviac aby svojim zákazníkom priniesli čo najnižšie ceny. Tradičný dopravcovia uprednostňujú komfort zákazníkov a svoje náklady neregulujú tak výrazne, čo sa odráža aj na cenách s ktorými prichádzajú na trh.

Nákladný dopravcovia neustále bojujú s výdavkami. Aj keď na trhu letecká doprava ponúka najrýchlejší spôsob prepravy, ide stále o veľmi nákladnú a drahú záležitosť. Každé odvetvie môže prosperovať iba vtedy, ak produktivita bude naďalej rásť a náklady sa znížia a budú lepšie kontrolované. Zvyšovať produktivitu a snažiť ďalej znižovať náklady, to je pre väčšinu manažérov hlavná priorita. Niektoré z výhod zo zvýšenej produktivity by mali smerovať k znižovaniu sadzieb a zlepšovaniu služieb, aby sa v budúcnosti zabezpečilo konkurencieschopné odvetvie.

REFERENCIE

- [1] Tomová, A. - Novak Sedláčková, A. - Červinka, M. 2017. *Ekonomika leteckých spoločností*. Žilina, 2017. ISBN 97-880-5541-3594
- [2] Morrel, P. 2011. *Moving boxes by air*. Farnham. 2011. ISBN 978-1-4094-0252-7
- [3] Lufthansa. 2019. *Annual report 2018*. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.lufthansagroup.com/en/themes/annual-report-2018.html>> [cit. 2020-05-04]
- [4] Southwest airlines co. 2019. *2018 ANNUAL REPORT TO SHAREHOLDERS* [online]. Dostupné na internete: <http://investors.southwest.com/~media/Files/S/Southwest-IR/LUV_2018_Annual%20Report.pdf> [cit. 2020-05-04]
- [5] Lufthansa cargo. 2019. *Annual report 2018*. [online]. Dostupné na internete:
- [6] <https://lufthansa-cargo.com/documents/20184/512670/09_Extract-AnnualReport-LH-Group-2018-LCAG_e.pdf/566d4f90-9114-8932-2487-16435bb54c1f?t=1562309403000> [cit. 2020-05-04]
- [7] DHL. 2019. *2018 Annual report*. [online]. Dostupné na internete: <https://annualreport2018.dpdhl.com/downloadsext/en/documents/DPDHL_2018_Annual_Report.pdf> [cit. 2020-05-04]
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] TOMOVÁ, A., HAVEL, K. 2015. *Ekonomika poskytovateľov leteckých navigačných služieb*. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2015. - 154 s. ISBN 978-80-554-1153-8.

- [11] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. *Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva*. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.
- [12] TOMOVÁ, A. 2016. Are commercial revenues important to today's European air navigation service providers? *Journal of Air Transport Management* 54, pages 80-87
- [13] TOMOVÁ, A. 2017. Two businesses of air navigation service providers: The case study of NATS. *Transportation Research Procedia* 28, pages 99-105.
- [14] BADÁNIK, B., STEFANIK, M. & MATAS, M. 2011. Using fast-time simulations for designing and operating airport terminals as nodes of intermodal transport. *Komunikacie* 13(3), pages 83-90

Frank John Osvald – narodený dňa 19.09.1997 v Chicago. Absolvoval v 2017 Piaristické gymnázium Jozefa Braneckého v Trenčíne. Následne nastúpil na Žilinskú univerzitu v Žiline, a študuje program Letecká doprava

VÝSTUPY DOSTUPNÝCH NUMERICKÝCH PREDPOVEDNÝCH MODELOV AKO ÚČINNÝ NÁSTROJ PREDIKCIE POVETERNOSTNÝCH PODMIENOK PRE LET

OUTPUTS OF AVAILABLE NUMERICAL FORECASTING MODELS AS AN EFFECTIVE TOOL
FOR WEATHER FORECASTING FOR FLIGHT

Matej Pajdlhauser

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
matej.p.12@gmail.com

Miriam Jarošová

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

Abstract – The objective of this paper is to point out knowledge about numerical forecasting models and meteorological aerodrome reports METAR. Another goal is to observe meteorological phenomena, such as the crossing of fronts through our territory and inversion, because they have a significant impact on air traffic. The last goal is to determine the success of weather forecasts of the numerical forecasting model Aladin. To obtain adequate knowledge for the elaboration of the bachelor thesis, available electronic and book resources were used, which were used for self-study. The whole thesis was prepared under the supervision of the bachelor thesis supervisor. The core of this thesis is theoretical knowledge about the problem and observations, which use the freely available outputs of the numerical forecasting model Aladin, meteorological aerodrome reports METAR and maps of the ground pressure field. The success of weather forecasts using the numerical forecasting model Aladin was also evaluated. While examining the accuracy of predictions of the numerical forecasting model Aladin was found that the success rate is relatively high. It follows that this model can be used as a tool to predict weather conditions for flight.

Key words – numerical weather forecasting model, atmospheric fronts, meteorological aerodrome report METAR, temperature inversion, M. R. Štefánik airport, anticyclone.

I. ÚVOD

Numerické predpovedné modely sú neoddeliteľnou súčasťou meteorológie. Svoje uplatnenie majú aj v oblasti leteckej dopravy. Využiť sa dajú ako nástroj predikcie poveternostných podmienok pre let vo všeobecnom letectve. Základy numerickej predpovede počasia vznikli po prvej svetovej vojne. Postupom času sa numerické predpovede počasia vyvíjali až do súčasnej podoby. V dnešnej dobe je možné pomocou numerickej predpovede a numerických predpovedných modelov predpovedať počasie na celom svete na niekoľko dní dopredu.

V súčasnosti poznáme niekoľko numerických predpovedných modelov. Na Slovensku je najpoužívanejší numerický predpovedný model ALADIN.

Cieľom tejto bakalárskej práce je zhodnotiť súčasný stav numerických predpovedných modelov, popísať teoretické východiská, ktoré by mali čitateľovi plne pochopiť riešenie problematiky, stanoviť možnosti numerických predpovedných modelov do budúcnosti a tak isto aj uskutočniť pozorovania, ktoré budú vykonané v praktickej časti. Cieľom praktickej časti je odpozorovanie prechodu atmosférických frontov (teplý, studený, oklúzny) cez naše územie, inverziu spôsobenú výskytom tlakovej výše nad našim územím, sneženie zapríčinené prechodom studeného frontu a zhodnotenie presnosti predpovede počasia pomocou numerických predpovedných modelov na základe porovnávania predpovede počasia a reálneho stavu počasia pozorovaného popri paraglidingu.

Pozorovania v praktickej časti budú vykonané za pomoci porovnávania numerických predpovedných modelov, správ o počasi METAR a pri niektorých pozorovaniach aj za pomoci mapy prízemného tlakového poľa. Pozorovanie týchto atmosférických javov je dôležité z hľadiska ich vplyvu na bezpečnosť leteckej dopravy.

Zhodnotenie presnosti predpovede počasia pomocou numerických predpovedných modelov bude vykonané za pomoci predpovedných modelov a následným porovnaním predpovede s reálnym stavom počasia. Táto časť bakalárskej práce bude vytvorená popri paraglidingu. Tu však budú pozorované iba štyri predpovedané parametre, a to úhrn zrážok, oblačnosť, rýchlosť vetra a smer vetra, pretože tieto parametre hrajú najdôležitejšiu rolu pri paraglidingu.

Všetky pozorovania budú vykonané s pomocou numerického predpovedného modelu ALADIN, pretože sa v súčasnosti na Slovensku využíva najviac. Pozorovania budú vykonané vzhľadom na čas UTC.

II. SÚČASNÝ STAV NUMERICKÝCH PREDPOVEDNÝCH MODELOV

Numerické predpovede sú objektívne výpočty založené na množstve fyzikálnych rovníc. Prvú numerickú prognózu vykonal po prvej svetovej vojne britský vedec Lewis F. Richardson. Richardsonove výpočty sa stali základom pre takmer všetky súčasné predpovede počasia. Kapacita a zložitosť numerických modelov predpovede počasia sa dramaticky zvýšila v polovici 40. rokov 20. storočia, kedy bola vyvinutá numerická predpovedná jednotka. Táto predpovedná jednotka vytvára numerické predpovede na dennej báze. Éra numerickej predpovede počasia sa tak skutočne začala v 50. rokoch 20. storočia. S rastúcim výpočtovým výkonom sa zvyšovala aj zložitosť, rýchlosť a kapacita modelov. Numerické predpovede sa v priebehu rokov neustále zlepšovali. V roku 1979 vykonal mnoho krajín experiment o počasi pod vedením Svetovej Meteorologickej Organizácie, aby dokázali, aké vysokokvalitné globálne pozorovania by sa mohli vykonať pre zlepšenie predpovedania pomocou numerických predpovedných modelov. Veľmi veľká väčšina predpovedí je založená na výpočte zmien tlaku, teploty, vetra a vlhkosti.

Numerické predpovede sú vydávané pravidelne. Globálne sú tieto predpovede zostavované napríklad v Tokiu, Moskve, Kalifornii, Londýne alebo aj Melbourne. Na národnej úrovni sú vydávané rôznymi štátnymi meteorologickými službami, súkromnými meteorologickými službami a aj vojenskými organizáciami. Existujú aj výskumné verzie numerických predpovedných modelov, ktoré sú testované a vyvíjané Národným Centrom pre Výskum Atmosféry, Goddardovým Vesmírnym Centrom a univerzitami po celom svete.

Na Slovensku je najznámejším a zároveň najpoužívanejším numerickým predpovedným modelom ALADIN. Tento predpovedný model slúži na krátkodobú predpoveď počasia. Koncepciu projektu ALADIN navrhol Météo-France v roku 1990 s cieľom vybudovať vzájomne výhodnú spoluprácu s národnými meteorologickými službami v strednej a východnej Európe. Táto spolupráca mala byť v oblasti numerickej predpovede počasia, ktorá poskytuje základ prognostických nástrojov modernej meteorológie. V súčasnosti je numerický predpovedný model ALADIN prevádzkovaný v štrnástich európskych krajinách.

Numerické predpovedné modely majú aj svoje chyby. Najvýraznejšie chyby vznikajú v dôsledku zovšeobecnenia reliéfu. To znamená, že vzniká rozdiel medzi modelovou a skutočnou výškou reliéfu. Na zabezpečenie zhody modelovej a reálnej výšky reliéfu by bolo potrebné vykonať omnoho viac výpočtov ako pri predpovedi pri rozdielnych výškach, čo by znamenalo vyššie náklady na predpoveď. Avšak nutnosť odstrániť túto chybu vzniká v dôsledku faktu, že miestna orografia zapríčiňuje veľkú premenlivosť vetra. Taktiež vývoj oblačnosti je ovplyvňovaný výraznou orografiou. Ďalším problémom je, že nie je možné vyrátať vlhkosť ovzdušia v blízkosti zemského povrchu. Vlhkosť ovzdušia je v numerických predpovedných modeloch zohľadnená až od výšky 300 metrov nad zemou. S touto chybou je spojená aj odchýlka predpovede úhrnu zrážok.

Numerické predpovedné modely zachytávajú viacero meraných veličín – teplota vzduchu, oblačnosť, tlak vzduchu, úhrn zrážok a smer a rýchlosť vetra. Ak premietneme numerickú predpoveď do tabuliek, tak na osi X je čas, kedy je parameter pozorovaný a na osi Y je veľkosť pozorovaného parametru.

III. SPRÁVY O POČASÍ METAR

METAR je skratka pre slovné spojenie „meteorological aerodrome report“, čo v preklade znamená správa o počasi na letisku. METAR obsahuje zakódovanú správu, ktorá sa týka aktuálnej meteorologickej situácie na danom letisku v danom čase. Táto správa je zvyčajne vydávaná každých 30 minút, aby mala posádka lietadla čo najpresnejšiu informáciu o počasi na letisku.

Príklad správy METAR:

METAR LZIB 221030Z 31015G27MPS 280V350 1400SW 6000N R24/P1500 +SHRA FEW005 FEW010CB SCT018 BKN025 10/03 Q0995 RERA WSRWY24 [Zdroj: [1](#)]

ZAKÓDOVANÉ INFORMÁCIE

Správy METAR obsahujú informáciu o prízemnom vetre, prízemnej horizontálnej dohľadnosti, dráhovej dohľadnosti, stave počasia, oblačnosti, teplote vzduchu, teplote rosného bodu, tlaku QNH a doplnujúcich informáciách.

Ako prvá je informácia, či ide o správu METAR alebo SPECI. Za ňou nasleduje kód letiska podľa organizácie ICAO. Tento kód sa skladá zo štyroch písmen. Ďalej nasleduje skratka času vo formáte deň v mesiaci, hodina, minúty a písmeno „Z“, označujúce čas Zulu. Nasleduje informácia o vetre. Prvé tri čísla určuje smer, z ktorého fúka vietor a nasledujúce dve silu vetra. Ak sú pozorované aj nárazy vetra, tak sa za silu vetra vloží písmeno „G“, za ktorým nasleduje informácia o sile nárazov vetra. Za informáciou o vetre nasleduje údaj, ktorý pojednáva o horizontálnej dohľadnosti. Tento údaj sa skladá zo štyroch čísel. Hneď za horizontálnou dohľadnosťou nasleduje informácia o dráhovej dohľadnosti. Táto informácia začína písmenom „R“ a číslom dráhy, pre ktorú je údaj platný. Za číslom dráhy nasleduje lomka, za ktorou je v metroch vyjadrená dráhová dohľadnosť. Toto číslo musí byť štvormiestne. Nasledujúcou informáciou je kód o výskyte špecifického počasia na letisku. Tento údaj sa kóduje pomocou písmen. V prípade slabej intenzity javu sa pred kód uvedie „-“ a v prípade silnej intenzity javu sa pred kód uvedie „+“. Tento kód môže v sebe niesť informáciu, napríklad o zrážkach, búrkach, javoch zhoršujúcich dohľadnosť, tornádach alebo aj víchriciach. Ďalšou kódovanou informáciou je stav oblačnosti. V tejto informácii je zakódovaná výška základne oblačnosti, množstvo oblačnosti a prípadne aj oblačnosť typu cumulonimbus a cumulus congestus. Táto kódovacia skupina sa skladá zo 6 znakov. Prvé 3 znaky určujú množstvo oblačnosti a druhé 3 znaky výšku základne v stovkách stopách. Pokiaľ sa vyskytuje naraz viac vrstiev oblačnosti, ktoré majú rôznu výšku základne, tak sa kóduje každá vrstva so svojím množstvom oblačnosti a s vlastnou výškou základne, pričom sa kódujú postupne vrstvy od najnižšej. Za oblačnosťou nasleduje informácia o teplote vzduchu a o teplote rosného bodu. Tento kód má podobu štvorciferného čísla, predeleného lomkou medzi prvými dvoma a druhými dvoma ciframi. Číslo pred lomkou

udávajú teplotu vzduchu a čísla za lomkou teplotu rosného bodu. Ak ide o zápornú hodnotu, tak sa pred číslo doplní „M“. Predposlednou informáciou je hodnota tlaku vzduchu. Tá sa kóduje pomocou písmena „Q“ a štyrmi nasledujúcimi ciframi. Táto hodnota je v hektopascaloch. Ak ide o hodnotu tlaku v palcoch, tak sa pred číselný údaj nepíše „Q“, ale „A“. Poslednými informáciami, ktoré sa kódujú v správe METAR sú doplnujúce informácie. Informácia o predchádzajúcom počasí sa využíva, ak bol v blízkosti letiska za poslednú hodinu alebo od vydania posledného METARu pozorovaný niektorý z javov, ktorý sa kóduje v časti aktuálneho počasia. Táto informácia je v METARE v 4-písmennom tvare. V tejto skupine je taktiež zakódovaná aj informácia o strihu vetra.

IV. ATMOSFÉRICKÉ FRONTY

Atmosférický front je prechodové pásmo medzi dvoma vzduchovými hmotami. Fronty, ktoré sa nachádzajú v zemepisných šírkach mierneho pásma sa delia na studené, teplé a oklúzne. Ich charakter závisí od toho, či nahrádza teplý vzduch studený alebo naopak. V prípade, že studený front dobehne teplý, nastáva oklúzia. Oklúzia sa taktiež delí na teplú a studenú. Všetky fronty majú sklon s narastajúcou výškou.

Každý front, nachádzajúci sa v našich zemepisných šírkach má iba určitú životnosť.

STUDENÝ FRONT

Studený front sa vyskytuje, ak chladný vzduch postupne nahrádza teplý. Chladný vzduch sa pomaly podsúva pod teplý, ktorý je vytláčaný do väčších výšok. Na mapách prízemného tlakového poľa sú studené fronty vyznačované modrou čiarou, na ktorej sú vyplnené modré trojuholníky.

Prechod studeného frontu sa dá identifikovať aj pomocou zmeny jednotlivých vlastností vzduchu. Teplota vzduchu je pred prechodom frontu stála (konštantná) alebo mierne stúpa. Po prechode studeného frontu teplota vzduchu výrazne klesá. Taktiež výrazne klesá aj teplota rosného bodu. Pokles teploty je zapríčinený hlavne studeným vzduchom, ktorý prúdi do danej oblasti a búrkou spojenou s frontálnym rozhraním. Tesne pred prechodom studeného frontu tlak vzduchu v oblasti najprv mierne klesá, ale po prechode frontu naopak stúpa. Vietor pred studeným frontom býva stabilný, pričom zvyčajne fúka z juhozápadu. Pri prechode frontu sa vietor mení na nárazový v podobe húlavy. Po prechode frontu sa vietor znovu mení na stabilný, ale už vanie zo severozápadu. Pri prechode frontu pozorujeme rozsiahlu oblačnosť typu cumulus, ktorá prerastá do typu cumulonimbus a občasne aj oblačnosť typu nimbostratus. Rozsah oblačnosti je od $\frac{6}{8}$ do $\frac{8}{8}$. Za studeným frontom sa zdvíha výška základne oblakov. Zrážky sa vyskytujú v podobe silných prehánok, pričom v zimnom období sú v podobe snehových prehánok. Taktiež sa môžu vyskytnúť aj krúpy. Zrážky sú spojené s búrkovou činnosťou na studenom fronte. Viditeľnosť je pri prechode studeného frontu veľmi dobrá, okrem viditeľnosti pri zrážkach.

TEPLÝ FRONT

Teplý front sa pozoruje, ak sa teplý vzduch tlačí do oblasti so studeným vzduchom a postupne ho nahrádza. Na

mapách prízemného tlakového poľa nájdeme teplý front vyznačený pomocou červenej čiary, na ktorej sú červené vyplnené polgule.

Počasia sa s prechodom teplého frontu postupne mení. Vietor pred frontom zosilňuje a zvyčajne fúka z juhu. Na čiare frontu sa otáča a po prechode teplého frontu fúka z juhozápadu. Rozdiel teplôt vzduchu pred a za studeným frontom je väčšinou výrazný. Pred teplým frontom je teplota vzduchu voči teplote po prechode teplého frontu pomerne nízka. Na čiare frontu sa hodnota teploty vzduchu náhle zväčší a po prechode teplého frontu ostáva teplota stabilná. Teplota rosného bodu má rovnaký priebeh ako teplota vzduchu. Pred frontom je pomerne nízka, na čiare frontu sa náhle zvyšuje a následne po prechode teplého frontu teplota rosného bodu ostáva stabilná. Čo sa týka tlaku vzduchu, ten pred príchodom teplého frontu pomaly klesá až do príchodu teplého frontu na dané územie. V čase, keď sa nachádza teplý front na danom území, tlak vzduchu prestane klesať a po prechode frontu začne znovu mierne klesať. Oblačnosť s príchodom teplého frontu pribúda. Postupne sa nasúva oblačnosť od vysokej (cirrus a cirrostratus), cez strednú (altocumulus a nimbostratus) až po nízku (stratus). Na čiare frontu dosahuje hodnota pokrytia oblohy oblačnosťou $\frac{8}{8}$, pričom základne oblačnosti typu stratus a nimbostratus sú veľmi nízko. S prechodom frontu oblačnosť postupne ubúda. Zrážky sú pred príchodom frontu slabé trvalé, pričom postupne rozvíjaním oblačnosti typu nimbostratus zosilnievajú. Na čiare frontu sa pozorujú stredné až silné trvalé zrážky. Po prechode frontu zrážky slabnú. Zrážky za teplým frontom sa pozorujú aj v podobe mrholenia, ktoré môže byť vyvolané výskytom frontálnej hmly. Viditeľnosť sa postupne zhoršuje a nezlepšuje sa ani s prechodom teplého frontu.

OKLÚZNY FRONT

Oklúzny front vzniká v prípade, že studený front dobehne teplý front, postupujúci pred nim. Táto situácia nastáva v dôsledku toho, že studený front postupuje rýchlejšie ako teplý front. Bod oklúzie sa nachádza v mieste kde sa zbiehajú oklúzny, teplý a studený front. Oklúzne fronty sú tvorené vždy tromi vzduchovými hmotami. Tieto fronty v sebe združujú znaky aj teplého a aj studeného frontu. Vzduch, ktorý sa nachádzal medzi teplým a studeným frontom je vytláčaný do väčších výšok, čo znamená, že nie je v kontakte so zemským povrchom. Oklúzia sa rozdeľuje na teplú a studenú.

Ak je vzduch, ktorý sa nachádza pred teplým frontom studenší ako ten, čo sa nachádza za studeným frontom, tak sa jedná o teplú oklúziu. Pri teplej oklúzii vzduch, nasúvajúci sa za studeným frontom stúpa nad studenší vzduch, ktorý je tlačенý pred teplým frontom. Tento typ oklúzie sa vyskytuje v oblasti strednej Európy najčastejšie počas zimných mesiacov, pretože vzduch, ktorý prichádzajúci od mora je teplejší ako ten, čo sa vyskytuje nad pevninou. Oblačnosť sa tvorí spočiatku tak, ako pri teplých frontoch, to znamená, že postupne sa formuje oblačnosť typu cirrostratus a altostratus. Táto oblačnosť sa nachádza pred čiarou oklúzneho frontu. Na čiare sa nachádza oblačnosť typu cumulonimbus a za čiarou frontu je to nimbostratus. Pri teplej oklúzii vzniká riziko skrytej oblačnosti typu cumulonimbus v stratiformnej oblačnosti.

Ak je vzduch, nachádzajúci sa za studeným frontom chladnejší ako vzduch pred teplým frontom, tak ide o studený oklúzny front. Pri studenej oklúzii sa studený vzduch, ktorý postupuje za studeným frontom podsúva pod teplý vzduch, ktorý bol tlačný pred teplým frontom. Vzduch spoza studeného frontu spoločne so vzduchom spredu teplého frontu vytlačujú do väčších výšok vzduch, ktorý sa nachádzal medzi teplým a studeným frontom. Tento typ oklúzie je v európskych oblastiach možné pozorovať najmä počas letných mesiacov, pretože vzduch, nasávajúci sa od Atlantiku je chladnejší ako vzduch, nachádzajúci sa nad pevninou. Rovnako ako aj pri teplej oklúzii tu vzniká riziko skrytej oblačnosti typu cumulonimbus vo vrstevnatej oblačnosti. Oblačnosť sa spočiatku vyvíja ako pri teplom fronte, no neskôr prechádza do oblačnosti studeného frontu. Oblačnosť nasleduje v poradí za sebou od cirostratu, cez altocumulus a nimbostratus až po cumulonimbus.

V. TEPLONÁ INVERZIA

Jav nazývaný teplotná inverzia nastáva v atmosfére vtedy, keď stúpa teplota vzduchu s rastúcou výškou. Inverzia môže vznikáť viacerými spôsobmi. Prízemná inverzia najčastejšie vzniká radiačným ochladzovaním zemského povrchu najčastejšie počas noci a niekedy aj počas dňa. Tento typ hmly dosahuje výšku 1 m – 2 m.

Výšková teplotná inverzia môže vzniknúť radiačným ochladzovaním zemského povrchu, keď sa zmení z pôvodnej prízemnej inverzie na inverziu v malej výške. Ďalším spôsobom vzniku výškovej inverzie je teplotná advekcia. Advekčná inverzia sa vyskytuje vo výške približne 1 km – 2 km nad zemou.

Subsidenčná výšková inverzia vzniká vo výškach okolo 2 – 3 km nad zemou v tlakových výškach vplyvom rozsiahlych klesavých pohybov vzduchu, typických pre oblasť vysokého tlaku. Vzduchové vrstvy, klesajúce malou rýchlosťou sa dostávajú do nižších výšok, kde je vyšší tlak vzduchu a pomocou tohto vyššieho tlaku sú stláčané. Stláčanie každého plynu vedie k jeho ohrievaniu a v atmosfére tento proces vedie k rozpúšťaniu oblačnosti a súčasne otepľovanie vedie ku vzniku výškovej inverznej vrstvy s hrúbkou niekoľko desiatok metrov.

Frontálna teplotná inverzia vzniká na teplých frontoch. Frontálnu plochu teplého frontu si môžeme predstaviť ako tenkú prechodovú vrstvu medzi chladnejším vzduchom na spodku a teplejším vzduchom na vrchu. Frontálna plocha je naklonená dopredu v podobe ostrého klinu. Teplejší vzduch prúdi pozdĺž nej dopredu nahor, takže v celom priestore pred čiarou frontu je vo výške vrstva teplejšieho vzduchu nad chladným, ktorý sa nachádza pri zemi, a preto tu nastáva výšková inverzia.

VI. METODIKA PRÁCE

Na tvorbu teoretického základu práce sú využívané znalosti nadobudnuté zo štúdia a znalosti zo samoštúdia, ktoré je realizované pomocou odborných kníh.

Pozorovania sú vykonané pomocou voľne dostupných zdrojov predpovedí počasia, máp prízemného tlakového poľa a správ o počasi METAR. Tieto údaje sú prevzaté z voľne dostupných internetových stránok a použité v práci. Využitie sú voľne dostupné zdroje, pretože skúmanie presnosti predpovedí vydávaných prostredníctvom numerického predpovedného

modelu ALADIN je vykonané popri paraglidingu, pri ktorom sa využívajú vo veľmi veľkej miere iba voľne dostupné zdroje, a predovšetkým numerický predpovedný model ALADIN.

Pri pozorovaniach prechodu atmosférických frontov je využitá metóda porovnávania predpovedného numerického modelu ALADIN so správami o počasi METAR. Na konci kapitol s pozorovaniami sú popísané výsledky daných pozorovaní.

Pozorovanie sneženia spôsobeného prechodom studeného frontu je za pomoci mapy prízemného tlakového poľa a správ o počasi METAR. Na konci sú taktiež definované výsledky.

Pri pozorovaní inverzie pri prechode tlakovej výše cez naše územie sú vykonané porovnávania numerického predpovedného modelu ALADIN, správ o počasi METAR a mapa prízemného tlakového poľa. Opäť sú na konci definované výsledky.

Skúmanie presnosti predpovedí vydávaných prostredníctvom numerického predpovedného modelu ALADIN je sprevádzané porovnaním tohto modelu s reálnym stavom počasia. Sila vetra je meraná pomocou anemometra a smer vetra pomocou veternej ružice. Celkovo je vykonaných 5 pozorovaní, po ktorých bola stanovená úspešnosť predpovedí počasia prostredníctvom numerického predpovedného modelu ALADIN.

VII. POZOROVANIE PRECHODU STUDENÉHO FRONTU

V pozorovaní je vykonané porovnanie numerického predpovedného modelu ALADIN so správami o počasi METAR. Pozorovanie bolo vykonané 1.7.2019.

Rozdiel medzi predpoveďou vydanou pomocou numerického predpovedného modelu ALADIN a reálnym stavom počasia bol takmer vo všetkých predpovedaných parametroch. Jediný presne predpovedaný parameter bola teplota vzduchu. Tento parameter mal rovnaký priebeh v reálnej situácii ako aj podľa predpovede. Všetky ostatné parametre mali buď odlišné hodnoty, alebo ak bol priebeh ich zmeny identický, tak bol v časovom predstihu voči predpovednému modelu. Smer vetra sa odlišoval až po 20. hodine. Rýchlosť vetra bola spočiatku nižšia ako predpovedaná, no neskôr boli hodnoty reálnej rýchlosti vetra vyššie, ako bolo predpovedané. Oblačnosť bola spočiatku o niečo menšia ako predpovedaná. Obloha sa vyjasnila skôr ako podľa predpovede. Zrážky sa vyskytli podstatne skôr a taktiež bola menšia aj ich intenzita. V reálnom priebehu tlaku sa nevyskytol pokles, tak ako v predpovedi. Ďalší priebeh bol podobný ako v predpovedi, ale s rozdielom tlaku asi 2 hPa.

VIII. POZOROVANIE PRECHODU TEPLÉHO FRONTU

V pozorovaní je vykonané porovnanie numerického predpovedného modelu ALADIN so správami o počasi METAR. Pozorovanie bolo vykonané 10.3.2020 – 11.3.2020.

Okrem smeru a rýchlosti vetra a zrážok bola predpoveď takmer totožná s reálnym stavom počasia, ktoré bolo pozorované počas prechodu teplého frontu. Vietor sa nezhodoval s predpoveďou, pretože zo začiatku pozorovania bol slabší ako

podľa predpovede, neskôr bol silnejší ako predpovedaný, ale napokon v nočných hodinách dosahoval rýchlosti, ktoré boli predpovedané. Smer vetra bol rozdielny iba zo začiatku, pretože približne o polnoci sa stočil a fúkal tak, ako bolo predpovedané. Tlak vzduchu sa odlišoval iba minimálne. Mal rovnaký priebeh ako predpovedaný, ale reálne bol o 2 hPa nižší. Zrážky sa líšili aj dobou výskytu aj intenzitou. Po dobu pozorovania boli väčšinou iba slabé a padali podstatne dlhšie.

IX. POZOROVANIE PRECHODU OKLÚZNEHO FRONTU

V pozorovaní je vykonané porovnanie numerického predpovedného modelu ALADIN so správami o počasí METAR. Pozorovanie bolo vykonané 13.2.2020 – 14.2.2020.

Pozorovaný oklúzny front sa v niektorých parametroch líšil od predpovede. Smer vetra bol na začiatku pozorovania rozdielny, ale napokon sa pri konci pozorovania stočil a fúkal z predpovedaného smeru. Rýchlosť vetra bola oproti predpovedi nižšia, no ku koncu pozorovania vietor zosilnel a bol silnejší ako predpovedaný. Reálny stav oblačnosti bol takmer rovnaký ako predpovedaný. Tlak vzduchu bol taktiež podobný ako predpovedaný. Reálny úhrn zrážok bol menší ako predpovedaný. Zrážky sa vyskytovali kratšie ako bolo hlásené predpovedným modelom. Teplota mala rovnaký priebeh ako predpovedaná, ale s tým rozdielom, že bola o 2 °C – 3 °C nižšia.

X. POZOROVANIE SNEŽENIA ZAPRÍČINENÉHO PRECHODOM STUDENÉHO FRONTU

Pozorovanie je vykonané za pomoci mapy prízemného tlakového poľa a správ o počasí METAR. Pozorovanie bolo vykonané 29.1.2020

Pozorovaná situácia bola pre leteckú dopravu nebezpečná z viacerých hľadísk. Najväčšie riziko predstavovala námraza, ktorá mohla vzniknúť na povrchu časti lietadla. Preto by bolo potrebné pred odletom pozemné odmrazovanie lietadla. V dôsledku výskytu snehových zrážok bola výrazne znížená horizontálna dohľadnosť. Spočiatku pozorovania bol hlásený na letisku M. R. Štefánika v Bratislave strih vetra. Táto výstraha bola publikovaná pre dráhu 31.

XI. POZOROVANIE INVERZIE PRI TLAKOVEJ VÝŠI

Pozorovanie inverzie počas pretrvávajúcej rozsiahlej tlakovej výše bolo vykonané dňa 26.1.2020. Pozorovanie bolo vykonané za pomoci mapy prízemného tlakového poľa, numerického predpovedného modelu ALADIN, vydaného METARu z dňa 26.1.2020 a osobného pozorovania.

Na pozorovanie inverzie z pohľadu potreby pozemného odmrazovania lietadiel bol vybratý let spoločnosti Ryanair číslo FR6643 do Edinburghu. Lietadlo priletelo na Bratislavské letisko v čase 9:09. Odlet späť do Edinburghu bol naplánovaný na 9:35. Pred odletom bolo potrebné vykonať na lietadle pozemné odmrazovanie z dôvodu nízkej teploty a dymna, ktoré je tvorené mikroskopickými vodnými kvapôčkami.

Z pozorovaných meteorologických správ o počasí METAR, numerického predpovedného modelu ALADIN a osobného pozorovania na letisku M. R. Štefánika v Bratislave vyplýva, že bola na pozorovanom území teplotná inverzia. Pozorovaná bola teplotná inverzia vyskytujúca sa v zimnom období pri prechode tlakovej výše cez pozorované územie. Pre túto inverziu bolo potrebné aj pozemné odmrazovanie lietadiel.

XII. SKÚMANIE PRESNOSTI NUMERICKÉHO PREDPOVEDNÉHO MODELU ALADIN

Táto časť bakalárskej práce sa zaoberá skúmaním presnosti predpovede počasia predpovedaného pomocou numerických predpovedných modelov. Presnosť bude skúmaná pozorovaním grafov predpovedného modelu ALADIN a následným porovnaním s reálnym stavom počasia. Pozorované sú oblačnosť, rýchlosť vetra, smer vetra a zrážky.

POZOROVANIE 17.2.2020

Úspešnosť predpovedania pozorovaných parametrov dosiahla v tento deň 50 %. Úspešne boli predpovedané úhrn zrážok a rýchlosť vetra. Naopak neúspešne predpovedané parametre boli oblačnosť a smer vetra.

POZOROVANIE 5.3.2020

Predpoveď na tento deň bola celkom presná, a to na 75 %. Všetky predpovedané parametre okrem rýchlosti vetra sa zhodovali s reálnymi. Rýchlosť vetra bola podstatne vyššia ako predpovedaná. Táto odchýlka mohla vzniknúť v dôsledku konvektívnej oblačnosti a termickej aktivity.

POZOROVANIE 26.3.2020

Predpoveď na tento deň mala úspešnosť 75 %. Odlišný bol iba stav oblačnosti. Reálne sa na oblohe vyskytovalo viac oblačnosti ako bolo predpovedané. Pre súvislú vrstvu strednej oblačnosti nebolo možné rozoznať, či sa vyskytuje aj vysoká oblačnosť.

POZOROVANIE 27.3.2020

Predpoveď na tento deň z pohľadu presnosti bola veľmi dobrá. V oblačnosti sa vyskytla odchýlka predpovede od reálneho stavu iba minimálna. Taktiež sa mierne odlišovala aj rýchlosť vetra. Reálna rýchlosť vetra bola nižšia ako predpovedaná.

POZOROVANIE 5.4.2020

Predpoveď na tento deň bola 100 %. Všetky pozorované parametre dosahovali v čase pozorovania rovnaké hodnoty, aké boli predpovedané.

VYHODNOTENIE POZOROVANÍ

Priemerná úspešnosť predpovedí bola 75 %. Predpovedné numerické modely sa dajú použiť ako nástroj predikcie poveternostných podmienok pre let, ako vo všeobecnom letectve, tak aj pri paraglidingu. Aj keď predpovede nie sú 100 % presné, tak percento úspechu je vysoké. Chybou numerických predpovedných modelov je, že tieto modely nezohľadňujú konvekciu a s ňou spojené javy. Konvekcia má

vplyv na všetky parametre, ktoré boli pozorované v tejto kapitole. Vplyvom konvekcie sa formuje kumuliformná oblačnosť. Ak je dostatočne nasýtený oblak, môžu z neho začať vypadávať zrážky. Vietor je taktiež ovplyvňovaný konvekciou. V prípade „termických závanov“ sa zvýši na istú dobu rýchlosť vetra. Taktiež sa vplyvom týchto závanov môže zmeniť aj smer, z ktorého vietor vane. Tieto skutočnosti však nevylučujú fakt, že sú numerické predpovedné modely vhodným nástrojom na predikciu poveternostných podmienok pre let.

XIII. MOŽNOSTI NUMERICKÝCH PREDPOVEDNÝCH MODELOV DO BUDÚCNOSTI

Numerické predpovedné modely majú potenciál aj v budúcnosti, avšak dali by sa aj vylepšiť, aby poskytovali čo najaktuálnejšiu prognózu počasia. Ako v súčasnosti, tak aj v budúcnosti budú numerické predpovedné modely vhodným nástrojom predikcie počasia vo všeobecnom letectve.

Numerické predpovedné modely sú v súčasnosti aktualizované štyrikrát denne, a to v čase 4:15 UTC, 11:00 UTC, 15:55 UTC a 22:55 UTC. Aby bola zaistená čo najaktuálnejšia prognóza počasia a s tým spojená predikcia poveternostných podmienok pre let, bola by vhodná častejšia aktualizácia numerických predpovedných modelov. Častejšou aktualizáciou by sa dosiahol väčší prehľad v zmene poveternostnej situácie a rýchlejšia reakcia na predpovedané zmeny. Taktiež by to napomohlo k jednoduchšiemu plánovaniu letov z hľadiska počasia.

Asi najväčšia chyba predikcie poveternostných podmienok pri numerických predpovedných modeloch vzniká v dôsledku zovšeobecnenia reliéfu. Táto chyba je popísaná v prvej kapitole. Potlačenie chyby zovšeobecnenia reliéfu by sa dala vyriešiť rozšírením personálu meteorologických pracovníkov a technickej základne služby, ktorá vydáva predpovede počasia pomocou numerických predpovedných modelov. Odstránenie tejto chyby by bolo nákladné, avšak spresnilo by to predpoveď poveternostných podmienok hlavne v pohoriach a ich okolí.

Ďalšou chybou numerických predpovedných modelov je, že predpovedajú úhrn zrážok s menšou presnosťou ako pri ostatných predpovedaných parametroch. Táto chyba je taktiež popísaná v prvej kapitole. V súčasnosti nie je možné túto chybu nijakým spôsobom odstrániť, pretože neexistuje žiadny matematický vzorec, ktorý by vedel predpovedať vlhkosť vzduchu v blízkosti zemského povrchu. Tak ako pri eliminácii predchádzajúcej chyby, tak aj pri tejto by vznikla finančná náročnosť, a to pri vývoji matematického vzorca.

V budúcnosti by bolo možné rozšíriť sieť miest, pre ktoré by boli vydávané predpovede počasia pomocou numerických predpovedných modelov. Táto možnosť by tiež prispela k spresneniu prognózy počasia. Pre oblasť letectva by bolo najvýhodnejšie, keby sa sieť týchto miest rozšírila o miesta, kde sa nachádzajú menšie športové letiská, alebo aj miesta určené pre vzlet paraglidistov. Možnosť zhustenia siete, pre ktorú by boli vydávané predpovede počasia by prispelo napríklad k lepšiemu plánovaniu trate letu.

XIV. ZÁVER

V tejto bakalárskej práci sú spracované základné teoretické poznatky o numerických predpovedných modeloch, správach o počasi METAR, atmosférických frontoch a inverziách. Tieto teoretické poznatky by mali čitateľovi poskytnúť vedomosti na porozumenie pozorovaní, vykonaných v praktickej časti.

V teoretickej časti je spracovaný teoretický základ o numerických predpovedných modeloch, správach METAR a všetkých atmosférických javoch, ktoré sú pozorované v praktickej časti. V teoretickej časti sú popísané aj základné chyby numerických predpovedných modelov. Medzi tieto chyby patria zovšeobecnenie reliéfu a nemožnosť vypočítať vlhkosť vzduchu pri zemskom povrchu. Neskôr sú v tejto bakalárskej práci navrhnuté možnosti numerických predpovedných modelov do budúcnosti, medzi ktorými sú vypracované aj možnosti, ako tieto chyby odstrániť. Avšak odstránenie týchto chýb by bolo náročné z technického a finančného hľadiska. Vypracovanie teoretických poznatkov o atmosférických frontoch a inverziách bolo potrebné pre následné porozumenie vykonaných pozorovaní v praktickej časti.

V praktickej časti sú vykonané pozorovania prechodu studeného, teplého a oklúzneho frontu cez naše územie, inverzie spôsobenej tlakovou výšou a sneženia zapríčineného prechodom studeného frontu. Taktiež je zhodnotená presnosť predpovedí vydávaných pomocou numerických predpovedných modelov. V celej práci sú vykonané pozorovania za pomoci numerického predpovedného modelu ALADIN, pretože ten je na Slovensku najpoužívanejší. Numerický predpovedný model ALADIN bol využitý ako voľne dostupný materiál na stránke SHMÚ. Využitie sú voľne dostupné zdroje, pretože skúmanie presnosti predpovedí vydávaných prostredníctvom numerického predpovedného modelu ALADIN je vykonané popri paraglidingu, pri ktorom sa využívajú vo veľmi veľkej miere iba voľne dostupné zdroje, a predovšetkým numerický predpovedný model ALADIN. Taktiež boli všetky pozorovania vykonané vzhľadom na čas UTC.

Odporované atmosférické javy sú vybraté zámerne, pretože všetky z nich majú vplyv na bezpečnosť a prevádzku leteckej dopravy. Všetky pozorované javy sú nebezpečné, pretože buď znižujú dohľadnosť, sú príčinou tvorby námrazy na povrchoch lietadla, sú zdrojom strihu vetra a elektrického výboju alebo iným spôsobom ovplyvňujú bezpečnosť leteckej dopravy. Výskyt všetkých pozorovaných javov je možné vyčítať z numerických predpovedných modelov. Pri vykonávaní pozorovaní sú využité predpovede počasia numerického predpovedného modelu ALADIN, správy o počasi METAR a mapy prízemného tlakového poľa.

Prvé pozorovanie bolo vykonané dňa 1.7.2019. V tento deň bol pozorovaný studený front. Po porovnaní numerického predpovedného modelu so správami o počasi METAR bolo zistené, že studený front prechádzal cez naše územie skôr, ako bolo predpovedané. Bola zistená aj vyššia rýchlosť vetra ako predpovedaná a taktiež aj menšia intenzita zrážok.

Prechod teplého frontu bol pozorovaný v noci 10.3.2020 – 11.3.2020. Priebeh prechodu tohto frontu bol takmer identický s predpoveďou. Spočiatku pozorovania sa niektoré

parametre líšili od predpovede, no napokon sa ich priebeh zmeny stotožnil s predpovedaným priebehom. Iba zrážky mali celkom odlišný priebeh. Tie padali dlhšie ako bolo predpovedané.

Oklúzny front bol pozorovaný v noci 13.2.2020 – 14.2.2020. Pri pozorovaní tohto frontu boli zistené odlišnosti v priebehu zmeny niektorých pozorovaných parametrov. Rýchlosť vetra bola zo začiatku nižšia a neskôr naopak vyššia ako predpovedaná. Smer vetra bol totožný s predpovedaným až pri konci pozorovania. Oblačnosť a tlak vzduchu boli takmer rovnaké ako predpovedané. Úhrn zrážok bol menší ako predpovedaný. Zmena teploty vzduchu mala rovnaký priebeh ako podľa predpovede, ale reálne bola nižšia o 2 °C – 3 °C.

Sneženie zapríčinené prechodom studeného frontu bolo pozorované 29.1.2020. Toto pozorovanie bolo vykonané pre význam poveternostnej situácie v oblasti bezpečnosti leteckej dopravy. Pozorovaná poveternostná situácia predstavovala najväčšie nebezpečenstvo pre bezpečnosť leteckej dopravy najmä kvôli riziku tvorby námrazy na povrchoch častí lietadla. V dôsledku výskytu snehových zrážok bola výrazne znížená horizontálna dohľadnosť. Taktiež bola vydaná výstraha pred strihom vetra na dráhe 31.

Pozorovanie výskytu teplotnej inverzie pri prechode tlakovej výše bolo vykonané 26.1.2020. Počas pozorovania sa na danom území vyskytovalo dymno, pre ktoré bolo potrebné zabezpečiť pozemné odmrzovanie lietadiel. Na letisku M. R. Štefánika v Bratislave bolo potrebné vykonať túto procedúru pred každým odletom.

V poslednej časti tejto bakalárskej práce je skúmaná presnosť numerického predpovedného modelu ALADIN. Celkovo je vykonaných 5 pozorovaní. Priemerná úspešnosť predpovedí je 75 %. Aj keď nie je úspešnosť 100 %, tak numerický predpovedný model môže slúžiť ako účinný nástroj predikcie poveternostných podmienok pre let. Percento úspešnosti by bolo vyššie, ak by bola odstránená chyba zovšeobecnenia reliéfu, a ak by vedel numerický predpovedný model predpokladať prítomnosť konvekcie.

- [6] DVOŘÁK, P. 2017. Letecká meteorologie. Svět křídél, 2017. ISBN 978-80-7573-014-5
- [7] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.
- [8] KAZDA, A., CAVES, R.E. 2007. Airport Design and Operation. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6.
- [9] KAZDA, A. 1995. Letiská design a prevádzka. Žilina: Edičné stredisko VŠDS 1995. 377 s. ISBN 80-7100-240-2
- [10] LAZAR, T., NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & BRÉDA, R. 2015. Regression in personal air transport of passengers evolution at selected airport time series method. [Regresija u osobnom zračnom prijevozu putnika-razvoj metode vremenskih serija u odabranoj zračnoj luci] Naše More 62, pages 228-232. doi:10.17818/NM/2015/SI26

Matej Pajdlhauser – narodený dňa 31.01.1998 v Bratislave absolvoval v roku 2017 Gymnázium Alberta Einsteina v Bratislave. V roku 2017 bol prijatý na Katedru leteckej dopravy na Žilinskej univerzite v Žiline. V mesiacoch jún – august v roku 2019 pracoval na dohodu v spoločnosti Austrian Airlines Technik Bratislava s.r.o. na pozícií nekvalifikovaného technika leteckej údržby.

REFERENCIE

- [1] Príklad správy METAR [online] Dostupné na internete: <http://www.shmu.sk/File/letecka/metar/metar.pdf> s.10 (citované 2020-01-14)
- [2] JAROŠOVÁ, M. 2019. Cold front and its influence on weather at airports in western Slovakia. In AEROjournal [online]. 2019 [cit. 2020-02-19]. Dostupné na internete: https://drepo.uniza.sk/bitstream/handle/hdluniza/41/05_AEROjournal-2019_02-pages-25-26.pdf?sequence=4&isAllowed=y ISSN 1338-8215
- [3] NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2018. The regional airports problems in the Slovak Republic, 19th International Scientific Conference – LOGI 2018 [electronic] (citované 2020-04-27)
- [4] CAE OXFORD AVIATION ACADEMY. 2016. Meteorology. Oxford: CAE OXFORD AVIATION ACADEMY, 2016. ISBN 9781906202729
- [5] ZVEREV, S. A. 1977. Synoptická meteorológia. Leningrad: ALFA, 1977.

NÁVRH MATERIÁLNEJ ČASTI V SÚLADE S LETOVOU PRÍRUČKOU A MANUÁLOM NA ÚDRŽBU LIETADIEL Z-242L

APPLICATION OF THE MATERIAL PART CONFORMABLE WITH AIRPLANE FLIGHT MANUAL AND MAINTENANCE MANUAL OF THE Z-242L

Daniel Pancurák

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

Tomáš Bracíník

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
bracinik@lvvc.uniza.sk

Abstract – Due to modernization of aircraft fleet of Letecko vzdelávacie centrum with new planes Zlin Z-242L manufactured by Zlin Aircraft it was necessary to create new study materials for students which will be in practical flight training. These materials are necessary for theoretical preparation before student's first flight on this type of aircraft. Since original materials supplied by manufacturer are extensive and contain information mainly for technicians and maintenance, it was necessary to create new materials, which would contain information which are most important for pilot. These materials contain most important information about structure of aircraft, systems, performance, and equipment with which is aircraft equipped. This aircraft is modernized version of its predecessor Zlin Z-142. This modernization was necessary due to new regulations and implementations in flight training and due to age of older aircrafts.

Key words – Zlin, material part, description of systems, avionics.

I. ÚVOD

Cieľom tohto článku je vytvoriť vhodný študijný – výukový materiál. Tento materiál bude slúžiť na základnú teoretickú prípravu žiakov – pilotov v odbore profesionálny pilot. Vzhľadom na zásadné rozdiely medzi starším typom Z-142 je potrebné vytvoriť nový materiál pre teoretickú prípravu. Tieto rozdiely, zmeny a inovácie sa týkajú najmä pohonnej jednotky, avioniky a rozmiestnenia systémov.

II. ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O Z-242L

Letún Zlin Z-242L je dvojmiestny, dolnokrídly, samonosný jednoplošník celokovovej konštrukcie so sedadlami usporiadanými vedľa seba a pevným trojkolesovým podvozkom s riaditeľnou prednou podvozkovou nohou. Je vybavený piestovým, štvortaktným štvorvalcovým plochým,

vzduchom chladeným motorom typu Textron Lycoming AEIO-360-A1B6. Kabína je vybavená navigačným systémom Garmin G500 TXI a navigačným rádiom Garmin GTN 650.



Obrázok 36: Letún Zlin Z-242L

ZÁKLADNÉ TECHNICKÉ ÚDAJE

Tabuľka 23: základné technické údaje letúna Zlin Z-242L

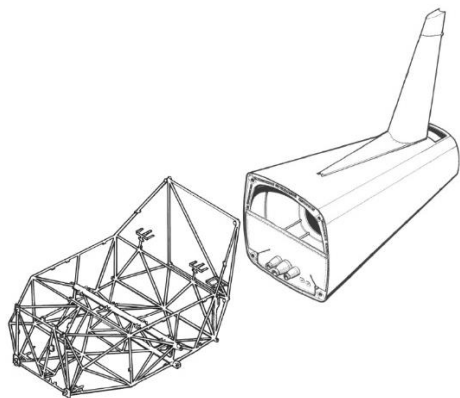
Dĺžka		6,940 m / 22,77 ft
Výška		2,950 m / 9,68 ft
Rozpätie krídel		9,340 m / 30,64 ft
Pohonná jednotka		Textron Lycoming AEIO-360-A1B6
Vrtuľa		MTV-9-B-C/C 188-18a
Palivové nádrže	Hlavné	2x60 l / 2x16 US gal.
	Prídavné	2x55 l / 2x14,5 US gal.
Maximálna vzletová hmotnosť pre kategóriu Utility		1020 kg / 2249,4 lb

Maximálna neprekročiteľná rýchlosť letu	V _{NE}	319 km/h / 172 knots
---	-----------------	----------------------

III. SYSTÉMY A SÚSTAVY LETÚNA

KONŠTRUKCIA TRUPU

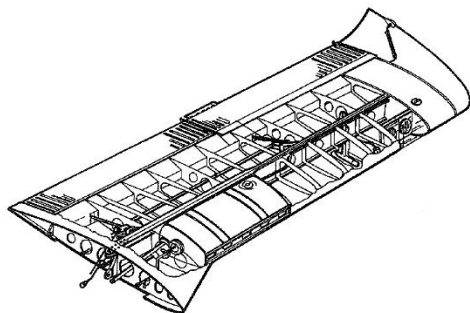
Trup letúna je zmiešanej konštrukcie. Stredná nosná časť trupu je priehradovej konštrukcie, je zváraná z oceľových trubiek a je krytá karosériou z kompozitného materiálu. Zadná časť trupu je pološkrupinovej konštrukcie a s prednou časťou trupu je spojená štyrmi svorníkmi.



Obrázok 37: Konštrukcia trupu

KONŠTRUKCIA KRÍDEL A CHVOSTOVÝCH PLÔCH

Krídla sú obdĺžnikového tvaru, sú celokovové s jedným hlavným a jedným pomocným nosníkom, lisovanými rebrami a nosným poťahom. S centroplánom sú spojené pomocou dvoch kuželových rozperených čapov na hlavnom nosníku. Súčasťou krídel sú štrbinové klapky a krídelká, ktoré sú konštrukčne zhodné s výnimkou závesov.



Obrázok 38: Konštrukcia krídla

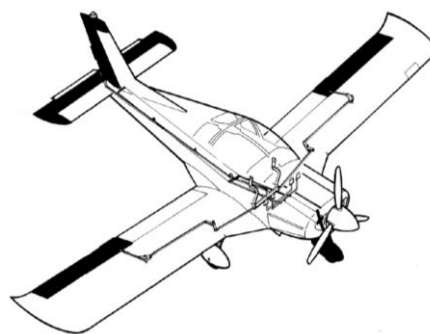
Chvostové plochy sú samonosné, celokovové a sú potiahnuté duralovým plechom. Kormidlá sú čiastočne hmotovo a aerodynamicky vyvážené. Výškové kormidlo má jednu odľahčovaciu a jednu ovládateľnú vyvažovaciu plôšku. Smerové kormidlo má pevnú vyvažovaciu plôšku.

SYSTÉMY RIADENIA

Letún je vybavený zdvojeným riadením. Systém zahŕňa ovládanie výškového kormidla a krídelok, smerového

kormidla a čelového podvozku, ovládanie vztlakových klapiek a ovládania vyvažovacej plôšky výškového kormidla. Ručné riadenie je pákové, nožné riadenie je pedálové. Ovládanie krídeliek a výškového kormidla je priame tiaholové, smerové kormidlo je ovládané lanami. Ovládanie vztlakových klapiek je mechanické. Riadenie predného kola je spriahnuté s riadením smerového kormidla. Brzdenie lietadla zabezpečujú brzdy hlavného podvozku, ovládané samostatne prostredníctvom pedálov ktoré sú súčasťou smerového riadenia.

Ručné riadenie slúži na ovládanie výškového kormidla a krídeliek nezávisle z každého sedadla. Riadiaca páka sa nachádza pred každým pilotným sedadlom. Prevod medzi riadiacou pákou a kormidlami je priamy pomocou tuhých tiahel.

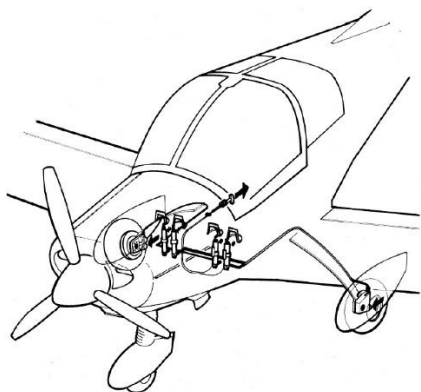


Obrázok 39: Prvky ručného a nožného riadenia

SYSTÉM PRISTÁVACIEHO ZARIADENIA

Pristávacie zariadenie je trojkolesové, nezaťahovateľné, tvorené hlavným a čelovým podvozkom. Kolesá hlavného podvozku sú brzdené a noha čelového podvozku umožňuje smerové riadenie lietadla pri pohybe na zemi. Hlavný podvozok tvoria oceľové pružiny, uchytené na nosníku centroplánu

Kolesá hlavného podvozku sú brzdené kotúčovými brzdami, ovládanými samostatne pomocou hydraulického rozvodu s mechanizmom pre automatické vymedzovanie vôle. Ovládanie brzd je možné z každého sedadla prostredníctvom pedálov, ktoré sú súčasťou pedálov smerového riadenia. Pre krátkodobé státie je možné kolesá hlavného podvozku zabrzdiť pomocou parkovacej brzdy. Parkovaciu brzdu je možné použiť len z ľavého sedadla po predchádzajúcom zošliapnutí brzdových pedálov.

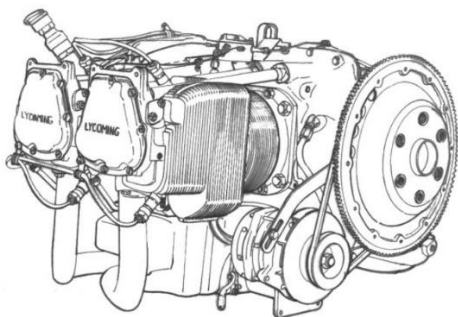


Obrázok 40: Brzdový systém hlavného podvozku

POHONNÁ JEDNOTKA

Letún je vybavený piestovým, štvortaktným, štvorvalcovým plochým, vzduchom chladeným motorom typu Textron Lycoming AEIO-360-A1B6. Je to pravotočivý motor s maximálnym výkonom 200 konských síl a maximálnymi trvalými otáčkami 2700 ot/min.

Na ovládanie motora slúži tiahlo prípuste a tiahlo korekcie. Obe tieto tiahla sú umiestnené na stredovom paneli. Tiahlo prípuste ovláda škrtiacu klapku, ktorá sa nachádza v sacom potrubí. Tiahlo je možné aretovať v ľubovoľnej polohe pomocou aretačnej matice, ktorá je súčasťou zostavy tiahla. Tiahlo korekcie ovláda bohatosť zmesi v systéme vstrekovania. Najbohatšia zmes je dodávaná motoru keď je tiahlo korekcie na doraz zatlačené.

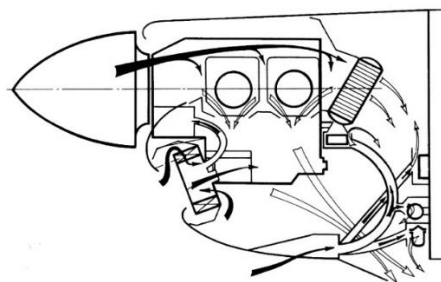


Obrázok 41: Nákres motora Textron Lycoming AEIO-360-A1B6

Výfukové plyny sú odvádzané od valcov žiaruvzdorným potrubím do tlmičov výfuku, na ktorých sú umiestnené výmenníky tepla. Vo výmenníku tepla dochádza ku ohrevu vzduchu, ktorý sa odvádzá hadicami do regulačnej komory a do kabíny lietadla. Z tlmiča výfuku sú výfukové plyny odvádzané pod letún do voľnej atmosféry.

Vzduch z vonkajšieho prostredia je otvorní v prednej časti motorových krytov vedený cez deflektory ku valcom motora, chladiču oleja a agregátom. Rebrowanie valcov je navrhnuté tak, aby zvyšovalo chladiaci účinok obtekajúceho vzduchu. Zo spodnej časti motorového krytu je chladiaci vzduch privádzaný ku palivovému čerpadlu na motore, regulátoru napätia, elektrickému palivovému čerpadlu na motore, regulátoru napätia, elektrickému palivovému

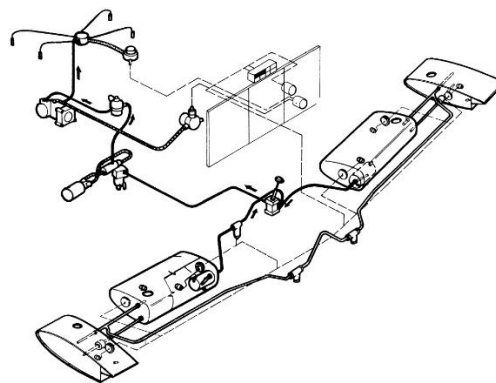
čerpadlu na požiarnej stene a ku palivovému filteru. Sanie vzduchu do motora je zabezpečené cez otvor v spodnej časti motorových krytov, odkiaľ sa vzduch cez filter sania privádza do motora.



Obrázok 42: Systém sania a chladenia motora

PALIVOVÁ SÚSTAVA

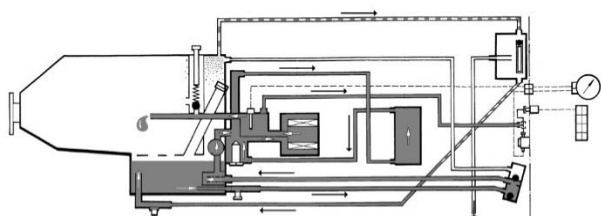
Hlavné a prídavné palivové nádrže sú umiestnené v krídlach. Hlavné nádrže sa nachádzajú v koreňovej oblasti krídel a majú využiteľný obsah 2x60 l. Prídavné palivové nádrže sa nachádzajú v koncovej oblasti krídel, pred koncovými oblúkmi a majú využiteľný obsah 2x55 l. Hlavné a prídavné palivové nádrže sú navzájom prepojené. Ak sú prídavné nádrže naplnené, palivo vždy preteká z prídavnej nádrže do hlavnej. Ak nie sú prídavné palivové nádrže úplne vyčerpané, nie je možné otvárať uzávery hlavných nádrží, pretože by došlo ku vytekaniu paliva cez uzávery hlavných nádrží. V hlavných palivových nádržiach sú umiestnené akrobatické komory s objemom 2x2 l, ktoré zabezpečujú spoľahlivý privod paliva do motora v akrobatickom režime letu.



Obrázok 43: Schéma palivovej sústavy

OLEJOVÁ SÚSTAVA

Olejová sústava zabezpečuje mazanie jednotlivých častí motora. Funkciu olejovej nádrže plní olejová vaňa umiestnená v spodnej časti bloku motora s ktorým tvorí jeden kompaktný celok. Dopĺňanie oleja sa vykonáva cez plniace hrdlo umiestnené na pravej strane motora, uzatvárané otočným uzáverom. Súčasťou uzáveru je mierka, umožňujúca kontrolu množstva oleja v motore.



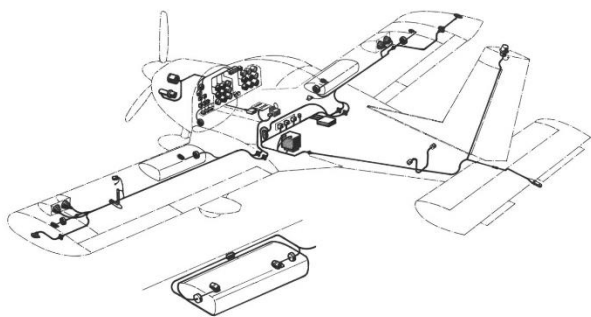
Obrázok 44: Schéma olejovej sústavy

VRTUĽA LETÚNA

Vrtuľa MTV-9-B-C/C-188-18 je trojlistá a je hydraulicky nastaviteľná. Nastavovanie listov zaisťuje regulátor, ktorý udržuje nastavené otáčky vrtule nezávisle na rýchlosti letúna a výkone motora. Nastavenie požadovaných otáčok sa vykonáva ovládačom umiestneným na strednom paneli prístrojovej dosky. Rozsah prestavenia obmedzujú mechanické dorazy minimálneho a maximálneho uhla nábehu vrtuľových listov.

ELEKTRICKÁ SÚSTAVA

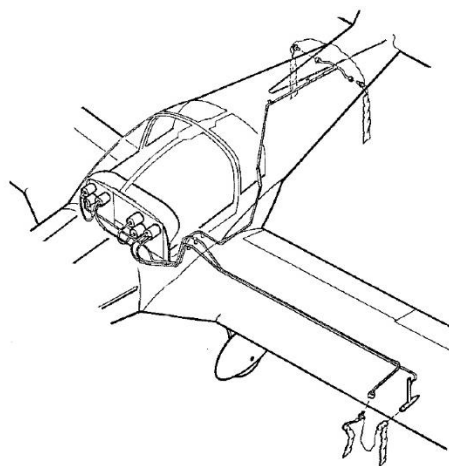
Elektrická sústava letúna je jednovodičová, kde je záporný pól zdrojov energie spojený s kovovou kostrou letúna a kladný pól je prostredníctvom hlavnej zbernice rozvádzaný do jednotlivých okruhov palubnej siete. Hlavným zdrojom elektrickej energie je motorom poháňaný alternátor s napätím 28 V, schopný zásobovať palubnú sieť prúdom 60 A. Pomocným zdrojom elektrickej energie je akumulátorová batéria, umiestnená v batériovom priestore v trupe. Pre spúšťanie motora sa odporúča používať vonkajší zdroj jednosmerného prúdu, ktorý sa pripojí do zásuvky umiestnenej na ľavej strane trupu. Jednotlivé okruhy palubnej siete sa ku hlavnej zbernici pripájajú cez príslušné úsekové spínače, ktoré zároveň plnia aj funkciu ističov. Súčasné odpojenie všetkých okruhov palubnej siete od zdrojov napätia zabezpečuje hlavný vypínač, ktorý tiež plní funkciu ističa. Po vypnutí hlavného vypínača zostáva ku zdroju napájania pripojené len osvetlenie kabíny. Ako samostatné istiace prvky sú použité tavné poistky alebo ističe, umiestnené na paneli pod prístrojovou doskou. Každý istiaci prvok je označený štítkom s vyznačením spotrebiča, ktorý je daným prvkom istený. Na odvedenie statickej elektriny z povrchu lietadla do okolitého prostredia slúžia odvádzače statickej elektriny, umiestnené na vonkajšej strane oboch krídeliek.



Obrázok 45: Rozmiestnenie prvkov elektrickej sústavy

PITOT – STATICKÁ SÚSTAVA

Pitot – statická sústava získava celkový tlak z Pitotovej trubice umiestnenej na spodnej strane ľavého krídla. Statický tlak sa získava z dvoch snímačov statického tlaku umiestnených na ľavej a pravej strane zadnej časti trupu. Celkový a statický tlak z uvedených snímačov je hadicami vedený do Air Data Computera, kde slúži na vyhodnotenie základných parametrov letu. Tento počítač taktiež poskytuje informáciu o pádovej rýchlosti tak, že pri kritickej rýchlosti aktivuje výstražný zvukový signál. Tlak snímaný pre túto signalizáciu sa odoberá zo sondy umiestnenej na spodnej strane ľavého krídla pri nábežnej hrane.



Obrázok 46: Pitot - statická sústava

NÚDZOVÉ VYBAVENIE

Letún je vybavený núdzovým odhadzovaním krytu kabíny, hasiacim prístrojom umiestneným v kabíne, núdzovým vysielacom polohy ELT, lekárničkou na poskytnutie prvej pomoci a kladivkom na rozbitie krytu kabíny.

IV. VYBAVENIE A AVIONIKA

Letún je vybavený navigačným systémom Garmin G500 TXi. Tento systém pozostáva z primárneho letového displeja (PFD) a multifunkčného displeja (MFD) umiestneného v duálnej zobrazovacej jednotke Garmin GDU 700P, Air Data Computera (ADC) a referenčného systému sledovania polohy a smeru. Systém G500 TXi je spojený s ďalšími systémami nainštalovanými v lietadle, GPS prijímačom a navigačným rádiom VHF Garmin GTN 650.

Navigačný systém Garmin GTN 650 obsahuje anténu VHF rádia, prijímač všesmerového majáku VOR/Localizer a zostupovej roviny. Túto navigačnú jednotku je možné ovládať pomocou dotykových gest priamo na obrazovke navigačnej jednotky alebo pomocou otočných gombíkov.



Obrázok 47: Navigačný systém Garmin G500 TXi
zabudovaný v prístrojovej doske

V. LISTY POVINNÝCH ÚKONOV

Vzhľadom na rozdiely medzi starším typom Z-124 bolo potrebné vypracovať aj listy povinných úkonov pre tento letún. Aktuálna verzia týchto listov je zatiaľ v pracovnej verzii, ktorú bude Letecké výcvikové a vzdelávacie centrum vylepšovať a aktualizovať o potrebné zdroje.

VI. ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo vytvoriť materiál vhodný na prvotné oboznámenie sa z lietadlom, jeho sústavami a systémami. Vzhľadom na to boli vybrané tie najdôležitejšie informácie z manuálov a príručiek. Tieto materiály boli vytvorené taktiež preto, aby nemusel žiak - pilot tieto informácie hľadať v príručkách a manuáloch, ktoré obsahujú rozsiahle informácie, ktoré sú často určené pre mechanikov a technikov letúna.

REFERENCIE

- [1] Nariadenie Komisie (EÚ) č. 1178/2011 z 3. novembra 2011, FCL.725. písmeno b)
- [2] Operator's Manual Lycoming AEIO-320, AEIO-360, AEIO-540 Series, June 2007
- [3] MT-Propeller ATA 61-01-24 Operation and installation manual, Hydraulically controlled variable pitch propeller, October 18th, 2019
- [4] Garmin G500(H)/G600/G700 TXi Pilot's Guide, 2018
- [5] Zlin Aircraft a.s. Z 242 L Airplane flight manual, April 15, 2003
- [6] Zlin Aircraft a.s. Z 242 L Maintenance manual vol. I., Jan 10, 2010
- [7] Zlin Aircraft a.s. Z 242 L Katalog náhradných dielů, September 2009
- [8] Zlin Aircraft a.s. Z 242 L Album rozměrů, tolerancí a vůlí, 1996
- [9] BUGAJ, M. 2015. Aeromechanika 1: základy aerodynamiky. Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.

- [10] BUGAJ, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [11] 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.
- [12] NOVÁK, A., ŠKULTÉTY, F., KANDERA, B. & LUSIAK, T. 2018. Measuring and Testing Area Navigation Procedures with GNSS. MATEC Web of Conferences 236,01004.
- [13] NOVÁK, A., HAVEL, K., & JANOVEC, M. 2017. Measuring and testing the instrument landing system at the airport zilina. Transportation Research Procedia 28, pages 117-126. doi:10.1016/j.trpro.2017.12.176
- [14] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & ŠVECOVÁ, D. 2018. The Regional Airports' Problems in the Slovak Republic: The Case Study of Zilina Airport. MATEC Web of Conferences236, 02001

Daniel Pancurák –narodený v Košiciach absolvoval v roku 2017 Strednú Priemyselnú školu Komenského 2 v Košiciach, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline študijný program profesionálny pilot.

TVORBA MODELU REFERENČNÉHO LETISKA PRE GENERÁTOR OBRAZU LETOVÉHO SIMULÁTORA

CREATING A REFERENCE AIRPORT MODEL FOR FLIGHT SIMULATOR IMAGE GENERATOR

Jozef Poláček

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
Jozefpolacek1311@gmail.com

Filip Škultéty

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

Abstract – This paper describes the fundamentals of creating reference airport scenery for the X-Plane flight simulator. The work contains other acquired knowledge that is necessary or useful in the process of creating a scenery for a flight simulator image generator. The introductory part of the work focuses on the history, development and importance of flight simulators and image generators, it points out the importance of their constant development and quality improvement. The theoretical part of the work is mainly focused on defining the basic file types, their description and information about the usage of the rendering pipeline. In the practical part, the work focuses on Bratislava and Piešťany airport scenery development for the X-Plane flight simulator and on the subsequent possibility of using these sceneries for image generator of the L-410 UVP-E20 flight simulator, which is currently operated by the University of Žilina.

Key words – flight simulator, image generator, airport, scenery, rendering.

I. ÚVOD

Aj keď sa prvé letové simulátory objavili len krátko po vzniku prvých letúnov, ich využitie bolo spočiatku veľmi obmedzené, zvyčajne len na overenie fyzických schopností a koordinácie pohybov nových pilotov. Neskôr vznikli simulátory schopné simulovať let podľa prístrojov. Avšak až po implementácii prvých generátorov obrazu bolo možné relatívne presne simulovať všetky fázy letu a núdzové postupy. Postupné zvyšovanie kvality generátorov obrazu umožnilo jednoduchšie prenášanie vedomostí a skúseností zo simulátora do skutočného lietadla a naopak. Zvyšovanie počtu a kvality objektov napomohlo k zlepšeniu vnímania výšky a rýchlosti, presnejšie a komplexnejšie scenérie letísk, ale aj okolia, vrátane foto-realistických textúr a presne rozmiestnených objektov umožňujú nácvik zrovnávacej navigácie alebo oboznámenie sa s neznámym

prostredím resp. letiskom, či už v certifikovanom výcvikovom zariadení na simuláciu letu (FSTD) alebo domácim simulátore.

Táto práca popisuje jednotlivé časti, s ktorých sa skladá scenéria letového simulátora, ale aj základy trojrozmernej počítačovej grafiky. Pri tvorbe scenérie je dôležité mať nielen poznatky o tom ako používať nástroje na ich tvorbu, ale aj ako bude simulátor s našimi údajmi pracovať. Toto nám umožní vytvoriť scenériu, ktorá čo najlepšie využije grafické schopnosti simulátora a zároveň nebude mať vysoký vplyv na výkon simulátora.

Pôvodne mala byť výsledkom práce kompletná scenéria letiska Piešťany pre letový simulátor L-410 UVP E20 Žilinskej univerzity v Žiline, ale z dôvodu karanténnych opatrení nebolo možné pokračovať v praktickej časti. Bakalárska práca bude teda zameraná hlavne na simulátor X-Plane s cieľom popísať tvorbu scenérie pre tento simulátor. Jedným z dôvodov pre výber tohto simulátora je, že dáta zo scenérie tohto simulátora sú využívané aj v iných letových simulátoroch a rôznych databázach. Po úprave takto vytvoreného modelu letiska v softvéri Trian3D Builder a Presagis Creator bude možná implementácia priamo do generátora obrazu letového simulátora L-410 UVP-E20.

II. VÝVOJ LETECKÝCH SIMULÁTOROV

Počiatky lietania boli veľmi nebezpečné a dochádzalo k veľkému množstvu nehôd, zväčša zapríčinených neskúsenosťou pilotov kombinovanou s často nie veľmi intuitívnym riadením lietadiel z počiatku dvadsiateho storočia. Výsledkom snahy znížiť počet týchto nehôd boli vytvorené prvé letové simulátory. Najskôr sa na tréning využívali len jednoduché simulátory, ktoré väčšinou pracovali na princípe lietadla upevneného o zem vo vetre. Veľkým pokrokom vo vývoji simulátorov bol Model A Link trainer. Tento simulátor pôvodne vznikol v roku 1930, spočiatku však oň neprejavili letecké školy veľký záujem a bol zväčša predávaný len zábavným parkom.



Obrázok 48: Link trainer [Zdroj: Wikimedia Commons/Belgade Aviation Museum Photo Archive]

Význam simulátorov bohužiaľ ukázali až tragické udalosti v roku 1934, kedy za 78 dní armádny letecký zbor USA stratil 12 pilotov v 66-tich nehodách. Armádny letecký zbor USA bol povelý dopravovať leteckú poštu a to aj počas noci alebo za nepriaznivého počasia. Po týchto udalostiach bolo jasné, že pre túto úlohu neboli lietadlá armádneho leteckého zboru USA dostatočne vybavené ale taktiež, že bude potrebné pilotov pre let v noci a zlých poveternostných podmienkach lepšie vycvičiť. Jedným z dôležitých nástrojov na takýto výcvik sa stal aj letový simulátor. Počas druhej svetovej vojny bol Link Trainer využitý na výcvik viac než 600000 spojeneckých pilotov.

Technologické pokroky dosiahnuté počas druhej svetovej vojny zapríčinili aj vznik elektronických analógových počítačov, ktoré umožnili simuláciu pokročilejších a komplexnejších systémov lietadiel päťdesiatych rokov. Výpočtová kapacita týchto analógových počítačov taktiež po prvý krát umožnila využitie výpočtov na skutočnú simuláciu fyzikálnych síl, ktorá začala postupne dopĺňať a nahrádzať čisto empirickú duplikáciu síl pôsobiacich na lietadlo. Toto umožnilo vznik simulátorov, ktoré simulovali všetky pozície. Prvým takýmto simulátorom, ktorý vlastnila a operovala letecká spoločnosť sa stal simulátor od spoločnosti Curtiss-Wright Corporation. Bol to simulátor Lietadla Boeing 377 Stratocruiser, ktorý bol postavený za účelom výcviku posádok leteckej spoločnosti Pan American Airways.

Doposiaľ spomenuté simulátory boli z dôvodov technických limitácií zamerané na let podľa prístrojov. Na prelome päťdesiatych a šesťdesiatych rokov začala snaha o vytvorenie generátora obrazu, ktorý by umožnil zvýšenie kvality a rozsahu možného tréningu na leteckom simulátore. Jedným z relatívne jednoduchých riešení bolo využitie uzavretého televízneho okruhu. Tento systém využíval relatívny pohyb medzi kamerou a fyzickým modelom krajiny na vytvorenie obrazu, ktorý bol premietaný pred kabínu leteckého simulátora. Neskôr sa do popredia začínali dostávať aj prvé generátory obrazov, ktoré využívajú počítačom generovaný obraz. Tieto systémy využívali vektorové displeje, druh CRT displeja. Obraz bol tvorený vektormi, po ktorých trase bol odrážaný laser. Tieto vektory vytvárali realistický obraz navádzacích svetiel a svetiel na pristávacej dráhe. Tento systém však nebol vhodný na generovanie iného ako nočného obrazu. Hlavnou výhodou prvých CGI generátorov obrazu oproti systémom využívajúcich uzavretý televízny okruh boli ich nízke prvotné ale aj operačné náklady. Rýchly vývoj a nárast výkonu digitálnych počítačov znamenal aj konštantné zvyšovanie kvality generátorov obrazu. V osemdesiatych rokoch už väčšina simulátorov používala technológie, ktoré sa dajú považovať sa

priamych predchodcov súčasných generátorov obrazu. Tieto pokročilejšie simulátory umožnili hlbšiu integráciu leteckých simulátorov do výcvikových programov. To umožnilo zvýšenie nielen kvality výcviku, ale aj zníženie finančných nákladov. [29] [30] [31] [32] [33]

III. VYKRESŔOVACÍ REŤAZEC

Cieľom vykresľovacieho reťazca je transformovanie trojrozmernej scény na dvojrozmerný obraz založený na polohe a vlastnostiach virtuálnej kamery, ktorý je možné vykresliť na displej.

Prvou časťou spracovania geometrie je input assembly-skladanie vstupov. Úlohou tejto časti je čítať vstupné dáta a vytvárať z nich body, čiary a trojuholníky. Trojuholník je zafinovaný pomocou troch vertexov. Výstupné dáta z input assembly sú ďalej spracovávané vertex shaderom. Hlavnou úlohou vertex shaderu je vykonávať transformačné operácie na jednotlivých vertexoch. Vertex shader pomocou týchto transformačných operácií pripraví scénu rozmiestnením jednotlivých objektov. Ďalším krokom je transformácia kamery. Kamera sa skladá z dvoch bodov a vektoru. Po transformácii kamery nasleduje transformácia projekcie. V tomto kroku sa vytvorí zrezaný kužeľ – view frustum, ktorý bude predstavovať naše zorné pole. Po zafinovaní view frustumu je možné odstrániť všetky vertexy, ktoré sa v ňom nenachádzajú. Tento proces sa nazýva frustum culling a zvyšuje efektivitu vykresľovacieho reťazca tým, že vertexy nachádzajúce sa mimo zorného poľa sa ďalej nespracovávajú. Podobným procesom je back-face culling, čo je proces, ktorý zabraňuje vykresľovaniu zadnej strany polygónov.

Jedným zo spôsobov na premenenie trojrozmernej scény na dvojrozmerný obraz je rasterizácia. Existujú alternatívne spôsoby na splnenie tejto úlohy, ako napríklad ray-tracing. Obzvlášť pre využitie v generátoroch obrazu pre letecké simulátory v súčasnosti tieto spôsoby nie sú praktické, z tohto dôvodu sa budem v mojej práci venovať len rasterizácii. Prvým krokom rasterizácie je vypočítanie súradníc vertexov v dvojrozmernom priestore nazývanom window space. Každá časť trojrozmernej scény je rozdelená na fragmenty, ktoré majú parametre ako napríklad svoju pozíciu v dvojrozmernom priestore window space, hĺbku – vzdialenosť od kamery, farbu a súradnice na UV mape textúry. Tieto fragmenty sa dajú považovať za kandidátov na pixely, ktoré budú vykreslené na obrazovke. V kroku fragment shader sú zafinované vlastnosti jednotlivých fragmentov akými sú napríklad farba, ktorá je načítaná z pixelu so špecifickými súradnicami textúry na špecifický fragment alebo či na fragmente vznikajú odrazy. Ďalším dôležitým krokom procesu rasterizácie je depth-test/z-test. V tomto teste sa určuje či je fragment viditeľný alebo je zakrytý iným fragmentom. Počas tohto testu sa využíva z-buffer, je to podstate tabuľka, ktorá pre každú súradnicu obrazu zapisuje vzdialenosť fragmentu od kamery. Pokiaľ má nový fragment s rovnakými súradnicami ako predchádzajúci nižšiu hodnotu vzdialenosti od kamery, je táto hodnota nahradená novou, nižšou hodnotou. V prípade priehľadných fragmentov sa využíva krok s názvom blending. Tento krok vypočíta farbu fragmentu na základe vlastností priehľadných fragmentov s rovnakými súradnicami. Výsledkom procesu rasterizácie je frame/colour

buffer. V ňom sú uložené hodnoty výsledných farieb pixelov pre súradnice x, y. [34] [35] [36] [37]

IV. SYSTÉM SCENÉRIE SIMULÁTORA X-PLANE

Základom scenérie sú súbory DSF – Distribution Scenery Format. Jeden súbor DSF popisuje časť Zeme o rozmeroch 1x1 stupňa zemepisnej šírky a dĺžky. Súbor DSF je v podstate trojrozmerný model sekcie Zeme zostavený z textúrovaných trojuholníkov a iných polygónov s príslušnými fyzikálnymi vlastnosťami. Avšak na zníženie veľkosti DSF súborov nie je celá zem zadefinovaná pomocou trojuholníkov. Namiesto toho DSF poskytuje typy blokov, z ktorých sú modely vytvorené. Mesh blok obsahuje geometriu terénu. Blok objektov definuje pozíciu a rotáciu objektov umiestnených v DSF a bloky polygónov a vektorov definujú rozloženie častí scenérie spadajúcich do týchto kategórií. Rovnaké územie zeme môže byť zadefinované viacerými DSF súbormi, pričom každý súbor bude definovať rôzne komponenty scenérie.

Súbory airport data definujú základné letiskové dáta. Medzi tieto dáta patrí zadefinovanie tvaru spevnených plôch, dáta o komunikačných frekvenciách, rolovacie dráhy a objekty špecifické pre letiská ako napríklad PAPI svetlá alebo veterné rukávy.

Na objekty a iné komponenty scenérie sa môže odkazovať priamo alebo pomocou knižníc. Knižnice sú textové súbory, ktoré obsahujú zoznam komponentov scenérie a umožňujú jednoduché využitie rovnakého komponentu vo viacerých scenériách alebo randomizáciu umiestneného komponentu.

Jedným z hlavných komponentov scenérie sú objekty vo formáte OBJ8. Exportovať model vo formáte OBJ8 je možné z viacerých 3D grafických programov. Väčšina vývojárov tretej strany ale aj vývojári z Laminar Research vsúčasnosti používajú bezplatný a open source Blender. Na export sa používa plugin XPlane2Blender. Tento skript umožňuje jednoduché zadefinovanie príkazov a vlastností objektu cez grafické užívateľské rozhranie. Pre jednoduché objekty bez animácií je pre zvýšenie výkonu podporované inšancovanie. Inšancovanie znamená, že X-Plane vykreslí viac ako jeden objekt za pomoci jednej inštrukcie pre GPU.

Textúry môžu byť vo formátoch PNG a DDS. Od verzie 11.50 bude simulator vždy preferovať DDS. Formát DDS umožňuje omnoho efektívnejšie využitie pamäte a mal by byť využitý na všetky textúry. Výnimkou sú normal mapy, kde by stratová kompresia spôsobovala artefakty. Rozmery textúr musia byť mocninami čísla dva. Pokiaľ sa nejedná o súbor polygon overlay textúra nemusí byť štvorec, takže rozmery môžu byť napríklad aj 1024x2048. Okrem albedo a normal máp existujú takzvané LIT textúry. Tie sú určené na vytvorenie efektu vyžarovania svetla v prípadoch, kedy nechceme aby objekt vyžaroval spill light, teda aby neosvetľoval okolitú scenériu.



Obrázok 49: Textúry LIT na kostole Pominovec [Zdroj: Autor]

Normal mapa definuje normálový vektor, ktorý definuje smer odrážania svetla pre každý pixel textúry. Modrý kanál normal mapy je potom využitý na definovanie odrazivosti materiálu a alpha kanál definuje drsnosť povrchu materiálu.

Pomocou fasád je možné vytvoriť veľké množstvo objektov, ktoré svojim tvarom kopírujú rôzne pôdorysy. Tieto fasády môžu byť umiestnené a ich tvar zadefinovaný autorom scenérie pomocou editoru, napríklad WED, alebo môžu byť vytvorené na základe databázy, ktorá obsahuje definície tvaru a polohy budov. Fasády tak umožňujú vytvorenie scenérie, ktorá je relatívne presnou reprezentáciou skutočnosti pre veľmi rozsiahle územia.



Obrázok 50: Budovy tvorené zo súborov typu facade vytvorené algoritmom z dát OSM [Zdroj: Autor]

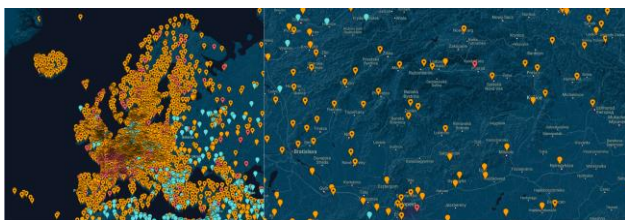
Draped polygon slúži na vytváranie povrchu, ktorým bude prekrytý základný terén. Jeho tvar býva zadefinovaný cez polygón tvorený bézierovými krivkami, v ktorom môžu byť vytvorené diery.

Súbor typu forest slúži hlavne na tvorbu lesov. Je ho možné využiť aj na iné účely ako napríklad vytvorenie trojrozmernej trávy na letisku. Súbor popisuje postup, podľa ktorého budú vygenerované trojrozmerné stromy z textúry. Tvar lesa môže byť zadefinovaný ako polygón, alebo môžu byť stromy umiestnené po čiare definovanej bézierovou krivkou. Prípadne môžu byť umiestnené na každý vertex tejto čiary.

Vector network zvyčajne definuje cesty, železničné trate alebo elektrické vedenie. Po vektore môžu byť umiestnené segmenty cesty alebo objekty. [38] [39]

V. SCENERY GATEWAY

Scenery Gateway je databáza, ktorá vznikla ako metóda pre používateľov simulátora X-Plane na nahranie letísk vytvorených programom WED, ktorých kvalita je potom posudzovaná moderátorom, ktorý rozhodne o ich prijatí a neskoršom vydaní v simulátore X-Plane, alebo o ich zamietnutí.



Obrázok 51: Mapa letísk v Scenery Gateway [Zdroj: <https://x-plane.cleverest.eu/>]

Jedným z problémov tohto systému je konzistencia kvality letísk, ktorá bola riešená postupným sprísňovaním moderácie ale v prípade dôležitejších častí scenérie, ako napríklad pozícia vzletovej a pristávacej dráhy, boli použité aj iné spôsoby riešenia tohto problému. Jednou z chýb, ktorej sa autor môže dopustiť je nesprávne umiestnenie posunutého prahu dráhy a ochrannej plochy proti náporu vzduchu za prúdovým motorom. Toto môže ovplyvniť prístrojové priblíženia, napríklad pri nepresných priblíženiach kde je missed approach point v rovnakom mieste ako prah dráhy bude tento bod v simulátore umiestnený na základe pozície prahu dráhy. Od verzie X-Plane 11.10 sú preto súradnice tohto bodu pre GPS a FMS premiestnené tak, aby boli v súlade s navigačnými dátami. Toto riešenie je však účinné len ak sa jedná o relatívne malú nepresnosť v pozícii vzhľadom na hlavnú os dráhy. Pokiaľ má používateľ aktivované anonymné odosielenie dát a zároveň aktuálne navigačné dáta, bude informácia o tejto chybe zaslaná do analytického serveru Laminar Research a vytvorí sa tak databáza letísk, ktoré potrebujú aktualizáciu.

Aby sa zabránilo takejto chybe vôbec vzniknúť, bola do programu WED pridaná validácia pozície prahu dráhy a posunutého prahu dráhy, pri ktorej je pozícia porovnávaná z CIPF dátami od spoločnosti Jeppesen. Pokiaľ sa prah dráhy nenachádza v správnom mieste WED nedovolí autorovi scenériu nahráť na Scenery Gateway. Pre profesionálnych používateľov, kde je presné umiestnenie dráhy absolútne nevyhnutné, bol pridaný príkaz `accurate_runways`, ktorý dynamicky prepíše scenériu po načítaní priblíženia. Dráha bude premiestnená na jej presné súradnice a taktiež sa prepíše číselné označenie dráhy. Toto riešenie funguje len pre letiská využívajúce štandardné dráhy s procedurálne generovanou textúrou. [38]

VI. TVORBA SCENÉRIE LETISKA

Ako bolo spomenuté v úvode, táto práca mala byť pôvodne zameraná na tvorbu scenérie pre simulátor L-410, ktorý používa ako generátor obrazu Prepar3D. Bolo tiež spomenuté, že jedným z dôvodov na zmenu zamerania na simulátor X-Plane bol aj fakt, že dáta zo scenérie X-Plane majú využitie aj na iné účely mimo simulátora, pre ktorý boli pôvodne určené. Jedným z možných využití týchto dát je ich importovanie do programu Trian3DBuilder, ktorý by bol pôvodne použitý na vytvorenie základnej geometrie letiska. Importovať tieto dáta je možné cez Airport Module. Trian3DBuilder obsahuje databázu letísk X-Plane. Tú je možné nahradiť aktuálnou databázou, alebo je databázu možné manuálne upraviť pridaním vlastných letísk.

VII. ZÁVER

Na začiatku práce je zhrnutá história letových simulátorov a generátorov obrazu. Táto časť poukazuje na ich význam pre výcvik pilotov ako aj význam nových technológií a zvyšovania kvality simulátorov pre tento výcvik.

Hlavným cieľom mojej práce bolo zhrnúť informácie potrebné na tvorbu scenérie pre letový simulátor ale aj priblížiť spôsob, akým simulátor pracuje z jednotlivými časťami scenérie. Pre lepšie pochopenie fungovania je v práci najskôr popísaná všeobecná funkcia vykresľovacieho reťazca. Táto časť popisuje, akým spôsobom bude hardvér počítača spracovávať scenériu simulátoru/generátoru obrazu a oboznámi čitateľa zo základmi trojzmernej počítačovej grafiky. Ďalej je v texte popísané akým spôsobom bude našu scenériu spracovávať samotný simulátor. Tento text je rozdelený na časti popisujúce jednotlivé typy súborov, obsahujúce informácie o ich tvorbe, využití a prípadne zásady pri ich používaní.

Ďalej je popísaný systém *scenery gateway*, dôvod jeho vzniku a možnosti využitia ktoré prináša. Ale aj jeho obmedzenia a riešenia problémov spôsobených týmito obmedzeniami. Počas štúdia som pracoval na scenérii viacerých letísk. Výsledkom tejto práce je aj tvorba scenérie letiska Bratislava pre *scenery gateway*, ktorej postup som v krátkosti popísal. Scenéria tohto letiska, ale aj iných letísk na ktorých som pracoval boli prijaté do databázy *scenery gateway* a stali sa tak súčasťou základnej scenérie simulátoru X-Plane. Tieto scenérie sú taktiež dostupné na webovej stránke *scenery gateway*, kde je ich možné stiahnuť a využiť na iné účely.

Pôvodným zameraním práce bola tvorba scenérie letiska Piešťany, ktorá by bola využitá v letovom simulátore L-410 UVP-E20 Žilinskej univerzity v Žiline. Z dôvodu pandémie COVID-19 a následnej karantény v tejto práci nebolo možné pokračovať. Práca bola z tohto dôvodu zameraná viac na tvorbu scenérie pre simulátor X-Plane. V poslednej časti práce je však popísaný stručný postup, akým môže byť časť scenérie pôvodne určenej pre simulátor X-Plane importovaná do programu Trian3DBuilder a využitá v prostredí Prepar3D. Tento spôsob by mohol byť v budúcnosti využitý na urýchlenie procesu tvorby letísk. Tie by po ich vložení do certifikovaného simulátora a schválení tejto zmeny národným leteckým úradom umožnili rozšíriť možnosti výcviku na tomto letovom simulátore.

REFERENCIE

- [1] Cameron, Rebecca hancock. *Training to Fly - Military Flight Training 1907-1945*. Washington, D.C. : Air Force History and Museums Programs, 1999. 0160501814.
- [2] AHARRAH, R. *Flight simulation, past, present, and future*. San Francisco, CA : s.n., 1965.
- [3] Cambridge University Press. *Flight Simulation*. Cambridge : Cambridge University Press, 1987. 978-0521306492.
- [4] History of Simulation. [Online] [Cited: 12 30, 2019.] <https://www.historyofsimulation.com/>.
- [5] Laaksonen, Jarno. OpenGL rendering pipeline. 2017.

- [6] Wetzstein, Gordon. The Graphics Pipeline and OpenGL I: Transformations. s.l. : Stanford University.
- [7] Learn OpenGL. [Online] [Cited: 1 6, 2020.] <https://learnopengl.com>.
- [8] Teschner, Matthias. Computer Graphics Rasterization. s.l. : Computer Science Department University of Freiburg.
- [9] Image Processing and Computer Graphics: Rendering Pipeline. s.l. : Computer Science Department University of Freiburg.
- [10] Laminar Research. Airports. *Scenery Gateway*. [Online] [Cited: 3 12, 2020.] <https://gateway.x-plane.com/airports/page>.
- [11] Laminar Research. X-Plane Developer Site. *Documentation*. [Online] [Cited: 5 10, 2020.] <https://developer.x-plane.com/docs/>.
- [12] NOVÁK, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [13] KAZDA, A., CAVES, R.E. 2007. Airport Design and Operation. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6.
- [14] KAZDA, A. 1995. Letiská design a prevádzka. Žilina: Edičné stredisko VŠDS 1995. 377 s. ISBN 80-7100-240-2
- [15] LAZAR, T., NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & BRÉDA, R. 2015. Regression in personal air transport of passengers evolution at selected airport time series method. [Regresija u osobnom zračnom prijevozu putnika-razvoj metode vremenskih serija u odabranoj zračnoj luci] Naše More 62, pages 228-232. doi:10.17818/NM/2015/SI26
- [16] 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.
- [17] TOMOVÁ, A., HAVEL, K. 2015. Ekonomika poskytovateľov leteckých navigačných služieb. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2015. - 154 s. ISBN 978-80-554-1153-8.
- [18] 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.

Jozef Poláček – narodený v Čadci, absolvoval v roku 2017 Strednú priemyselnú školu v Kysuckom Novom Meste, odbor Informačné a sieťové technológie, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.

PRÁVNA ÚPRAVA MEDZINÁRODNÉHO CIVILNÉHO LETECTVA

THE LEGISLATION OF INTERNATIONAL CIVIL AVIATION

Alžbeta Pudíková

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
pudikova3@stud.uniza.sk

Alena Novák Sedláčková

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

Abstract – Aviation is one of the most important types of transport and is one of the fastest growing sectors. Most civil flights are predominantly international in nature, which is an important factor in civil aviation legislation. Main aim of work is to analyse the legislation in civil aviation in the field of international aviation law. The work deals with the definition of the airspace as the space above the state land territory, internal and coastal waters, which is part of the state territory. Each state has complete and absolute sovereignty over the airspace above the territory of the state. The division of airspace, which is analysed in the article, is important for air traffic controllers and for providers of air navigation services. The legal norms that regulate the regime of flights over the defined territories of states are known as freedoms of the air. The authors acquaint the reader with the basic terms and definitions from the theory of law for a proper understanding of the international civil aviation law. We also analysed the most important legal aspects in the international civil aviation which are contained in bilateral conventions. At the end is a list of the most important conventions related to aviation law and protection against acts of unlawful interference. The article concludes with the Slovak Aviation Act as the most important national civil aviation law in the Slovak republic country.

Key words – airspace, airspace sovereignty, air freedoms, cabotage, public international law, international conventions, Annex, legal norms in aviation, acts of unlawful interference, Aviation law.

I. ÚVOD

Cieľom tohto článku je všeobecná právna analýza medzinárodného leteckého práva, ktoré patrí k najdynamickejším odvetviám práva. Podstatným krokom k oboznámeniu sa s reguláciami je právna úprava vzdušného priestoru. Zavedením princípu úplnej a výlučnej suverenity štátov nad ich vzdušným priestorom mohlo neskôr dôjsť k ustanoveniu slobôd vzduchu. Pre správny chod leteckej dopravy sa vzdušný priestor rozdelil na

viacero tried a sektorov, ktoré zohrávajú dôležitú úlohu pre poskytovateľov LPS. V dôsledku preťaženia vzdušného priestoru v Európe vznikla iniciatíva Jednotného európskeho neba, ktorej úlohou je vyriešiť nedostatky systému ATM.

Nakoľko regulácia medzinárodného civilného letectva vychádza z teórie medzinárodného práva verejného, pokladáme za dôležité uviesť charakteristiku základných pojmov právnej terminológie. Článok sa zaoberá významnými leteckými dohovormi, ktoré sa na medzinárodných konferenciách sformulovali a neskôr ratifikovali. V histórii leteckého práva bola zlomovým bodom konferencia v Chicagu, kde vznikol najkomplexnejší právny dokument civilného letectva. Úlohou leteckého práva je aj regulácia činov protiprávneho zasahovania a ochrana civilného letectva pred týmito činmi. Záver článku je zameraný na slovenský letecký zákon, v ktorom sa implementujú právne normy z medzinárodného letectva do vnútroštátnej úpravy pre leteckú dopravu v našej krajine.

VZDUŠNÝ PRIESTOR V KONTEXTE MEDZINÁRODNÉHO PRÁVA A AKO SÚČASŤ ÚZEMIA ŠTÁTU A VOJENÉHO MEDZINÁRODNÉHO ÚZEMIA

Vzdušný priestor môžeme definovať ako priestor nachádzajúci sa nad územím štátu, jeho suchozemským územím, vnútornými vodami a pobrežným morom, ktorý je súčasťou jeho územia a podlieha jeho suverenite. Medzinárodné právo charakterizuje vzdušný priestor ako priestor nad územím daného štátu, ktorý je zároveň súčasťou tohto štátu. Územie daného štátu je charakterizované článkom 2 Chicagského dohovoru ako „*pozemné oblasti a k nim priliehajúce pobrežné vody, ktoré stoja pod zvrchovanosťou, suverenitou, ochranou alebo mandátom daného štátu.*“ Pri určovaní hraníc vzdušného priestoru bolo dôležitým krokom najprv určiť hranice kozmického priestoru. Hranice týchto priestorov určilo *medzinárodné právo*, ktoré zaisťuje mierovú existenciu. Hranice vzdušného priestoru sú vymedzené nasledovne: jeho začiatok je pri zemskom povrchu a koniec pri spodnej hranici kozmického priestoru. Právne normy regulujú vzdušný priestor len do značnej miery, tzn. právna úprava nezahŕňa úplne celý nadzemný vzdušný priestor [1] [2].

Právne normy medzinárodného leteckého práva sú postavené na základe troch princípov:

1. princíp: rešpektovanie plnej a výlučnej suverenity štátu nad vzdušným priestorom, ktorý je nad územím štátu,

2. princíp: sloboda lietania v medzinárodnom vzdušnom priestore,
3. princíp: zaistenie bezpečnosti v medzinárodnom civilnom letectve [1].

Letecká doprava pri svojich medzinárodných letoch sa nevyhne preletom nad oblasťami voľného mora, preto prelety nad voľným morom bolo potrebné upraviť v súlade s morským právom. Dohovor OSN o morskom práve z roku 1982 sa zaoberá prielivmi, ktoré sú využívané v medzinárodnej námornej plavbe a je v ňom spomenuté aj právo tranzitného preletu, pričom plavba a prelet musí byť v súlade s princípmi medzinárodného práva. Štát nesmie brániť tranzitnému preletu, ak prelet nie je v rozpore so spomenutým dohovorom. Ostrovy ako Japonsko, Filipíny či Indonézia majú právo na určenie hraníc, vnútrozemské vody, moria a pod. Ak by súostrovne štáty chceli upraviť možnosť preletu ponad ich územie, medzinárodné civilné letectvo by čelilo veľkým problémom. Viedlo by to k nevyužitiu slobody o voľnom mori [1] [3].

Existujú medzinárodné priestory nad voľným morom a Antarktídou, kde neplatí právomoc štátnej suverenity. Medzinárodné právo zaviedlo pre tieto oblasti pojem z rímskeho práva *res communis omnium*, čo znamená, že tieto oblasti sú spoločným dedičstvom ľudstva a nepodliehajú privlastňovaniu nijakému štátu a ani zvrchovanosti. Medzi tieto priestory patrí šíre more, morské dno, kozmický priestor, telesá v kozmickom priestore a Antarktída [1] [2]. 1. decembra 1959 bol navrhnutý Dohovor o Antarktíde, ktorý bol podpísaný v máji 1962. Podľa dohovoru môže byť Antarktída využitá len na mierové účely a všetky lietadlá na základniach musia byť kedykoľvek prístupné na inšpekciu. Antarktický vzdušný priestor je slobodný pre civilné letectvo, pričom sa musia zachovávať štandardy odporúčané ICAO [5].

29. apríla 1958 bol uzatvorený Dohovor o šírom mori v Ženeve, ktorý rieši otázku šíreho mora, vysvetľuje slobody štátov na pobreží a vo vnútrozemí, kde aj vnútrozemské štáty majú právo voľného prístupu k moru, opisuje prípad zrážky či nehody, rieši pirátstvo a pod. Dohovor definuje aj pojem voľného mora, ktorý je zaužívaný v oblasti medzinárodného práva. Okrem Dohovoru o šírom mori je „voľné more“ právne zakotvené v Chicagskom dohovore o medzinárodnom civilnom letectve [1].

Článkom 12 Chicagského dohovoru je stanovené dodržiavanie pravidiel na otvorenom mori, ktoré sú popísané v prílohe – *Annexe 2* (Pravidlá lietania). Zmluvné štáty sa zaväzujú stíhaním osôb, ktoré porušia všetky platné predpisy. Každý zmluvný štát je povinný rešpektovať a dodržiavať stanovené pravidlá a je zodpovedný za kontrolu a dohľad nad územím voľného mora [4].

ROZDELENIE VZDUŠNÉHO PRIESTORU

Definícia a hranice vzdušného priestoru sú dôležitým prvkom pre poskytovateľov LPS. Vykonávanie letov lietadiel podľa pravidiel lietania vo vzdušnom priestore SR upravuje letecký zákon. Všetky lety sa vykonávajú podľa pravidiel lietania, ktoré sú vydané pre jednotlivé časti vzdušného priestoru SR [6].

Existuje vertikálne a horizontálne členenie vzdušného priestoru. Vo vertikálnom členení vzdušného priestoru sú obsiahnuté klasifikačné triedy a do horizontálneho členenia patria

štruktúry vzdušného priestoru. Z hľadiska riadenia vzdušného priestoru poznáme riadený a neriadený vzdušný priestor. Riadený vzdušný priestor je definovaný ako vzdušný priestor, kde letová činnosť podlieha pravidlám s inštrukciami od ATC. Neriadený vzdušný priestor podlieha len pravidlám bez inštrukcií od ATC [7].

Vzdušný priestor rozdeľujeme aj do 7 klasifikačných tried A - G. Triedy C, D a G sú platné pre vzdušný priestor SR. Rozdelenie vzdušného priestoru môžeme vidieť v Tabuľke 1 [7].

Tabuľka 1: Rozdelenie vzdušného priestoru do tried [Zdroj: autori]

Trieda a let	Rozostup pre	Služba	Obmedzená rýchlosť	Rádiové spojenie
A - IFR	Všetky lietadlá	ATS	Nie	Stále obojsmerné
B - IFR	Všetky lietadlá	ATS	Nie	Stále obojsmerné
B - VFR	Všetky lietadlá	ATS	Nie	Stále obojsmerné
C - IFR	IFR-IFR	ATS	Nie	Stále obojsmerné
C - VFR	IFR-VFR	ATS čiastočne, VFR/VFR informačná služba na vyhnutie sa	Áno	Stále obojsmerné
D - IFR	IFR od IFR	ATS a informácie o VFR	IAS 460 km/h pod 10 000 ft AMSL	Stále obojsmerné
D - VFR	Žiadne lietadlá	Informácie o prevádzke IFR a VFR	IAS 460 km/h pod 10 000 ft AMSL	Stále obojsmerné
E - IFR	IFR od IFR	ATS a informácie o VFR	IAS 460 km/h pod 10 000 ft AMSL	Stále obojsmerné
E - VFR	Žiadne lietadlá	Informácie o prevádzke	IAS 460 km/h pod 10 000 ft AMSL	Nevyžaduje sa
F - IFR	Žiadne lietadlá	Letová poradná a informačná služba	IAS 460 km/h pod 10 000 ft AMSL	Stále obojsmerné
F - VFR	Žiadne lietadlá	Letová informačná služba	IAS 460 km/h pod 10 000 ft AMSL	Nevyžaduje sa
G - IFR	Žiadne lietadlá	Letová informačná služba	IAS 460 km/h pod 10 000 ft AMSL	Stále obojsmerné

G - VFR	Žiadne lietadlá	Letová informačná služba	IAS 460 km/h pod 10 000 ft AMSL	Nevyžaduje sa
---------	-----------------	--------------------------	---------------------------------	---------------

Podľa prípadných obmedzení dokážeme vzdušný priestor rozdeliť na päť tried:

1. Zakázaný vzdušný priestor (P) – lety sú zakázané kvôli ochrane objektov na zemi. Zriaďujú sa pri atómových elektrárnach a chem. továrňach. Hranice sú od zeme do určitej výšky.
2. Obmedzený vzdušný priestor (R) – lety sú povolené podľa špecifických podmienok. Zriaďuje sa v oblastiach s neštandardnou činnosťou (letecké dni, vojenské cvičenia). Hranice sú rôzne.
3. Nebezpečný vzdušný priestor (D) – vykonávanie letov je nebezpečné, ale nie zakázané. Služi na ochranu lietadiel pred nebezpečnou činnosťou. Odporúča sa vyhnúť tomuto priestoru, môže sa však preletieť. Spodnú hranicu tvorí povrch zeme.
4. Dočasne rezervovaný vzdušný priestor (TRA) – povolenie na letovú činnosť je len pre rezervovaného prevádzkovateľa. Priestorom sa dá preletieť, ak pilot kontaktuje ATC a určí sa rozstup medzi lietadlami.
5. Dočasne vyhradený vzdušný priestor (TSA) – let povolený rezervovanému prevádzkovateľovi, pričom iná prevádzka nesmie vstúpiť do priestoru [8].

SLOBODY VZDUCHU A PRÁVA NA PREPRAVU

Leteckí prepravcovia prevádzkujú dva druhy dopravy, a to pravidelnú a nepravidelnú leteckú dopravu. Pravidelná letecká doprava je obmedzená tým, že potrebuje súhlas príslušného štátu na vykonávanie prepravy. Rada ICAO prijala v roku 1952 dokument 7278/2, ktorým vymedzila definíciu a práva pravidelnej leteckej dopravy. Ide o „sériu letov, ktoré sú vykonávané lietadlom na prepravu cestujúcich, tovaru alebo pošty za odplatu takým spôsobom, že každý let je otvorený na využitie všetkými vrstvami verejnosti.“ Musí slúžiť aj na prepravu medzi rovnakými dvoma alebo viacerými bodmi podľa letového poriadku a v prípade medzinárodných letov musí prechádzať vzdušným priestorom viac než jedného štátu. Nepravidelná medzinárodná letecká doprava má právo preletu a technického pristátia s podmienkou, že štát, ponad ktorý prelietava cudzie lietadlo, môže požiadať lietadlo o pristátie na tento účel. Ak je nepravidelná letecká preprava prevádzkovaná za finančnú odplatu, môžu si štáty, v ktorých dochádza k nakladaniu a vykladaniu pasažierov, tovaru a pošty, stanoviť predpisy a podmienky [1] [9].

Slobody vzduchu sú základnými stavebnými prvkami civilného letectva a obchodnej leteckej dopravy, ktoré vychádzajú z *obchodného práva*. Nakoľko medzinárodná letecká doprava je vykonávaná na rôznych územiach štátov, musia si jednotlivé štáty vzájomne vyjednať určité slobody. Spolu s vyjednaním štátov na určitých slobodách vzniká prepravné právo (Traffic Right) [9].

V Medzinárodnej dohode o tranzite medzinárodných leteckých služieb sú právne zakotvené prvé dve slobody vzduchu:

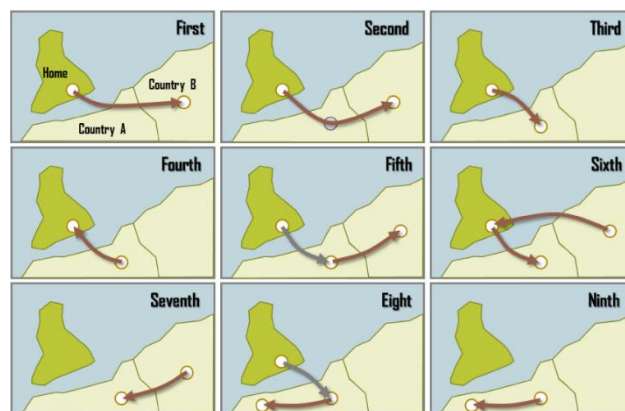
1. sloboda vzduchu – právo preletu cez vzdušný priestor krajiny na ceste do inej krajiny bez pristátia na území tohto štátu [9],
2. sloboda vzduchu - právo tranzitného preletu cez územie cudzieho štátu s pristátím pre neobchodné účely (napr. dotankovanie paliva, technická kontrola lietadla) [1].

Z Dohody o medzinárodnej leteckej doprave vyplývajú tri slobody vzduchu:

3. sloboda vzduchu - právo vyložiť na území cudzieho štátu cestujúcich, tovar a poštu, a to muselo byť naložené na palubu lietadla v štáte registrácie lietadla,
4. sloboda vzduchu - právo naložiť na území cudzieho štátu cestujúcich, tovar a poštu na palubu lietadla, ktoré má trasu do štátu registrácie lietadla,
5. sloboda vzduchu - ak letecký dopravca chce vykonávať let do konkrétneho štátu, muselo sa overiť, či konkrétny štát má predošlé slobody od všetkých štátov po trati. Hovorí o práve naložiť pasažierov, tovar a poštu na území zmluvného štátu do tretieho štátu a vysadiť ich z ktoréhokoľvek tretieho štátu na území zmluvného štátu [1].

Uvedené dve dohody formálne ustanovili 5 slobôd vzduchu. V 3. vydaní ICAO Príručky o regulácii medzinárodnej leteckej dopravy je definovaných 9 slobôd vzduchu. Ďalšie štyri slobody vzduchu označuje ICAO ako takzvané slobody vzduchu, nakoľko neboli oficiálne uznané, ktorými sú:

6. sloboda vzduchu – privilégium na leteckú prepravu cez domovský štát leteckého dopravcu. Preprava je poskytovaná medzi dvoma ďalšími štátmi;
7. sloboda vzduchu - privilégium na leteckú prepravu medzi územím poskytovateľa štátu a tretím štátom. Domovský štát leteckého dopravcu nie je zahrnutý do prepravného procesu. Letecká preprava je vykonávaná pre cudzie štáty a lietadlo je na určitú dobu v zahraničí;
8. sloboda vzduchu - privilégium kabotáže medzi dvoma bodmi zahraničného štátu. Letecká preprava má pôvod alebo končí v cudzom štáte;
9. sloboda vzduchu - privilégium voľnej kabotáže na leteckú prepravu na vnútroštátnych linkách cudzieho štátu [10].



Obrázok 1: Slobody vzduchu [Zdroj: My Tourism Magazine, Air Traffic Freedoms, <https://mytourismmagazine.blogspot.com/2018/01/air-traffic-freedoms.html>]

INICIATÍVA JEDNOTNÉHO EURÓPSKEHO NEBA

Vzdušný priestor európskych krajín je v dôsledku zvyšujúceho sa počtu leteckých liniek preplnený a preťažený. Asi 80% meškaní v leteckej doprave je spôsobených nedostačujúcim systémom ATM alebo kvôli zlyhaniu koordinácie leteckých prác na letiskách. Problémami preplneného vzdušného priestoru sú meškajúce lietadlá, emisie CO₂ v zemskej atmosfére, množstvo spotrebovaného paliva lietadiel a pod. V snahe vyriešiť uvedené problémy vznikla koncom 90. rokov 20. stor. iniciatíva Jednotného európskeho neba (Single European Sky) [11].

V odseku 2 článku 100 Zmluvy o fungovaní Európskej únie je zakotvený právny základ iniciatívy a článok hovorí o možnosti prijatia potrebných ustanovení Európskym parlamentom (ďalej EP) a Radou, ktoré upravujú leteckú dopravu. Na vykonávaní iniciatívy sa môžu podieľať aj susedné krajiny, vykonávanie sa nevzťahuje výslovne len na členské štáty EÚ. Iniciatíva má viacero cieľov, ktorými by sa kapacita európskeho vzdušného priestoru mohla okolo roku 2030 – 2035 až strojnásobiť a znížilo by sa množstvo negatívneho dopadu leteckého priemyslu na životné prostredie približne o 10% [12].

Zjednocovanie trhu leteckej prepravy v EÚ sa uskutočnilo prostredníctvom integračných opatrení v infraštruktúrnej časti odvetvia, ktoré zahŕňalo aj poskytovateľov LPS. Medzi opatrenia patria štyri základné nariadenia iniciatívy Jednotného európskeho neba z 10. marca 2004, ktoré tvoria prvý súbor požiadaviek (*Jednotné európske neba I – SES I*):

- Nariadenie EP a Rady (ES) č. 549/2004 – rámcové nariadenie, stanovuje sa rámec na vytvorenie SES,
- Nariadenie EP a Rady (ES) č. 550/2004 – o poskytovaní letových navigačných služieb v SES,
- Nariadenie EP a Rady (ES) č. 551/2004 – o organizácii a využívaní vzdušného priestoru v SES,
- Nariadenie EP a Rady (ES) č. 552/2004 – o interoperabilite siete ATM v Európe [13].

Rámec SES I bol zmenený a doplnený o pravidlá EÚ týkajúce sa bezpečnosti letectva. Zmeny sa vykonali v roku 2009 v nariadení (ES) č. 1070/2009, ktorým vznikol druhý súbor požiadaviek *Jednotné európskej neba II (SES II)*. Počet cestujúcich využívajúcich služby leteckej dopravy sa mal do roku 2020 až zdvojnásobiť. Uvedený predpoklad bol hnacou silou na vytvorenie balíčku požiadaviek SES II. Týmto nariadením sa menia a dopĺňajú všetky štyri nariadenia uvedené v SES I. Nariadeniami z dvoch súborov požiadaviek na vytvorenie SES došlo v oblasti ATM k lepšej flexibilitě vo využívaní európskeho vzdušného priestoru v oblasti civilného a vojenského sektoru, definoval a klasifikoval sa horný vzdušný priestor Európy. Poskytovanie LPS sa spoplatnilo a vznikli požiadavky na vykonávanie práce riadiacich letovej prevádzky [12].

II. VYMEDZENIE ZÁKLADNÝCH POJMOV MEDZINÁRODNÉHO LETECKÉHO PRÁVA

Pri uvedení definície medzinárodného práva verejného a právnej terminológie, je v prvom rade dôležité si zdefinovať pojem práva samotného. Právo je vo všeobecnosti chápané ako špecifický a spoločenský systém noriem, pričom jeho dodržovanie je zabezpečené štátom, príp. štátnou mocou. Vznik a vývoj medzinárodného práva siaha do obdobia vzniku štátov, kedy sa začala rozvíjať aj spoločnosť ľudí. S rozvojom spoločnosti ľudí a vznikom štátov, ktoré sú chápané ako určité politické organizácie v spoločnosti, sa začali presadzovať skôr spoločné idey a záujmy než záujmy jednotlivcov. Verejné spoločné idey si vynucujú právnu úpravu, ktorá je vo svojej podstate odlišná od právnych poriadkov vnútroštátneho práva. Prvé pravidlá medzinárodného práva vznikli v geografických oblastiach, ktoré sa nachádzali pomerne blízko seba (napr. Čína, Blízky východ, oblasť dnešného Grécka). V práci uvádzame definíciu medzinárodného práva od M. Potočného: „*medzinárodné právo je súbor právnych noriem, ktoré upravuje vzťahy medzi štátmi, reguluje aj vzťahy štátov k medzinárodným organizáciám ako aj vzťahy medzi medzinárodnými organizáciami a vzťahy jednotlivcov ku štátu*“¹ [14] [15].

Medzinárodné právo môžeme rozdeliť na dve oblasti: *medzinárodné právo verejné* - súbor právnych noriem upravujúcich vzťahy medzi subjektmi medzinárodného práva verejného [15],

medzinárodné právo súkromné – súčasť vnútroštátneho právneho poriadku štátu, upravuje občianskoprávne a iné právne vzťahy s cudzím prvkom [15].

PRAMENE MEDZINÁRODNÉHO PRÁVA

V práve sa rozlišuje medzi dvoma druhmi prameňov, ktorými sú materiálne a formálne pramene. Materiálne pramene práva preukazujú stanovisko prehľadu názorov na prameň práva. Formálnymi prameňmi práva sa rozumejú akékoľvek vonkajšie formy, ktoré sú priamo späté s platným právom. V týchto prameňoch je právo známe pre dané subjekty, ktoré právo následne identifikujú. Vo formálnom prameni práva sme schopní nájsť právo, ktoré je ustanovené štátom [14].

Formálne pramene rozdeľujeme na základné a pomocné. Článkom 38 Štatútu Medzinárodného súdneho dvora sa určili základné pramene medzinárodného práva:

- medzinárodné zmluvy,
 - medzinárodný obyčaj,
 - všeobecne právne princípy (zásady),
 - súdne rozhodnutia a vzdelanie najviac kvalifikovaných znalcov medzinárodného práva rôznych národov [16].
- Pomocnými prameňmi medzinárodného práva sú:
- doktríny,
 - zásady medzinárodného práva [16].

MEDZINÁRODNÉ LETECKÉ PRÁVO

Letecké právo je chápané ako súbor pozostávajúci z právnych noriem, ktoré upravujú právne vzťahy, týkajúce sa pre

¹ POTOČNÝ, M. 2006. Mezinárodní právo veřejné. Zvláštní část. 5. doplněné a přepracované vydání. Praha: C. H. Beck, 2006, s. 16

oblasť civilného letectva. Nakoľko civilná letecká doprava na svojich linkách prekračuje hranice štátov, môžeme hovoriť o tom, že má medzinárodný charakter. Právna úprava medzinárodného civilného letectva má základy v medzinárodnom práve verejnom. Z medzinárodného práva sú preberané (unifikované) všeobecne záväzné právne predpisy, ktoré sú aplikované do vnútroštátneho práva. Vo vnútroštátnom leteckom práve sú niektoré zákony pozmenené a bývajú doplnené z medzinárodného práva. Súvislosť vnútroštátneho leteckého práva s medzinárodným právom verejným je veľmi úzko spätá v porovnaní s inými odvetvami práva. Príkladom môže byť letecký zákon, ktorý preberá právne normy medzinárodného práva, týkajúce sa leteckej dopravy a aplikuje ich pre oblasť prevádzkových, technických a riadiacich právnych noriem daného štátu [1] [14].

Medzinárodné letecké právo verejné je oblasť medzinárodného leteckého práva, ktorá pojednáva o leteckých právnych normách upravujúcich vzájomné vzťahy medzi subjektmi medzinárodného verejného práva pre civilné letectvo. Vzájomné vzťahy medzi pasažiermi lietadla a podnikmi civilného letectva upravuje medzinárodné letecké právo súkromné. Týmto odvetvím práva sa regulujú vzájomné vzťahy medzi subjektmi alebo tretími osobami medzinárodného práva súkromného [14].

III. BILATERÁLNE DOHODY O LETECKEJ DOPRAVE

Práca sa zaoberá najvýznamnejšími bilaterálnymi dohodami, ktoré právne regulujú oblasť medzinárodného civilného letectva.

PARÍŽSKY DOHovor A MIEROVÁ KONFERENCIA V PARÍŽI (R. 1919)

Po 1. svetovej vojne v roku 1919 s rastúcim rozvojom a nástupom pravidelných medzinárodných letov vznikla situácia, spojená s potrebou právnej regulácie medzinárodnej civilnej leteckej dopravy. Víťazné veľmoci 1. svetovej vojny boli spojené na základe Parížskeho dohovoru na Parížskej mierovej konferencii v Paríži [1] [17].

Parížsky dohovor s názvom Dohovor o regulácii leteckej navigácie bol podpísaný 13. októbra 1919 počas 16. zasadnutia v Paríži. Považujeme ho za prvý právny dokument medzinárodného charakteru o základoch medzinárodného leteckého práva ako právneho odboru spolu s vnútroštátnym právnym systémom. Dohovor ustanovil presné pravidlá pre leteckú navigáciu medzi štátmi, ktoré podpísalo 26 štátov, vrátane Československa, z celkovo 32 prítomných štátov. Ratifikácia prebehla 11. júla 1924 dokopy 38 štátmi. Obsahuje 43 článkov rozdelených do 8 kapitol, ktoré pojednávajú o aspektoch v technickej, organizačnej a prevádzkovej oblasti medzinárodného civilného letectva. Dodatkom k dohovoru je 8 príloh (Annexes) označených písmenami A - H, ktoré rozoberajú označenia na lietadlách, osvedčenia o letovej spôsobilosti a ich podmienky vydávania, palubné denníky, pravidlá o svetlách a signáloch, hovoria aj o podmienkach na získanie preukazu spôsobilosti pre pilotov, o medzinárodných mapách a značkách a pod. [1] [18].

Výsledkom článku 34 bolo ustanovenie Medzinárodnej komisie pre leteckú navigáciu (ICAN/CINA), ktorá by slúžila ako dozorný orgán na rozvoj medzinárodnej leteckej dopravy a na

úpravu príloh dohovoru. Táto organizácia v súčasnosti už neexistuje [1] [18]. Aj keď v súčasnosti nemôžeme hovoriť o tomto dohovore ako o platnom, jeho základom bol princíp suverenity nad vzdušným priestorom vo všeobecných zásadách v prvom článku:

1. Každý štát má absolútnu suverenitu nad vzdušným priestorom nad jeho územiami a vodami. Národ má právo odmietnuť vstup a regulovať zahraničné a domáce lety do svojho vzdušného priestoru a cez neho.
2. Každý štát by mal uplatňovať vlastné pravidlá vzdušného priestoru rovnako na vlastné a zahraničné lietadlá, ktoré pôsobia v tomto vzdušnom priestore a prijať pravidlá na rešpektovanie jeho suverenity a bezpečnosti, pričom vlastným a ostatným signatárskym lietadlám poskytuje čo najväčšiu slobodu prechodu počas obdobia mieru.
3. S lietadlami zmluvných štátov sa musí zaobchádzať rovnako z hľadiska právnych predpisov každého štátu.
4. Lietadlo musí byť registrované v štáte a musí mať príslušnosť štátu, v ktorom má registráciu [18].

IBEROAMERICKÝ LETECKÝ KONGRES A MADRIDSKÝ DOHovor (R. 1926)

S iniciatívou Španielska, ktoré nemalo rovnakú právomoc ako Francúzsko a Taliansko pri hlasovaní v Parížskom dohovore, sa naskytila ďalšia možnosť na úpravu medzinárodného leteckého práva. Z Parížskeho dohovoru vyplývala povinnosť dodržiavať ustanovenia tohto dohovoru pre signatárske krajiny. Španielsko nekonalo v súlade s ustanoveniami v Parížskom dohovore, čo bolo dôsledkom ich nespokojnosti v oblasti hlasovacích práv na Parížskom dohovore [18].

V tom období sa vykonávalo viac letov zo Španielska do Južnej Ameriky. Španielsko a ani štáty Latinskej a Južnej Ameriky nedodržiavali ustanovenia Parížskeho dohovoru. U štátov na americkom kontinente bol problém v tom, že sa nenachádzali na zozname signatárskych štátov Parížskeho dohovoru. Konferencia sa konala v Madride, ktorej vznik v roku 1926 bol úzko spätý s ambíciami španielskej politiky [17] [18].

Na Iberoamerický letecký kongres boli pozvané štáty nachádzajúce sa v Latinskej Amerike, ktorý sa uskutočnil v dňoch od 25. do 30. októbra 1926. Kongresom sa prijal Madridský dohovor známy aj ako Iberoamerický dohovor o leteckej doprave. Dohovorom sa mali vyriešiť „medzery“ vyskytujúce sa v Parížskom dohovore. Jednalo sa o rovnaké znenie Parížskeho dohovoru s tým, že sa pozmenili a doplnili články, ktorými sa mala zabezpečiť rovnosť medzi štátmi. Iberoamerický dohovor nikdy nevstúpil do platnosti a bol neúspešný, ratifikovalo ho malé množstvo z pozvaných štátov. Týmto štátmi bola Argentína, Dominikánska republika, Kostarika, Mexiko, El Salvador a samotné Španielsko. Krajina ako Španielsko spolu s Argentínou odstúpili od dohovoru do roku 1933. Oba štáty sa pripojili k Medzinárodnej komisii pre leteckú navigáciu (ICAN) [17] [18].

HAVANSKÝ DOHOVOR (R. 1928)

Na 6. panamerickej konferencii, ktorá sa konala v Havane (Kuba) od 16. januára do 20. februára 1928, bol diskutovanou témou Panamerický dohovor o obchodnom letectve (Havanský dohovor). Finálne zavŕšenie dokončenia vypracovania dohovoru bolo uzavreté podpísaním dohovoru 20. februára 1928. Signatárskymi krajinami bolo okrem USA aj dvadsať iných štátov západnej pologule. Podpísaním dohovoru bola oslabená pozícia a organizačná činnosť Medzinárodnej komisie pre leteckú navigáciu (ICAN) [18].

Diskusia na zasadnutí konferencie sa týkala lietadiel patriacich súkromníkom. Vládne lietadlá v diskusii neboli spomenuté, čiže neupravil sa ich status. Boli určené právne zásady a predpisy pre leteckú dopravu, ktorými sa zachovávala úplná a výlučná suverenita štátov nad vzdušným priestorom ich krajiny a susednými teritoriálnymi vodami. Pre aerolínie v USA sa povolilo voľne vykonávať letecké služby do štátov v Amerike. Povinnosťou štátov bolo vypracovanie vlastných regulačných predpisov, ktorými sa mal usmerňovať ďalší rozvoj civilného letectva. Letecké predpisy boli zhrnuté len v zmluve samotnej, k dohovoru neboli priložené prílohy. V predpisoch sa dohovor zaoberá prepravnými právami, na základe ktorých sa lietadlám zmluvného štátu povolilo vyložiť pasažierov, náklad a poštu na ľubovoľnom letisku. Až 20. februára 1931 sa Senátom USA schválil tento dohovor. Celkom 21 štátov bolo signatárskymi štátmi dohovoru a následne do r. 1944 ho ratifikovalo 16 krajín Latinskej Ameriky až na Argentínu, Paraguaj a Peru [17] [18].

VARŠAVSKÁ ZMLUVA (R. 1929) A ĎALŠIE PROTOKOLY A DOHOVORY V SÚVISLOSTI S ÚPRAVOU VO VARŠAVSKEJ ZMLUVE

Problémami predošlých dohovorov v oblasti medzinárodnej leteckej prepravy bolo, že žiaden nebol vhodným dokumentom, ktorým by sa riadili letecké spoločnosti pri poskytovaní prepravných služieb. Prvým všeobecným právnym základom, ktorý plnil zásadnú rolu pri rozvoji civilného letectva na medzinárodnej úrovni, bola Varšavská zmluva, resp. Varšavský dohovor ako Dohovor o zodpovednosti v leteckej preprave. Jedná sa o základný prameň súčasného leteckého prepravného práva a jeho podpísaním 12. októbra 1929 vo Varšave sa nastolili podmienky o zodpovednostiach v prepravných službách v letectve. Ustanovil sa režim, ktorým sa reguluje medzinárodnoprávna zodpovednosť pre poskytovateľov leteckých prepravných služieb pre prípad spôsobenia škody na strane pasažierov, omeškania, či straty tovaru. Varšavská konferencia rozdelila 41 článkov v 5. kapitolách ohľadom potrebných pojmov, dokumentácie potrebnej pre prepravnú činnosť, zodpovednostiach dopravcu a kombinovanej prepravy [18].

Doplnenie Varšavského dohovoru sa vykonalo 28. septembra 1955 v Haagskom protokole na konferencii v Haagu od 6. do 28. septembra 1955. Podnet na usporiadanie konferencie dala Rada ICAO. Prijal sa dodatok k zodpovednosti za škodu v podobe dvojitej kompenzácie. V iných sférach došlo len k miniatúrnym úpravám. Protokol sa stal účinným od 1. augusta 1963 [18].

Na 3. medzinárodnej konferencii o súkromnom letectve v Ríme sa vyriešili škody na osobách v dôsledku prevádzky, ktorá

sa konala od 15. do 29. mája 1933. Na poslednom zasadnutí konferencie sa členovia zhodli na dvoch dohovoroch, ktoré podpísalo 30 štátov: Dohovor o škodách spôsobených tretím osobám na zemi, Dohovor o zjednotení niektorých pravidiel o predbežnom zadržaní lietadla. Krajiny, ktoré nepodpísali tento dohovor, musia pred povolením na prevádzku deklarovať uzatvorenie poisťky. Škodou sa chápala škoda, ktorá bola spôsobená počas letu lietadla, príp. došlo k vypadnutiu osôb a vecí z lietadla počas letu [18].

Dňa 28. mája 1999 bol nahradený varšavský systém Montrealským dohovorom (Dohovor o zjednotení určitých pravidiel pre medzinárodnú leteckú dopravu) na Medzinárodnej konferencii o leteckom práve, ale niektoré krajiny sa ešte stále riadia Varšavským dohovorom. Prítomných účastníkov bolo vyše 500 zo 121 zmluvných štátov, prítomný bol aj jeden nezmluvný štát a 11 medzinárodných organizácií. Zaviedol sa pojem neobmedzenej zodpovednosti v dvojstupňovom systéme odškodňovania. Prvá úroveň neobviňuje leteckého dopravcu zo spáchania škody. V druhej úrovni sa stáva už letecký dopravca vinným [17] [18].

KONFERENCIA V CHICAGU (R. 1944)

Otvorenie konferencie v Chicagu prebehlo 1. novembra 1944. Na prerokovanie právnych záležitostí medzinárodného leteckého práva potrebovali účastníci 37 dní. Koncom októbra 1944 sa viedla v Montreale diskusia o predpríprave Chicagskej konferencie. Pozvanie na Chicagskú konferenciu prijalo 52 národov, ktoré zasadali na azda najdôležitejšej konferencii, aká sa doposiaľ konala v snahe vyriešiť kľúčové právne predpisy, ktoré so sebou prinášalo technické napredovanie letectva. Počet zúčastnených krajín konferencie dopĺňalo Thajsko a Dánsko s úlohou pozorovateľa, keďže boli v tej dobe okupované vojskami [18].

Dňom 7. decembra 1944 podpísalo Chicagský dohovor 36 z 52 zúčastnených štátov. Od 6. júna 1945 do 4. apríla 1947 platil dohovor ako Dočasná zmluva o medzinárodnom civilnom letectve. Zameriava sa na celkový rozmach bezpečnej prevádzky medzinárodnej leteckej prepravných služieb pre oblasť civilného letectva. Na základe ustanovení v dohovore sa malo postupne zmodernizovať odvetvie medzinárodného leteckého práva. Zrušila sa platnosť Parížskeho a Havanského dohovoru, pretože Chicagský dohovor pojednával o všetkých oblastiach, ktoré sa riešili v uvedených dohovoroch pred ním [14] [18]. Zmluvné štáty sa pri uzatváraní dohovoru zhodli na zásade zvrchovanosti vzdušného priestoru, ktorý sa nachádza nad územnou oblasťou daných štátov. Rovnako sa dohovorom vymenovalo päť hlavných slobôd vzduchu a určila sa aj sféra ich pôsobenia. Okrem dohovoru vznikli aj návrhy 12-tich príloh s označením od A po L, ktoré sa vzťahujú na technické a prevádzkové hľadisko a riešia otázku letovej spôsobilosti lietadla, rovnako sa zaoberajú aj otázkou riadenia prevádzky. Dnes sa uznáva už len 9 z 12 technických príloh [18]. Na zozname všetkých dokumentov, prijatých na Chicagskej konferencii, sú tri dokumenty:

- Dohovor o medzinárodnom civilnom letectve,
- Dohoda o tranzite medzinárodných leteckých služieb,
- Dohoda o medzinárodnej leteckej doprave [9].

Dohovor o medzinárodnom civilnom letectve obsahuje 96 článkov v 4 častiach, ktoré obsahujú 22 kapitol. Dohovor obsahuje aj tzv. prílohy (ANNEXy). Prvých 15 Annexov bolo prijatých v roku 1953. Ďalšie 4 prílohy k existujúcim pätnástim prílohám boli prijaté po roku 1970. Annexy predstavujú podstatný a hodnotný nástroj na vytvorenie a usmernenie právnej sféry pri vytváraní leteckých vzťahov [14] [18].

Spolu s ustanovením dokumentov sa na konferencii rokovalo aj o dočasnej medzinárodnej organizácii, ktorej úlohy a právomoci mala prebrať už stála organizácia. Tým bola zriadená Provizórna medzinárodná organizácia civilného letectva (PICAO) ako dočasný orgán. Jej činnosť sa začala 6. júna 1945 a týmto dňom oficiálne nahradila Medzinárodnú komisiu pre leteckú navigáciu (ICAN). Montreal bol určený ako miesto pôsobnosti PICAO, ktoré určila kanadská vláda. Snahou PICAO bolo vypracovať odporúčania pre postupy, ktoré mali prijať štáty, dokým sa neurčia oficiálne štandardy a odporúčané postupy (SARPS). Pôsobenie PICAO bolo obmedzené, dokým neprebehla ratifikácia Chicagského dohovoru. Pôsobenie PICAO sa zrušilo 4. aprílom 1947 a jeho činnosť prebralo ICAO. Tým istým dňom zároveň nadobudol účinnosť Chicagský dohovor [18].

MEDZINÁRODNOPRÁVNA ÚPRAVA ČINOV OHROZUJÚCICH BEZPEČNOSŤ CIVILNÉHO LETECTVA

Pre správne fungovanie bezpečnej medzinárodnej leteckej prepravy bolo potrebné regulovať aj citlivú oblasť súvisiacu s činmi protiprávneho zasahovania. Počas napredovania leteckej dopravy sa lietadlo stalo aj prostriedkom teroristických útokov. Tieto nezmyselné činy, voči ktorým sa nemôže žiadna z obetí brániť, nevedú teroristickí útočníci s účelom ovplyvnenia leteckej dopravy. V skutočnosti chcú na základe nezákonného činu voči civilnému letectvu alebo teroristického činu vymáhať od nenávisťných štátov určité požiadavky. Slovenský preklad uvádza slovo bezpečnosť pod dvomi definíciami:

- security (bezpečnostná ochrana) - ochrana pred činmi protiprávneho zasahovania;
- safety (bezpečnosť) - bezpečnosť súvisiaca s prevádzkovou činnosťou, na ktorú má vplyv celková technická stránka lietadla, letecké systémy a ľudský faktor [14].

Odporúčanie o úlohe EÚ v boji proti terorizmu uvádza definíciu terorizmu ako: „akýkoľvek čin spáchaný jednotlivcom alebo skupinami, ktoré sa uchylujú k násiliu alebo ktoré ohrozujú všeobecne alebo špecificky jednotlivca, ktorého cieľom je z dôvodu separatistických aspirácií, extrémistických ideologických názorov, náboženského fanatizmu alebo túžby po zisku vytvoriť medzi úradnými orgánmi, konkrétnymi jednotlivcami atmosféru teroru medzi skupinou v spoločnosti, či širokej verejnosti“² [14].

Medzi najvýznamnejšie dohovory, ktoré riešia problematiku ochrany pred činmi protiprávneho zasahovania patrí:

- Dohovor o voľnom mori (r. 1958, Ženeva) – charakterizuje „pirátstvo“ ako protiprávny akt násilia,

zadržania, alebo lúpežný čin spáchaný posádkou alebo cestujúcimi súkromnej lode alebo letúna;

- Tokijský dohovor (r. 1963, Tokio) – o trestných činoch na palube lietadla a prvý dohovor o protiprávnom zmocnení sa lietadla;
- Haagsky dohovor (r. 1970, Haag) – o potláčaní protiprávneho zmocnenia sa lietadiel, stanovil nezákonný čin spáchaný voči civilnému letectvu ako trestný čin;
- Montrealský dohovor (r. 1971, Montreal) – vymedzenie pojmu protiprávneho činu, pojem bol rozšírený aj na lietadlo v prevádzke a na pozemné zariadenia pre ATS [14].

ZÁKON O CIVILNOM LETECTVE (LETECKÝ ZÁKON)

Leteckú prevádzku lietadiel vo vzdušnom priestore SR upravuje podľa platných pravidiel lietania zákon č. 143/1998 Z.z. o civilnom letectve (letecký zákon). Súčasne udáva rozsah platnosti pre dočasné umiestnenie lietadiel v zahraničí, pokiaľ majú registráciu v SR. Letecký zákon bol odsúhlasený Národnou radou SR dňa 2. apríla 1998 a účinnosť nadobudol 1. júla 1998 [6].

Charakteristika základných pojmov je zahrnutá v 1. časti zákona o základných pojmoch, kde sa okrem iného definuje vzdušný priestor SR, charakterizuje aj letiská a terorizmus. Bezpečnostné hľadisko letovej prevádzky so zvláštnymi podmienkami pre využívanie vzdušného priestoru je obsahom 2. časti zákona. Poslanie a povinnosti rôznych leteckých služieb v slovenskom vzdušnom priestore je tiež upravené v tejto časti. Rovnako určuje potrebné podmienky na prevádzku lietadiel a vydanie osvedčenia leteckého prevádzkovateľa. Uvádza všetky druhy potrebnej dokumentácie, ktorá musí byť na palube lietadla. Špeciálne miesto zaujalo aj pátranie a záchrana, kde sa vymedzuje aj činnosť a postup orgánov zodpovedných za pátracie akcie pri záchrane lietadla v stave núdze [6].

Členovia leteckého personálu, ich práva a povinnosti spolu s potrebnými dokumentmi na oprávnenie vykonávania odbornej spôsobilosti sú popísané v 3. časti leteckého zákona. Ďalšie dve časti (4. a 5. časť) pojednávajú o lietadle, jeho spôsobilosti na let a o vedení registra lietadiel na Slovensku. Zriaďovanie a prevádzkovanie letísk, leteckých pozemných zariadení a určenie ochranných pásiem je bližšie popísaných v 6. časti. Dôležitú funkciu v 7. časti zohráva presné vymedzenie činu protiprávneho zasahovania v civilnom letectve a s tým súvisiaci terorizmus a bezpečnostná ochrana voči týmto činom. Letmi prevádzkovanými tuzemskými a zahraničnými leteckými spoločnosťami a celkovou činnosťou spojenou s vykonávaním leteckej dopravy sa zaoberá 8. časť. Zvyšné štyri časti leteckého zákona sú spojené s leteckými prácami a podnikaním v sfére civilného letectva. Predposledná 11. časť stanovuje presnú výšku udeľovania pokút osobám, ktoré porušia podmienky ustanovené v tejto časti. Do tejto časti boli v r. 2020 doplnené prechodné ustanovenia súvisiace s krízovou situáciou, ktorú spôsobil nový koronavírus s označením COVID-19 [6].

² WALTER, CH. 2004. Terrorism as a Challenge for National and International Law: Security versus Liberty? Berlín: Springer-Verlag Berlin, 2004

IV. ZÁVER

V spojení s rýchlym povojnovým nárastom medzinárodných civilných letov sa vyžadovalo charakterizovať vzdušný priestor a vymedziť jeho hranice. Dôležitými dohovormi pred ustanovením samotnej regulácie vzdušného priestoru boli dohovory pojednávajúce v oblasti morského práva, ktoré spadajú pod medzinárodné právo verejné. Klasifikácia vzdušného priestoru spočíva v jeho rozdelení do niekoľkých tried a priestorov dôležitých pre pracovníkov LPS. Zavedením slobôd vzduchu sa zharmonizovali pravidlá lietania a vstupy cudzích lietadiel do iných štátov pre komerčné účely. Medzi jednotlivými štátmi prebiehajú vzájomné vyjednávania konkrétnych slobôd vzduchu. Prvú kapitolu uzatvára iniciatíva Jednotného európskeho neba, ktorej cieľom je zosúladiť systém ATM v Európe, znížiť počet meškajúcich lietadiel a emisií v atmosfére a pod.

Na úvod do regulácie medzinárodného leteckého práva bolo dôležité zadefinovať základné pojmy právnej terminológie. Vznik prvých civilizovaných štátov sa úzko spája s potrebou vzniku právnej regulácie v sfére medzinárodného práva a bilaterálnych dohôd, ktoré vznikli ako potreba prinášajúca konkrétne riešenia na vznikajúce problémy v leteckej doprave. Hlavným zámerom bolo poukázať na najdôležitejšie právne dokumenty z oblasti leteckého práva, či už na medzinárodnej, európskej alebo na národnej úrovni.

REFERENCIE

- [1] ČAPEK, J. – KLÍMA, R. – ZBÍRALOVÁ, J. 2005. *Civilní letectví ve světle práva*. Praha : LexisNexis CZ s. r. o., 2005, s. 10-14, 18-23, 30-40, 117-121, 225-226. ISBN 80-86199-95-9.
- [2] VRŠANSKÝ, P. – VALUCH, J. a kol. 2013. *Medzinárodné právo verejné*. Bratislava : EUKÓDEX, 2013, s. 129-130, 139-142, 145-148. ISBN 978-80-8155-003-4.
- [3] SCHEU H. 2010. *Úvod do mezinárodního práva veřejného*. Praha : Auditorium, 2010, s. 71-74. ISBN 978-80-87284-05-6.
- [4] THE INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. 1944. *Convention on International Civil Aviation done at Chicago on the 7th day of December 1944*. [online]. [cit. 2020.02.02]. Dostupné na internete: <https://www.icao.int/publications/Documents/7300_orig.pdf>.
- [5] VYHLÁŠKA č. 76/1962 Zb. 1962. *Zmluva o Antarktíde*. [online]. [cit. 2020.02.13]. Dostupné na internete: <<https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/1962/76/>>.
- [6] ZÁKON č. 143/1998 Z. z. 1998. *Zákon o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov*. [online]. [cit. 2020.02.28]. Dostupné na internete: <<https://www.zakonypreludi.sk/zz/1998-143>>.
- [7] AIRLINERS. 2017. *Vzdušný priestor – rozdelenie a základné charakteristiky*. [online]. [cit. 2020.02.25]. Dostupné na internete: <<https://www.airliners.sk/vzdušny-priestor-rozdelenie-zakladne-charakteristiky/>>.
- [8] NARIADENIE KOMISIE (ES) č. 730/2006. 2006. *Nariadenie Komisie (ES) o klasifikácii vzdušného priestoru a prístupe letov podľa pravidiel letu za viditeľnosti nad letovú hladinu 195*. [online]. [cit. 2020.03.04]. Dostupné na internete: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/ALL/?uri=CELEX%3A32006R0730&csrt=4247968130223009358>>.
- [9] PRUŠA, J. a kol. 2015. *Svět letecké dopravy. II. rozšířené vydání*. Praha : Galileo Training s. r. o., 2015, s. 37-38, 41-45. ISBN 978-80-260-8309-2.
- [10] THE INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. 2016. *Manual on the Regulation of International Air Transport (Doc 9626). Third Edition*. [online]. [cit. 2020.03.15]. Dostupné na internete: <https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/Provisional_Doc_9626.pdf>.
- [11] TERAZ.SK. 2014. *Jednotné európske nebo má zlacnieť a zefektívniť leteckú dopravu*. [online]. [cit. 2020.03.23]. Dostupné na internete: <<https://www.teraz.sk/ekonomika/jednotne-europske-nebo-lety-doprava/77162-clanok.html>>.
- [12] INFORMAČNÉ LISTY O EURÓPSKEJ ÚNII. 2020. *Letecká doprava: Jednotné európske nebo*. [online]. [cit. 2020.03.29]. Dostupné na internete: <<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/sk/sheet/133/etecka-doprava-jednotne-europske-nebo>>.
- [13] TOMOVÁ, A. – NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. – ČERVINKA, M. a kol. 2017. *Ekonomika leteckých spoločností. Pravidelná osobná doprava*. Žilina : EDIS-vydavateľské centrum ŽU, 2017, s. 95. ISBN 978-80-554-1359-4.
- [14] NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2013. *Letecké právne normy a ochrana civilného letectva pred činmi protiprávneho zasahovania*. Žilina : EDIS-vydavateľské centrum ŽU, 2013, s. 11-13, 16-22, 33-34, 39-43, 49-51. ISBN 978-80-554-0795-1.
- [15] KLUČKA, J. 2017. *Medzinárodné právo verejné (všeobecná a osobitná časť)*. Bratislava : Wolters Kluwer s. r. o., 2017, s. 18-19, 46-47, 279. ISBN 978-80-8168-743-3.
- [16] MEDELSKÝ, J. 2016. *Rozvoj medzinárodného práva verejného od staroveku až po súčasnosť*. In *Časopis Akadémie PZ v Bratislave : Policajná teória a prax. Ročník XXIV. 4/2016*. Bratislava : Akadémia Policajného zboru, 2016. ISSN 1335-1370, S. 150-154.
- [17] MILDE, M. 2008. *International Air Law and ICAO*. Utrecht: Eleven International Publishing, 2008, pp. 5-13, 274-275. ISBN 978-90-77596-54-8.
- [18] THE INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. 2020. *The Postal History of ICAO*. [online]. [cit. 2020.05.12]. Dostupné na internete: <<https://applications.icao.int/postalhistory/index.html>>.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] TOMOVÁ, A., HAVEL, K. 2015. *Ekonomika poskytovateľov leteckých navigačných služieb*. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2015. - 154 s. ISBN 978-80-554-1153-8.
- [22] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. *Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva*. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.

- [23] KAZDA, A., CAVES, R.E. 2007. Airport Design and Operation. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6.
- [24] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & LOKAJ, P. 2017. Comparative analysis of U-fly and value alliance and global alliances. Paper presented at the Transportation Research Procedia 28, pages 27-36. doi:10.1016/j.trpro.2017.12.165
- [25] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & ŠVECOVÁ, D. 2019. Do the Slovak Airports need the State Economic Framework for Financial Support? Transportation Research Procedia 40, pages 1176-1183

Alžbeta Pudíková – narodená v Poprade, absolvovala v roku 2015 Gymnázium Kukučínova v Poprade, následne od roku 2015 študovala Univerzitu Karlovu v Prahe v odbore všeobecná fyzika. V roku 2017 nastúpila na Žilinskú univerzitu v Žiline v odbore letecká doprava. Počas letných sezón 2017 a 2018 pracovala ako palubná sprievodkyňa v leteckej spoločnosti Travel Service/Smartwings.

ZMENY ÚLOH ANSP V BUDÚCOM PROSTREDÍ ATM

CHANGING ROLE OF ANSP IN THE FUTURE ATM ENVIRONMENT

Rebeka Reménységová

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

Benedikt Badánik

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

Abstract – This paper focuses on the future roles of air navigation service providers (ANSP). It describes the future structure of airspace and recognizes the need for improvement. The traditional role of ANSP is explained in the first chapter. It discusses the evolution of air navigation services from their dawn in 1920s. Additionally, it talks about the functions of ANSP and discusses their alliances and the trend of developing industrial partnerships instead of political. The differences between European and American air traffic control are reviewed, and the advantages of each system are described. The next chapter thoroughly explains the current airspace architecture, identifies its flaws, and shows possible solutions in the form of Trajectory-Based Operations (TBO) or, on a theoretical level, Functional Airspace Blocks FABs. The third chapter discusses the challenges and opportunities of the future air traffic management (ATM) architecture, with main focus on ANSP charges, civil and military cooperation and the responsibilities of ANSP during a worldwide pandemic. The fourth chapter is based around new concepts and roles. It explains the concepts of ATM Data Service Provider (ADSP), System Wide Information Management (SWIM), Next Generation Air Transportation System (NextGen) and initiatives of Single European Sky ATM Research (SESAR). It also outlines the tasks of the Wise Peron Group. Furthermore, in the final chapter, potential business models for ANSP are explained and categorized. Using SWOT analyzes the best potential model is chosen for the ANSP of Slovakia.

Key words – ATM, ANSP, future concept, air navigation services, single european sky, sefragmentation, FABs, TBO, SESAR, SWIM.

I. ÚVOD

Existuje mnoho iniciatív zameraných na zvýšenie efektívnosti riadenia letovej prevádzky (ATM) a letových navigačných služieb (ANS). Tieto zlepšenia majú potenciál priniesť významné výhody letiskám a používateľom vzdušného priestoru. V čoraz globalizovanejšom svete si aj doprava naliehavo vyžaduje harmonizovaný globálny systém. Vlády, poskytovatelia leteckých navigačných služieb (ANSP) a riadiaci letovej prevádzky (ATC) musia spoločne podporovať reformy, ktoré proces harmonizácie urýchlia. Na to, aby sa odvetviu

leteckej dopravy darilo, potrebujeme účinnú infraštruktúru a efektívny systém riadenia letovej prevádzky, ktorý ju podporí. Dosiahnutie tejto globálnej vízie si bude vyžadovať podstatné zmeny v ATM Európy.

II. TRADIČNÁ ÚLOHA ANSP

V súčasnosti letecké spoločnosti civilného letectva prevádzkujú lety podľa prístrojov (IFR). To znamená, že pilot lietadla je povinný dodržiavať pokyny riadiacich letovej prevádzky a lietadlo musí byť vybavené požadovanými komunikačnými, navigačnými a identifikačnými zariadeniami. Úlohou riadenia letovej prevádzky je zabezpečiť podmienky potrebné pre korektný tok informácií medzi pilotmi a riadiacimi letovej prevádzky podľa daných pravidiel a postupov. Hlavnou úlohou poskytovateľov leteckých navigačných služieb (ANSP) je poskytovať komunikačné, navigačné a sledovacie služby; meteorologické služby pre leteckú navigáciu; a letecké informačné služby. ANSP je zodpovedné za riadenie letovej prevádzky. Spravidla ide o vládne orgány, štátny podnik alebo privatizované organizácie, pričom v jednej krajine musí byť za poskytovanie týchto služieb vždy zodpovedný maximálne jeden prevádzkovateľ. S cieľom zefektívniť poskytované služby, ANSP uzatvárajú aliancie a partnerstvá ako napríklad A6 Alliance a Borealis Alliance. Organizácia civilných leteckých navigačných služieb – CANSO združuje poskytovateľov letových prevádzkových služieb z celého sveta a poskytuje podporu 90% celej medzinárodnej leteckej dopravy. CANSO úzko spolupracuje s viacerými zástupcami leteckého priemyslu, vládnymi orgánmi a medzivládnymi organizáciami [1].

V Európe sa služby riadenia letovej prevádzky začali rozvíjať už v 20. rokoch 20. storočia. V tomto období boli poskytované služby riadenia letu obmedzené na informácie poskytnuté pred letom, miestne poveternostné podmienky a na meteorologické predpovede pre plánovanú trasu letu. Postupne sa navrhli a definovali základy dnešných služieb riadenia letovej prevádzky a bezpečnostnej ochrany. Deväťdesiate roky priniesli výrazný nárast prevádzky leteckej dopravy v celej Európe, čo malo za následok neprimerané zvýšenie oneskorenia letov. Európske ANSP reagovali na túto situáciu investovaním do kapacít – zvýšením počtu zamestnancov, modernizáciou technickej infraštruktúry a postupov pri poskytovaní služieb [1].

Riadenie letovej prevádzky v Európe zabezpečujú jednotlivé štáty. V USA túto službu poskytuje Federálny letecký

úrad – FAA. V Európe existuje celkovo 37 rôznych poskytovateľov letových navigačných služieb. V roku 2018 dosiahol celkový počet IFR letov v Európe 11 miliónov, čo v priemere predstavuje 30 142 letov za deň. Prognóza letov IFR v Európe na rok 2025 je 12,7 milióna. Ďalším dôležitým prvkom európskeho systému ATM je Eurocontrol, ktorý je zodpovedný za koordináciu riadenia a organizácie letovej prevádzky v Európe. Jednotný európsky vzdušný priestor (SES) je ambicióznou iniciatívou Európskej komisie zameranou na odstránenie hraníc vzdušného priestoru, podobne ako v prípade jednotného európskeho trhu. Cieľom SES je reformovať štruktúru európskeho riadenia letovej prevádzky s cieľom udržať krok s kapacitnými požiadavkami a bezpečnostnými potrebami, najmä zlepšením celkového výkonu ATM a ANS v Európe. Na rozdiel od európskych ANSP je FAA súčasťou štátnej správy vďaka čomu dostáva svoje finančné prostriedky z daní. Organizácia letovej prevádzky (ATO) je prevádzkovou zložkou FAA. ATO je zodpovedná za poskytovanie bezpečných a účinných leteckých navigačných služieb približne pre zhruba 42 000 letov každý deň, z ktorých 19% sú lety všeobecného letectva. Z porovnania vyplýva, že počet zamestnancov v Európe je výrazne vyšší ako v USA, avšak Európa dokáže zvládnuť iba polovicu prepravy. Nižšia produktivita ATC v Európe je spôsobená množstvom suverénnych štátov s vlastnou ambíciou politickej a vojenskej moci nad svojim vzdušným priestorom, aj keď to nie je prevádzkovo potrebné [2].

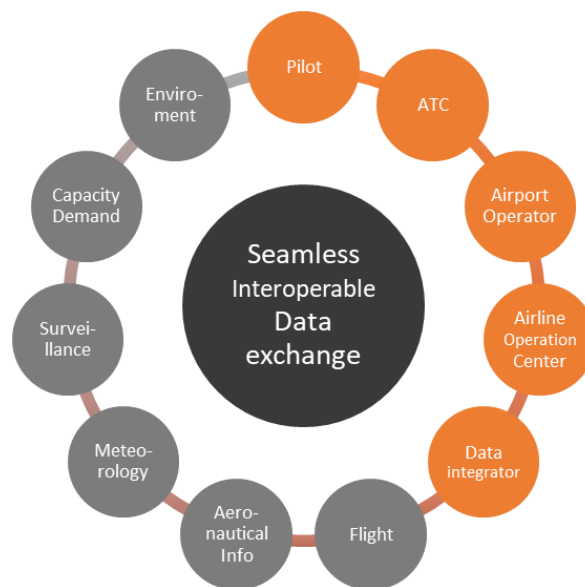
III. BUDÚCA ARCHITEKTÚRA ATM

Keďže kapacita vzdušného priestoru je obmedzená, kvôli jej neefektívnemu využitiu vznikajú oneskorenia. Komerčné lety musia často počkať kým sa uvoľní vzdušný priestor alebo využiť inú, alternatívnu trasu vzdušného priestoru s nevyužitou kapacitou. Niektoré lety môžu byť z tohto dôvodu dokonca zrušené. Na prekonanie týchto problémov SESAR JU navrhlo niekoľko riešení. Využitie viac automatizovaného systému umožňuje prevádzku založenú na trajektóriách. Veľké úsilie bolo venované vytvoreniu základného právneho rámca pre deväť funkčných blokov vzdušného priestoru (FAB). Avšak FAB by len nahradili fragmentáciu ATM na úrovni štátu, fragmentáciou ATM na úrovni FAB. Koncept FAB je rozpadajúci sa starý koncept v novom kabáte. Zdlhavá a neefektívna implementácia FAB je zväčša politický a finančný problém, štáty sa ťažko dohodnú medzi sebou, čo je hlavná príčina väčšiny európskych problémov s ATM. Možno je čas uznať, že riešením fragmentácie nie je fragmentácia iného druhu. Skutočnosť, že FAB zlyhávajú aj pri najzákladnejších vylepšeniach ATM, vyvoláva mnoho otázok o výzvach, ktoré vyplývajú z komplexných požiadaviek budúcich ATM, a ponecháva priestor na ďalšie zlepšovanie. Na druhej strane SESAR navrhol koncept založený na letových trajektóriách (TBO), ktorý je orientovaný na trajektóriu, a nie na vzdušný priestor. Ďalšia inovácia by sa mohla dosiahnuť prechodom na virtuálne centrá a spoločnou dátovou vrstvou umožňujúcou flexibilnejšie poskytovanie služieb ATM. Flexibilné zoskupenie a rozdelenie sektorov a zodpovedajúce riadenie počtu zamestnancov by mohlo zvýšiť prispôsobivosť služieb. Vykonávanie letovo orientovaných operácií by mohlo zmeniť zodpovednosť riadiaceho z riadenia pevného dielu vzdušného priestoru na riadenie niekoľkých letov pozdĺž ich jednotlivých trajektórií. Automatizačná podpora pre

ATCO by umožnila poskytovanie ATC bez potreby špeciálnych ATCO školení zameraných na daný sektor [3].

IV. ZMENY A PRÍLEŽITOSTI

Rastúci dopyt po medzinárodnej doprave vyvinul ďalší nátlak na systém riadenia letovej prevádzky, ktorý i tak spracúva tisíce letov denne. ATM musí efektívne pracovať, aby sa predišlo oneskoreniam a zrážkam. Existujú nariadenia a odporúčania týkajúce sa kapacity a efektívnosti vzdušného priestoru,

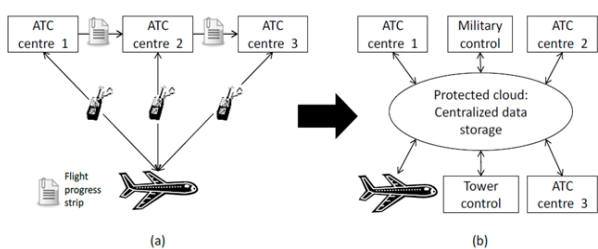


Obrázok 52 : Interoperabilná výmena údajov

zmiernenia emisií hluku a použitia fosílného paliva pri prevádzke lietadiel a celkového vplyvu letectva na životné prostredie. Letecké spoločnosti zlepšujú svoje výkony, pričom ANSP sú poverené s ich kontrolou. Nárast v používaní bezpilotných lietadiel je ďalšou významnou výzvou pre riadenie vzdušného priestoru. Civilné a vojenské orgány budú musieť koordinovať svoje činnosti, aby navrhli jednotnú štruktúru vzdušného priestoru a prevádzky. Toto je dôvod, prečo sa národné a medzinárodné vojenské orgány zapájajú do navrhovania nových stratégií. Je zjavné, že modernizácia vzdušného priestoru je nevyhnutná, ak sa chceme vysporiadať s predpokladaným rastom leteckej dopravy v nastávajúcom desaťročí [4].

V. NOVÉ KONCEPTY A ÚLOHY

Najefektívnejší spôsobom rozvoja interoperability medzi ANSP je vybudovanie prepojeného jednotného systému na zdieľanie údajov. Týmto spôsobom by boli všetky ANSP prepojené a mohli by pôsobiť ako tvorcovia ako aj spotrebitelia údajov. Centralizovaný model znázornený na obrázku 1. je navrhnutý v koncepte Systémového riadenia informácií (SWIM). Hlavným cieľom SWIM je zabezpečiť plynulú vzájomnú výmenu



Obrázok 53: sekvenčná (a) a centralizovaná (b) výmena údajov

informácií medzi všetkými poskytovateľmi a používateľmi informácií a služieb ATM. Použitím konceptu SWIM sa očakáva zvýšenie výkonu, vytvorenie leteckého intranetu založeného na štandardizovanej forme údajov a protokolov, aby sa maximalizovala interoperabilita. Primárne je SWIM uplatniteľný na úrovni štátu, ale s väčším počtom zúčastnených štátov sa zvyšuje jeho účinnosť a výhody. SWIM je efektívny, šetrný k životnému prostrediu, bezpečný a nákladovo efektívny. Vďaka aktuálnejším informáciám umožňuje ATC a poskytovateľom služieb vytvárať a používať lepšie trajektórie pre let. Prístupové protokoly a kvalita údajov budú navrhnuté tak, aby znižovali súčasné problémy v oblasti bezpečnosti. Eurocontrol a 41 priemyselných partnerov, väčšinou ANSP, uzavreli novú zmluvu o poskytovaní a správe novej paneurópskej sieťovej služby (NewPENS). NewPENS bude tiež podporovať budúce aplikácie ATM, najmä architektúru SWIM. Bude to kľúčový predpoklad pre spúšťanie služieb generovaných projektmi SESAR. SESAR je výskumný program ATM jednotného európskeho neba, teda sa jedná o technologický pilier iniciatívy SES. SESAR je mechanizmus, ktorý koordinuje a sústreďuje všetky výskumné a

vývojové činnosti EÚ v oblasti ATM a združuje medzinárodných odborníkov na vývoji novej generácie ATM [5].

Wise person group bola zriadená Európskou komisiou s cieľom preskúmať súčasný vývoj v európskej leteckej doprave, konzultovať s hlavnými zainteresovanými stranami v oblasti riadenia letovej prevádzky a usmerňovať budúce smerovania riadenia letovej prevádzky v Európe. Poskytovatelia ATM dátových služieb (ADSP) sú jednými z funkcionárov budúcej architektúry vzdušného priestoru, ktorý predpokladá štúdia SESAR JU a Wise Person Group. Koncept ADSP je odrazovým mostíkom k dosiahnutiu virtuálnej defragmentácie európskeho neba a konečnému vytvoreniu udržateľnejšieho a konkurencieschopnejšieho odvetvia. Úlohou ADSP bude riadiť všetky dátové procesy a súvisiace podporné služby, ktoré potrebuje jedna alebo niekoľko jednotiek letových prevádzkových služieb (ATSU) na poskytovanie letových prevádzkových služieb. ADSP implementuje štandardizované rozhrania na výmenu údajov s ATSU prostredníctvom siete SWIM. ADSP môžu byť samostatné organizácie odlišné od súčasných poskytovateľov letových prevádzkových služieb [6].

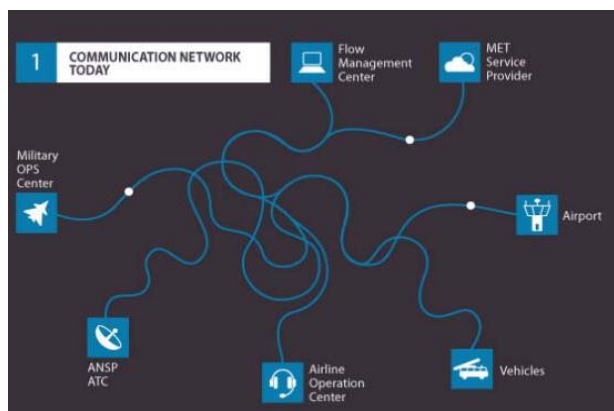
System leteckej dopravy novej generácie (NextGen) je modernizácia amerického systému leteckej dopravy vedená FAA. Toto úsilie o modernizáciu je jedným z najambicióznějších infraštruktúrnych projektov v histórii USA. Proces modernizácie zahŕňa inováciu a transformáciu technológií, ktoré sa implementujú po dôkladnom testovaní bezpečnosti a spoľahlivosti [7].

VI. POTENCIÁLNE BIZNIS MODELÝ PRE ANSP

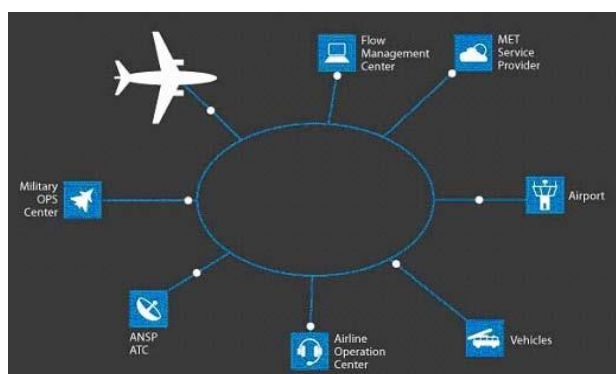
Rozličné ekonomické modely vyhovujú rozličným organizáciám a krajinám, keďže neexistuje univerzálne riešenie pre všetky subjekty v leteckom odvetví. Súčasný trend naznačuje, že ANSP sa zameriavajú na priemyselné partnerstvá, mnohí poskytovatelia prejavujú záujem o zmenu obchodného modelu, ktorý by sa bol schopný lepšie sa prispôbiť novým prevádzkovým, technologickým a organizačným potrebám. Pochopiteľne, medzi rôznymi ANSP existujú určité rozdiely, najviditeľnejšie sú medzi súkromnou alebo verejnou vlastníckou štruktúrou týchto organizácií. Všeobecne povedané, obchodné modely ANSP spadajú do jednej z týchto kategórií: štátny podnik, vládna agentúra alebo verejno-súkromné partnerstvo. [8].

VII. ZÁVER

Aj keď je vzdušný priestor spoločná zodpovednosť, riadenie letovej prevádzky v Európskej únii je stále nejednotné. Bakalárska práca na tému "The changing role of ANSP in the future ATM environment" sa zameriava na vysvetlenie významu pokroku v ATM. Diskutuje o výzvach a možnostiach ANSP a vysvetľuje nové koncepcie. Okrem toho popisuje aj budúcu architektúru ATM a identifikuje problémy fragmentovaného systému ATM. Jednotné európske nebo je najvyššou prioritou v oblasti ATM, pričom je jeho cieľom zabezpečiť spoľahlivú, bezpečnú a bezproblémovú leteckú dopravu s globálnymi partnermi. Toto je možné dosiahnuť iba zásadnými zmenami systému letovej prevádzky. Proces aplikácie zmien systému ATM nebude jednoduchý, existuje mnoho apelácií, či už politických,



Obrázok 55 : Používaný systém komunikácie



Obrázok 54 : Návrh komunikačného systému

ekonomických alebo ekologických, ale letectvo v Európe sa musí stať bezpečnejším, čistejším a nákladovo efektívnejším.

case study of piešťany airport and the proposal of measures for its revitalization. Paper presented at the Transportation Research Procedia 35, pages 209-219. doi:10.1016/j.trpro.2018.12.027

REFERENCIE

- [1] J. P. a kolektív, Svět letecké dopravy - II rozšířené vydání, Galileo CEE Service ČR s.r.o., 2015.
- [2] Eurocontrol On Behalf Of The European Union And Faa Air Traffic Organization System Operations Services, "2017 Comparison Of Air Traffic Management-Related Operational Performance U.S./Europe," European Commission, 2017.
- [3] Sesar Joint Undertaking, "A proposal for the future architecture of the European airspace," 2019. [Online]. Available: https://www.sesarju.eu/sites/default/files/2019-05/AAS_FINAL.pdf. [Accessed 4 April 2020].
- [4] IATA, "IATA," [Online]. Available: <https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/air-traffic-management/air-traffic-control-charges/>. [Accessed 15 April 2020].
- [5] Group, Wise Persons, "REPORT OF THE WISE PERSONS GROUP ON THE FUTURE OF THE SINGLE EUROPEAN SKY," Brussels, 2019.
- [6] C. Dupré, Egis, 2020. [Online]. Available: https://www.egis-group.com/perspectives/mobility/future-atm-introduction-adsp?utm_source=Blog+round+up+April+2020&utm_campaign=Blog+email+02%2F20+%28April+20%29&utm_medium=email. [Accessed 15 May 2020].
- [7] United States Department of Transportation, "FAA," 8 August 2019. [Online]. Available: https://www.faa.gov/nextgen/what_is_nextgen/. [Accessed 1 May 2020].
- [8] Ing Matúš Materna, PhD. "Variants of air navigation service providers' business models," 2019. [Online]. Available: www.sciencedirect.com. [Accessed 16 May 2020].
- [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] TOMOVÁ, A., HAVEL, K. 2015. *Ekonomika poskytovateľov leteckých navigačných služieb*. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2015. - 154 s. ISBN 978-80-554-1153-8.
- [12] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. *Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva*. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.
- [13] MATERNA, M. 2019. Variants of air navigation service providers' business models. Transportation Research Procedia 40, pages 1127-1133.
- [14] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & ŠVECOVÁ, D. 2018. The Regional Airports' Problems in the Slovak Republic: The Case Study of Zilina Airport. MATEC Web of Conferences 236, 02001
- [15] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & ŠVECOVÁ, D. 2018. The regional airports position within the slovak republic: The

NÁVRH IMPLEMENTÁCIE SENZOROV SYSTÉMU ARDUINO V MODELI DEMONŠTRAČNÉHO VETERNÉHO TUNELA

IMPLEMENTATION DESIGN OF ARDUINO SENSORS IN DEMONSTRATIVE WIND TUNNEL

Dávid Rilko

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

Pavol Pecho

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

Abstract – The intention of the paper is to acquaint the reader with the basics of aerodynamics and to clarify the theory of wind tunnels, their division, construction, functionality and today's use. The work also documents the construction process of a wind tunnel, which took place on Žilina Airport with cooperation with employees of the Department of Air Transport and its students. The work captures the process of tunnel design until its completion. The main point is the design of the wind tunnel measuring system. The work thoroughly explains the procedure for designing, connecting, programming and calibrating measuring elements and creating an overall system for measuring data for a closer understanding of aerodynamic events. The conclusion of the work is a comparison of the measuring system used in construction and the systems used in world research centres from a technical as well as an economical point of view.

Key words – aerodynamic tunnel, aerodynamic, measuring system, Arduino, elektrotechnic.

I. ÚVOD

Dizajn a navrhovanie nových prepravných prostriedkov nie len v leteckej doprave je v dnešnej dobe sprevádzané sériami simulácií a testov. S ich pomocou je možné navrhovať výsledný dopravný prostriedok do aerodynamicky dokonalého tvaru. To všetko sa odohráva ešte predtým, než sa vytvorí prvý reálny koncept. Veterné tunely prinášajú možnosť pochopenia aerodynamických javov už do samých začiatkov lietania. Sú neoddeliteľnou súčasťou pri pochopení dejov odohrávajúcich sa desiatky kilometrov vo vzduchu a to bez potreby odlepenia nôh od zeme.

Táto práca bližšie oboznamuje čitateľa so základnými zákonmi potrebnými pre pochopenie toku kvapalín ako aj aerodynamickými veličinami, ktoré sú neoddeliteľnou súčasťou aerodynamických tunelov. Taktiež je v práci vysvetlený princíp funkcie veterných tunelov, ich rozdelenie, popis jednotlivých častí ako aj spôsob určenia a mnoho ďalších. Približuje čitateľovi pohľad na aerodynamické tunely využívané vo výskumných centrách spoločne s rozvojom leteckého ako aj vesmírneho priemyslu.

Súčasťou práce je aj popis procesu výroby veterného tunela, ktorý sa uskutočnil na pôde Žilinského letiska

v spolupráci zamestnancov a študentov katedry leteckej dopravy. Práca zahŕňa popis výroby jednotlivých častí tunela s dôrazom na návrh a výrobu meracieho systému. Bližšie oboznamuje s meracími prvkami tunela ako sú senzory a výpočtová technika. Podrobne sleduje jednotlivé prvky systému z hľadísk ako sú ich programovanie, navrhovanie, kalibrovanie a realizácia zapojenia. Tak tiež rieši problémy vzniknuté v procese výstavby.

V závere je zohľadnenie výstavby ako aj návrhu meracieho systému z technického ako a ekonomického hľadiska a porovnanie kvality vytvoreného systému so systémami používanými v moderných aerodynamických tuneloch.

II. SÚČASNÝ STAV RIEŠENIA PROBLEMATIKY

Aerodynamický tunel používa jednoduchú teóriu podobnosti; všetky veterné polia tvorené tunelom sú rovnaké ako prirodzené prostredia skúmaných objektov tj. lietadiel, áut, rakiet. Prírodu je však ťažké replikovať no aj napriek tomu, ak pri objekte vystavenom určitej rýchlosti zachováme niekoľko podmienok, môžeme dostať spoľahlivé výsledky.

NASÁVACIA SEKCIA

Vstupná časť tunela konfuzorného tvaru slúži v prvom rade na nasmerovanie a kontrolovanie rýchlosti vzduchu vstupujúceho do testovacej sekcie. Zmenou pomeru plochy na vstupe a výstupe nasávania sa dosahuje požadované zrýchlenie. Nasávacia sekcia veterného tunela ďalej zabezpečuje stabilizáciu vzduchu na vstupe do testovacej sekcie. Stabilizácia je zabezpečená hladkým prechodom a plynulým zakrivením. Dôležitými parametrami sú dĺžka a výška nasávacej sekcie. Dĺžka by mala byť čo najväčšia aby sa minimalizoval vznik medznej vrstvy a tým sa zabránilo vzniku turbulencii.[3][15]

DIFÚZNA SEKCIA

Je umiestnená medzi testovacou sekciou a ventilátorom. Pri ťažnom type je pohon tunela umiestnený na jeho konci, keďže má veľký vplyv na tvorenie turbulencii. Pri navrhovaní je dôležité zabezpečiť to, aby sa pri prechode vzduchu na takúto krátku vzdialenosť neoddelila medzná vrstva. Uhol a pomer medzi vstupnou a výstupnou časťou charakterizujú celkovú geometriu difúznej časti. [3][15]

TESTOVACIA SEKCIA

Je hlavnou časťou každého veterného tunela. Priamo v nej sú umiestnené skúmané objekty. Postupom rokov boli odskúšané rôzne tvary testovacích sekcií no žiadnemu sa nevyrovná obdĺžniková. Tento tvar je v rámci inštalácie skúmaných modelov, funkčnosti a umiestnenia senzorov najpraktickejší. Rozmery testovacej sekcie úzko súvisia s rozmermi iných častí tunela a cieľených dosahovaných rýchlostiach prúdenia. Kvalita toku vzduchu v testovacej sekcii reprezentuje celkový výkon veterného tunela.

POHONNÁ JEDNOTKA

Slúži ako pohon tunela pomocou ktorého je vzduch hnaný jeho časťami. Ak je tunel ťažného typu, smer prúdu je opačný a vzduch je naopak nasávaný cez všetky časti tunela. Na pohon sa zväčša používajú ventilátory s elektromotormi. Pri nadzvukových tuneloch je prúdenie zabezpečené pomocou tlakovej nádoby, ktorá sa po svojom naplnení plynom vypúšťa cez priestory tunela.

III. MERACIE VYBAVENIE AERODYNAMICKÝCH TUNELOV IDEÁLNY MERACÍ SYSTÉM

Jedným zo spôsobov ako začať navrhovanie systému pre meranie je popísať ho ako ideálny systém pre dosahovanie potrebných výsledkov. Ten by mal byť schopný zaznamenávať namerané dáta nepretržite s absolútnou presnosťou a prezentovať ich bez vzniku chýb. Medzi základné otázky patria: Aké problémy sa budeme snažiť riešiť a aké významné dáta bude systém generovať? V akom množstve a pri akej rýchlosti majú byť dáta merané? Ako majú byť získané dáta ďalej spracované? V akej forme majú byť prezentované? Aké chyby sú prípustné? Odpovede na tieto otázky nám objasnia: Požadovaný režim činnosti: statický, dynamický alebo oboje. Tvar vstupných údajov; tlak, teplota, požadovaná rýchlosť merania, deformácia atď. Potrebnú kapacitu dátového kanála. Rýchlosť a veľkosť pamäte procesora. Nástroje na prezentovanie dát a presnosť systému.

MERACIE PRVKY MODERNÝCH AERODYNAMICKÝCH TUNELOV

Firmy zaoberajúce sa ponukou vysoko-citlivých senzorov ako aj výpočtovej techniky nie len pre meranie vo veterných tuneloch, sú podniky HBM či PCB Piezotronics. Produkty týchto firiem pokrývajú senzory ako sú akcelerometre, prevodníky, tenzometre, zosilňovače, snímače zaťaženia a krútiaceho momentu či systémy na zber dát. Tak tiež ponúkajú služby spojené s meraním ako sú zisťovanie štruktúrálnej pevnosti, testovanie, analyzovanie dát či obsluha softwaru. Ich zameranie ma širokú škálu použitia v technickom odvetví, energiách, výskume a pod. Konkrétne firma PCB Piezotronics disponuje ponukou produktov určených výlučne pre veterné tunely od subsonických až po transonické.



Obrázok 56: Senzory firmy PCB Piezotronics
(zdroj: <https://www.pcb.com/Contentstor>)

3-KOMPONENTNÉ SENZORY SILY

Piezoelektrické senzory sily sú určené na meranie dynamiky a kvazistatických síl. Vyznačujú sa vysokou tuhosťou, rýchlou odozvou a opakovateľným výkonom ktorý im umožňuje zachytiť vysoké frekvencie a rýchlo sledovať prechodové udalosti ako sú napríklad nárazy. Ich vysoká tuhosť im umožňuje pretrvať opakujúce sa cykly bez únavy.

AKUSTICKÉ TLAKOVÉ MIKROFÓNY

Snímače merajú pulzovanie, prechodové a turbulentné akustické javy na leteckých prostriedkoch resp. iných konštrukciách. Taktiež sa používajú na meranie dynamického a akustického tlaku v lietadlách a raketách. Slúžia pre nízky odpor, vysoké výstupné napätie a vydržia aj nárazy počas oddelenia jednotlivých stupňov rakety.

TLAKOVÉ SENZORY

Na meranie tlakových impulzov s krátkou vlnovou dĺžkou je piezoelektrický snímač tlaku vybavený 0,5 ms odozvou. Čas odozvy snímača presne meria tlakové špičky z rýchlo stúpajúcich nárazových vln a javov veľmi vysokých frekvencií tlaku. Snímací prvok s priemerom 1 mm umožňuje meranie dopadajúcich tlakových vln s krátkou vlnovou dĺžkou.

AEROLAB

Popredná firma na výrobu malých veterných tunelov profesionálnej kvality pre akademické, súkromné a vojenské účely. Pobočka s rozlohou 20 000 štvorcových stôp zahŕňa projektovanie, obrábanie, zváranie, lakovanie a elektroniku výlučne pre vývoj a výstavbu širokého spektra aerodynamických tunelov a aerodynamických prístrojov. Ich výrobky pokrývajú otvorené aj uzatvorené tunely s rýchlosťami od nízkorýchlostných až po podzvukové.[9]



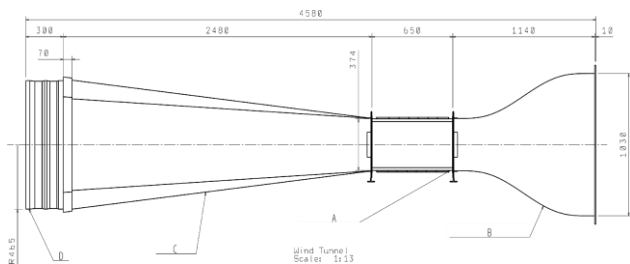
Obrázok 57: Otvorený tunel firmy AeroLab
(zdroj: www.aerolab.com)

IV. VÝSTAVBA TUNELA

Cieľom projektu bolo zostaviť aerodynamický tunel pre demonstračné edukačné účely a zhotoviť merací systém na sledovanie dejov, ktoré sa v tuneli počas experimentov odohrávajú. Proces výstavby sa odohrával na pôde Žilinskej Univerzity konkrétne v zrekonštruovaných dielňach na Žilinskom letisku. Prvým krokom výstavby tunela bol jeho návrh. Celkový dizajn tunela a s ním aj všetkých drevených komponentov tunela vypracoval vedúci práce Ing. Pavol Pecho PhD.

STAVBA DREVENÝCH SÚČASTÍ

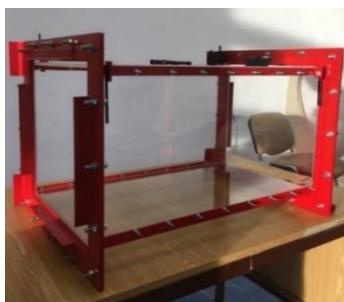
Jednotlivé časti tunela boli vytvorené prevažne z dreva, tvarovaného do požadovaných tvarov a rozmerov. Na nasávaciu a difúziu boli použité tri milimetrové preglejky, ktoré boli ohýbané a lepené pomocou foriem a po zaschnutí vytvorili $\frac{1}{4}$ spomínaných častí. Na zlepenie 4 súčastí do celku bolo použité lepidlo na namáhané spoje. Konečná dĺžka tunela predstavovala 4500 milimetrov s prierezom ventilátora o veľkosti 940 milimetrov a nasávacou časťou v tvare štvorca s hranou dlhou 1000 milimetrov. Na Obrázku 2 je možné vidieť rozmery jednotlivých častí tunela.



Obrázok 58: Rozmery veterného tunela (zdroj: Ing. Pavol Pecho PhD.)

STAVBA KOVOVÝCH SÚČASTÍ

Zváranie všetkých kovových pásovín do tvaru testovacej sekcie bolo zabezpečené firmou Kobaltsky Welding. Konštrukcia sa skladala z dvoch rámov a vnútornej konštrukcie, ktoré boli medzi sebou spojené 8 mm skrutkami a maticami. Rámy boli skonštruované do tvaru písmena „L“, aby bolo možné ich pripojenie so zvyšnými časťami. Súčasťou testovacej sekcie boli aj štyri kusy plexiskiel z ktorých tri boli s konštrukciou spojené pomocou 4 mm skrutkami a maticami. Hlavičky matic sme z vnútornej strany zapustili aby bolo prúdenie čo najmenej turbulentné. Pre lepšiu viditeľnosť dymu bolo zavedené osvetlenie použitím LED pásov.



Obrázok 59: Testovacia sekcia (zdroj: autor)

VÝSTAVBA OPORNEJ KONŠTRUKCIE

Na vytvorenie podstáv pre všetky časti boli použité drevené hranoly. Hranoly boli povrchovo opracované hobl'ovačkou a narezané na požadované dĺžky a uhly. Takto vytvorené podstavy boli spojené s nasávacou a difúznou časťou pomocou závrtných matic, umiestnenými do hranolov a skrutkami prechádzajúcimi cez spomínané časti. Takýto spôsob bol použitý aj na spojenie s testovacou sekciou. Do rámov bolo vyvŕtaných 12 dier cez, ktoré viedli skrutky do závrtných matic umiestnených v drevných častiach. Posledným krokom výstavby bola konzervácia dreva použitím laku.



Obrázok 60: Zhotovený veterný tunel (zdroj: autor)

V. NÁVRH A IMPLEMENTÁCIA MERACIEHO VYBAVENIA

Pred začiatkom výstavby bolo potrebné rozvrhnúť, ktoré veličiny majú byť skúmané a následne vybrať všetky potrebné senzory, výstupné zariadenia a od ich náročností aj výpočtovú techniku. Ako alternatíva bol vybraný programovateľný mikropočítač Arduino. Jeho úlohou je zaznamenávať atmosférickú teplotu a tlak v testovacej sekcií. Pre ich porovnanie by mal systém merať aj hodnoty teploty a tlaku z nerušeného pol'a. Taktiež má zaznamenávať a vyhodnocovať rýchlosť prúdenia pomocou celkového a statického tlaku, a zaznamenávať sily vytvárajúce telesom, vznikajúce v dôsledku prúdu vzduchu. Všetky nemerné dáta má následne vypísať prostredníctvom výstupných zariadení.

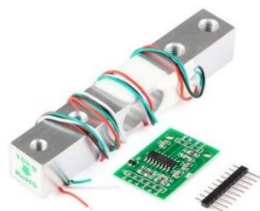
ARDUINO

Vývoj Arduina začal v roku 2005, keď sa v talianskom Interaction Design Institute v meste Ivrea rozhodli vytvoriť lacný a jednoduchý vývojový set pre študentov. Medzi študentmi sa Arduino rýchlo uchytilo a tvorcovia ho rozšírili do celého sveta. Vďaka svojej open-source platforme a rozmanitosti zariadení má všestranné použitie. Na tento projekt bola použitá vývojová doska Arduino Mega 2560. Zväčšením rozmerov prináša Mega priestor pre väčší a výkonnejší čip a zároveň priestor pre viac použiteľných vstupov.

MERANIE SÍL VYTVORENÝCH MODELOM

Systém merania má zabezpečovať snímanie síl vytváraných telesom v dôsledku prúdu vzduchu v smere prúdenia a kolmo naň. Vytvorený prevodový mechanizmus prenáša sily pôsobiace telesom na senzory. Šlo o dva digitálne senzory hmotnosti, fungujúce na princípe malého menenia odporu pri ohybe materiálu. Z miesta ohybu materiálu sú vedené 4 vodiče

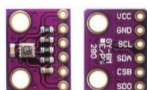
z ktorých sa signály musia previesť z analógových na digitálne pomocou 24 bitového AD prevodníka HX711. Pri použití správnej pracovnej frekvencie dosahuje senzor presnosť $\pm 0,0002\%$.



Obrázok 61: Senzor hmotnosti s AD prevodníkom HX711 (zdroj: <https://www.banggood.com/HX711-Module-20kg-Aluminum>)

MERANIE ATMOSFÉRICKEHO TLAKU A TEPLA

Digitálny senzor BMP280 od firmy Bosch zabezpečuje meranie celkového atmosférického tlaku a teploty. Senzor dokáže merať tlak v rozsahu od 300 do 1100hPa s presnosťou ± 1 hPa a okolitú teplotu v rozsahu -40 až $+85^{\circ}\text{C}$ s presnosťou 1°C . Komunikácia s doskou môže byť zabezpečená dvoma spôsobmi a to prostredníctvom I2C Bus alebo SPI pinov.



Obrázok 62: Senzor atmosférického tlaku a teploty BMP280 (zdroj: <https://forum.arduino.cc/index.php?topic=654763.0>)

MERANIE RÝCHLOSTI PRÚDENIA VZDUCHU

Na meranie rýchlosti prúdu vzduchu v testovacej sekcii sa okrem Arduino senzora použil aj kvapalinový manometer. Ten, na určenie dynamického tlaku sleduje tlak celkový a statický, ktoré získava z pitot-statickej trubice. Dôvodom použitia aj analógového merania je získanie údajov pre porovnanie dát z elektronických senzorov, ich korekciu a tým dosahovanie presnejších výsledkov. Elektronický snímač dynamického tlaku pracuje na rovnakom princípe, teda výpočte rozdielu tlakov.

V projekte bol použitý senzor typu MPXV5004DP s rozšírením na pripojenie k Arduino doske. Pracovný tlak senzora je 3,93 kPa kde s presnosťou $\pm 1,5\%$, s rozsahom do 16kPa.



Obrázok 63: Senzor dynamického tlaku s pitot-statickou trubicou (https://hobbyking.com/en_us/hk-pilot-analog-air-speed-sensor-and-pitot-tube-set-update-pitot-tube.html?)

MERANIE OTÁČOK VENTILÁTORA

Použitý bol senzor fungujúci na princípe vyžarovania infračerveného žiarenia. Súčasťou senzora je dvojica diód Tx a Rx, slúžiacich ako vysielateľ a prijímač infračerveného žiarenia. Úlohou senzora je zaznamenať prítomnosť objektu nachádzajúceho sa pred ním a podľa toho vypísať hodnotu 0 alebo 1. Úlohou programu je spočítať všetky zaznamenané hodnoty 1 v priebehu jednej sekundy. Ich vypísaním dostaneme RPS alebo inak otáčky za sekundu.



Obrázok 64: Infračervený senzor (zdroj: <https://techfun.sk/produkt/infracervený-senzor-pre-vyhybanie-sa-prekazkam/>)

VÝPIS ÚDAJOV PROSTREDNÍCTVOM LCD DISPLEJOV

LCD displeje sú lacnou a efektívnou alternatívou pre výpis údajov pri práci s arduino doskou. Vypisujú len slovné a číselné informácie, založený na vkladaní do riadkoch a stĺpcoch. Na projekt boli použité dva displeje o veľkosti 20x4 pričom jeden vypisoval hodnoty otáčok za sekundu, otáčok za minútu a percentuálny výkon pohonnej jednoty. Druhý slúži pre pridanie sledovania vibrácií v budúcnosti.



Obrázok 65: LCD displej 20x4 (zdroj: <https://circuit.rocks/lcd-20x4-character-module-blue-backlight.html>)

VÝPIS ÚDAJOV PROSTREDNÍCTVOM TFT DISPLEJA NEXTION

Dotykové TFT displeje ponúkajú omnoho viac možností výpisu a vytvárania užívateľského rozhrania ako spomínané LCD. Na rozdiel od nich dokážu okrem číselných a slovných údajov vytvárať aj mnoho ďalších nástroj pre výstup informácií. Ako vhodný bol použitý displej NX8048T070 od firmy Nextion so 7 palcovou obrazovkou. Súčasťou displeja je aj softvér Nextion Editor, pomocou ktorého je možné vytváranie užívateľského prostredia pre displeje značky Nextion. Tie si stačí vybrať z rôznych možností ako sú text, číslo, desatinné číslo, obrázok, graf, budík, časovač, tlačidlo, QR kód atď. Na displeji sú vypisované údaje tlaku a teploty v testovacej sekcii, teploty a tlaku mimo tunela, hodnoty vztlaku a odporu a rýchlosť prúdenia vzduchu.

EXPORT ÚDAJOV

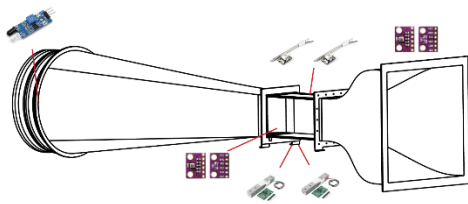
Na prácu s nameranými dátami mimo veterného tunela prípadne pre ich použitie na ďalší výskum je potrebné ich exportu z arduino dosky do tabuľkového softwaru. V ňom je možné sledovať konkrétne zmeny teploty, tlaku, vztlaku a odporu so zmenou rýchlosti prúdenia. Vhodným softvérom je PLX-DAQ, ktorý prevádza dáta z dosky priamo do programu Microsoft Excel. Dáta sú odosielané s frekvenciou na ktorej beží celkový program. Softvér ponúka aj možnosť časovača, ktorý sa spustí po začatí zaznamenávania dát.



Obrázok 66: Zhotovená riadiaca skrinka (zdroj: autor)

NÁVRH RIADIACEJ SKRINKY A CELKOVÉ ZAPOJENIE MERACIEHO SYSTÉMU

Pre bezpečné uschovanie dosky a displejov bola navrhnutá riadiaca skrinka zhotovená 3D tlačou. Takto vytvorená skrinka dosahuje potrebnú pevnosť na uschovanie potrebných zariadení, keďže sa na vyplnenie jej stien použila metóda tlačenia v mriežke, patriaca k najpevnejším. [10] Súčasťou skrinky je aj potenciometer pripojený k frekvenčnému meniču. Ním je možné meniť otáčky ventilátora a tým regulovať rýchlosť prúdenia v tuneli. Na prepojenie medzi doskou a senzormi boli použité sieťové UTP káble. Umiestnenie senzorov je bližšie zobrazené na obrázku nižšie.



Obrázok 67: Umiestnenie senzorov v rámci veterného tunela (zdroj: Ing. Pavol Pecho PhD.)

VI. KALIBRÁCIA SENZOROV

Pri kalibrácii sa bolo potrebné zamerať na senzor dynamického tlaku, kde poloha pitot-statickej trubice vplyva na výsledné dáta. Potrebné bolo aj určiť hustotu vzduchu vztiahnutú na výšku letiska a teplotu vzduchu v pracovných dielňach.

Pri kalibrácii váh bolo potrebné určiť, či majú byť vypísané hodnoty tiaže vytvárajúce vloženým modelom do prevodového mechanizmu, alebo majú po vložení vypisovať hodnotu 0. Z merania bolo taktiež potrebné odčítať váhu spomínaného mechanizmu.

VII. ZHODNOTENIE NÁVRHOV

Realizácia projektu trvala skupine šiestich ľudí približne 3 mesiace a viac ako 1500 pracovných hodín práce. Boli použité finančné zdroje vo výške približne 3500€, ktoré boli získané z grantového projektu Žilinskej univerzity pre doktorandov a mladých vedcov. Ďalšie prostriedky boli získané z katedry leteckej dopravy a súkromných sponzorov. Na meracie vybavenie boli použité prostriedky vo výške 325,6€. Proces programovania, navrhovania, zapojenia a ostatných úkonov spojených pri vytváraní trval niekoľko mesiacov.

NÁVRH VYLEPŠENIA A OPTIMALIZÁCIE SYSTÉMU

Pre presnejšie údaje je jedným z návrhov vylepšenia použitie kvalitnejších a presnejších senzorov. Použitím mikropočítača s výšou frekvenciou a rozlišovacou schopnosť je možné zvýšiť tok dát a skvalitniť výsledky. Ďalšou možnosťou rozšírenia systému je pridanie možnosti sledovania vibrácií skúmaného modelu a následne použitie dát na vytvorenie vibračných charakteristík. Tie sú dôležité v leteckej sfére pri výrobe nových typov lietadiel ako resp. ich jednotlivých častí.

K ďalším možným rozšíreniam tunela patrí aj vytvorenie prídavnej časti, v ktorej by bolo možné skúmať vplyv vetra na malé bezpilotné lietajúce prostriedky. Výsledkom by boli korekcie a následná kalibrácia týchto prostriedkov pre civilné aj vojenské účely.

VIII. ZÁVER

Výsledkom bakalárskej práce „Návrh implementácie senzorov systému v modeli demonštračného veterného tunela“ je návrh a s ním aj popis procesu výstavby aerodynamického tunela so zameraním na vytvorenie meracieho systému. Výstavba bola realizovaná na pôde Žilinského letiska LVVC v novo zrekonštruovaných dielňach.

V práci je opísaný postup vytvorenia meracieho systému a môže slúžiť ako podrobný návod pri vytváraní rovnakých resp. podobných systémov obsahujúcich použité senzorové vybavenie. Výstupom tohto systému sú hodnoty rýchlosti prúdenia vzduchu, ich atmosférické veličiny ako sú teplota a tlak. Taktiež sú sledované hodnoty síl vytvorených skúmaným modelom vplyvom prúdom vzduchu a otáčky pohonnej jednotky. Všetky sledované dáta sú vypisované prostredníctvom výstupných zariadení. Prílohy obsahujú použitý program pre ďalšiu prácu. Vytvorený systém spĺňa všetky podmienky určené pri jeho počiatočnom navrhovaní a je plne kompatibilný s vytvoreným tunelom. Výkonnostné obmedzenia systému sú v limitácii pre účely edukačné a demonštračné, ako bolo určené. Priemerná presnosť jednotlivých zariadení sa pohybuje na vysokej úrovni čo vytvára systém s celkovou presnosťou $\pm 0.25\%$. S dosahovanou presnosťou je výbornou pomôckou pre ďalší rozvoj a výskum študentov Žilinskej univerzity.

Skupina ľudí ako aj autor práce, podieľajúcim sa na projekte, sa aj po dokončení výstavby ďalej participujú na jeho vylepšení a zdokonalení, medzi ktoré patria: použitie výkonnejšej pohonnej jednotky pre dosahovanie vyšších rýchlostí, pridanie senzora vibrácií na skúmanie vibračných charakteristík a pridanie prídavnej časti na sledovanie vplyvu vetra na UAV.

PodĎakovanie

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] Bugaj, Martin. *Aeromechanika I*. Bratislava : DOLIS, 2015. ISBN 978-80-970419-3-9.
- [2] Zbyšek, Voda. *Průvodce světem arduino*. s.l. : HW Kitchen , 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.
- [3] Jewel B. Barlow, William H. Rae, Alan Pope. *Low-speed wind tunnel testing*. s.l. : John Wiley & Sons, 1999. ISBN 0-471-55774-9 .
- [4] D.M.Sykes. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. A new wind tunnel for industrial aerodynamics*. 2, 1977, Zv. I.
- [5] Piezotronics, PCB. PCB Piezotronics. *www.PCB.com*. [Online],2020.https://www.pcb.com/Contentstore/mktgcontent/LinkedDocuments/Aerospace/AD_WindTunnel_LOWRES.pdf.
- [6] NASA. Pitot-static tube. *resources.saylor* . [Online] 2011. <https://resources.saylor.org/wwwresources/archived/site/wp-content/uploads/2011/07/ME301-7.2.2.pdf>.
- [7] Arduino. Arduino Forum. *Arduino* . [Online] 2020. <https://forum.arduino.cc>.
- [8] Covey, Robert E. *Wind tunnel data processing*. s.l. : AGARDograph 85, 1964.
- [9] LLC, AeroLab. AeroLab. *www.aerolab.com*. [Online] 2020. <https://www.aerolab.com/products/educational-wind-tunnel-ewt/>.
- [10] Pavol Pecho, Viliam Ažaltovič, Branislav Kandra, Martin Bugaj,. Introduction study of design and layout of UAVs 3D printed wings in relation to optimal lightweight and load distribution. *Transportation Research Procedia*. 2019, Zv. 40.
- [11] Chanetz, Bruno. A century of wind tunnels since Eiffel. *Comptes Rendus Mécanique*. 8, 2017, Zv. 345, ISSN 1631-0721.
- [12] NASA.gov. NASA. [Online] NASA Ames Research Center, 03.02.2005. <https://www.nasa.gov/centers/ames/multimedia/images/2005/nfac.html>.
- [13] Kandra, Branislav. *Letecké prístroje 2*. Žilina : EDIS, 2001. ISBN 80-7100-824-9.
- [14] Smith, Alan. G. *Introduction to Arduino: A piece of cake!* s.l. : Alan. G. Smith, 2011. ISBN-13: 978-1463698348.
- [15] Bradshaw, R.C. Pankhurst. The design of low-speed wind tunnels. *Progress in Aerospace Sciences*. 1964, Zv. 5, ISSN 0376-0421.
- [16] Zanon, E.-S. Flow characteristics in low-speed wind tunnel contractions: Simulation and testing. *Alexandria Engineering Journal*. 4, 2018, Zv. 57, ISSN 1110-0168.
- [17] Bugaj, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4
- [18] Bugaj, M. 2005. Aircraft maintenance - new trends in general aviation. *Promet - Traffic - Traffico*, 17(4), pages 231-234.
- [19] Holoda, Š., Pecho. P., Janovec M. & Bugaj, M. 2017. Modification in Structural Design of L-13 "blanik" Aircraft's Wing to Obtain Airworthiness. *Transport Problems* 7(1), pages 77-86

Bc. Dávid Rilko – narodený v Bardejove absolvoval v roku 2017 Súkromné Gymnázium v Bardejove, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.

DĹŽKA REAKČNÉHO ČASU PILOTA PRI VYBRANÝCH LETOVÝCH ÚKONOCH

THE LENGTH OF THE REACTION TIME OF A PILOT CHOSEN FLIGHT OPERATIONS

Peter Sloboda

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
peto1144@gmail.com

Iveta Škvareková

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

Abstract – The main aim of this paper is methodics proposal of the reaction time of a pilot measurement by the various flight operations. It is possible to use a several methods when doing the reaction time measurement. We proposed to apply the video camera device GO PRO and the Eye Track Glasses (ETG). Due to the health and safety, the process of measurements happened at the simulator L-410, which is equipped with the glass cockpit. In order to achieve the objective results we propose to test the pilots of various numbers of flown hours. The whole process of the testing flight is proposed in the methodology. The testing flight is aimed to find out the biological perceptions of human as a reaction to the various impulses. As a result, we will compare the time difference of the reaction to the visual, acoustic and audiovisual impulses, which are controlled by an aircraft in the event a threat to flight safety.

Key words – pilot, reflex, reaction time, central nervous system, psychological aspects.

I. ÚVOD

Jedným z najdôležitejších faktorov bezpečnosti leteckej dopravy je kvalita výcviku pilotov, ktorí neustále nacvičujú situácie, ktoré sa môžu vyskytnúť v bežnej prevádzke. Ich schopnosti však môžu byť do veľmi veľkej časti obmedzené z dôvodu nepozornosti, nedostatočnému venovaniu sa pilotovaniu lietadla. V posledných rokoch sa využíva v lietadlách pokročilá elektronická technika ako napríklad tablety, prenosné počítače, Ipad a podobne. Výhoda je, že aplikácie v týchto zariadeniach pomôžu pilotovi za pár sekúnd vypočítať všetko potrebné pre let, alebo napríklad ukázať aktuálnu zemepisnú polohu lietadla. Má to však aj negatívny vplyv z pohľadu, že pilotom odkláňajú pozornosť od kontrolovania dôležitých informácií o lete, ktorá môže viesť k strate orientácie v priestore, prípadne pri krízovej situácii k ohrozeniu bezpečnosti lietadla. V niektorých situáciách má pilot len niekoľko sekúnd na rozhodnutie, ktoré rozhodujú o živote alebo smrti. V tejto bakalárskej práci sa budeme venovať

testovaniu pilotov, do akej miery môže byť ovplyvnená ich reakčná doba pri rušivých elementoch, ako dokáže každý pilot zareagovať na podnety viacerých simulácií a do akej miery ovplyvní reakčnú dobu počet nalietaných hodín a skúsenosti testovaných pilotov.

II. PSYCHOLOGICKÉ ASPEKTY PILOTA

Pilot sa počas letu musí venovať viacerým činnostiam zároveň. Okrem manuálneho riadenia smeru, výšky a rýchlosti lietadla, musí svoju pozornosť venovať aj správnej navigácii, komunikácii s riadením letovej prevádzky a monitorovaniu rôznych hodnôt pre bezpečný let celého lietadla, ako sú napríklad informácie o množstve paliva, teplôt a tlakov v motore. Pozornosť je jeden z hlavných faktorov, ktoré ovplyvňujú reakčnú dobu pilota. Pilot je vystavovaný veľmi veľkému toku vysielaných informácií, ktoré musí vedieť spracovať a vyhodnotiť. V modernej dobe, kde každý pilot (študent) vlastní mobilný telefón a využíva ho počas letu, porušuje nie len predpisy o manipulácii s mobilnými zariadeniami, ale ovplyvňuje najmä svoju pozornosť. Čo i len jedna fotografia, ktorú si chce daný pilot spraviť, v krízovej situácii niekoľkonásobne predĺži reakčnú dobu pilota.

Pozornosť je schopnosť zamerať sa na jeden konkrétny predmet, dej alebo viacero zároveň. Úlohou pozornosti je, poslať do vedomia iba určitý počet informácií. Má ochrannú funkciu, aby nebol mozog zahŕňený veľa informáciami, ale sústreďuje sa iba na tie významné. Môžeme ju rozdeliť na aktívnu, ktorá je cielene zameraná na nejaký predmet a pasívnu, ktorá v nás upúta pozornosť. (Jakubeková, 2014). Ako aktívnu môžeme v kokpite považovať napríklad hľadanie potenciálnej pozície na mape. Ako pasívnu môžeme považovať napríklad nezvyčajný hluk motora.

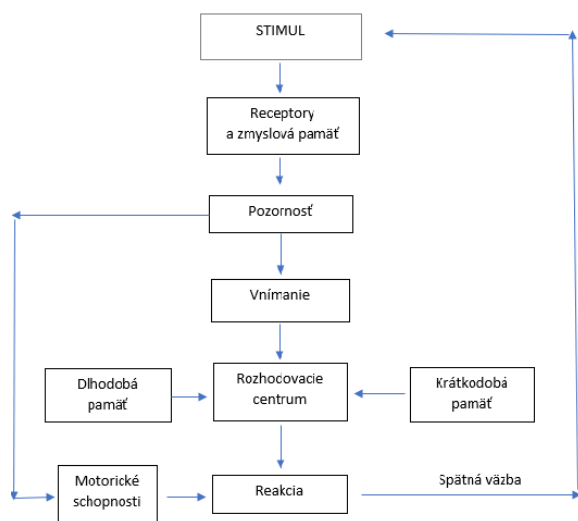
Letecká doprava prešla v posledných rokoch veľkou zmenou, kde sa neustále vyvíjajú nové, moderné a bezpečnejšie lietadlá. Väčšina nehôd dopravných lietadiel, je zapríčinená ľudským faktorom. Preto sa výrobcovia snažia pomôcť k eliminácii zlých rozhodnutí pilotov a inštalujú do lietadiel moderné elektronické zariadenia. V najnovších lietadlách môžeme vidieť LCD obrazovky, ako je napríklad v Boeingu 787 Dreamliner.

V minulosti, boli v kokpitoch inštalované iba ručičkové prístroje, ktorých však bolo veľmi veľa. Dnes inžinieri navrhujú kokpity tak, aby bola prevažne využitá elektronika prostredníctvom počítaču. V obrázkoch 1 a 2 je vidieť rozdiel, ako výrobcovia prechádzajú na využívanie prevažne digitálnych obrazoviek.

Piloti zmenili postavenie v kokpite a s postupom času modernizácie a inovácie dopravných lietadiel prešli na prácu monitorovaciú, ktorá môže byť pri dlhých letoch najmä v kritickej časti letu, ako je priblíženie a pristátie veľmi nebezpečná. Po dlhom lete, môže byť jedným z dôvodov zlého rozhodnutia napríklad únava pilota. Je to zapríčinené monotónnosťou dlhého letu, kedy pilot pri dlhšej nečinnosti má problém čo najrýchlejšie urobiť nejaké rozhodnutie.

Rozhodovacie schopnosti môžu byť ovplyvnené rôznymi faktormi. Vedomosťami, rušivými elementami, stresom, zlým psychickým stavom pilota, omamnými alebo psychotropnými látkami. Reakcia pilota môže byť v kritickej situácii negatívne ovplyvnená, ak pilot niektoré úkony vykonáva stereotypne. Vtedy urobí daný úkon iba mechanicky, ale nerozmyšľa nad ním, či je bezpečné vykonať ho a aké to bude mať následky.

Reakčný čas je časový interval medzi podnetom a uskutočnením reakcie na daný podnet. Tento môže byť ľubovoľný. Môže byť uskutočnený zrakom, sluchom a prípadne aj hmatom. Výslednou jednotkou reakčnej doby je čas.



Obrázok 1: Schéma reakčnej doby pilota

Zmyslové orgány človek využíva na prenos informácií z vonkajšieho prostredia do vnútorných orgánov pomocou nervových buniek, ktoré sú citlivé na podnety a nazývajú sa receptory. Tieto receptory reagujú na podnety okolia ako sú napríklad svetlo, zvuk, zápach a podobne. Podľa pôvodu podnety rozdeľujeme na exteroceptory (príjem podnetov z vonkajšieho

prostredia) a interoceptory (reagujú na zmeny vnútorného prostredia). Človek má päť základných zmyslov. Zrak, čuch, sluch, hmat a chuť.

Stres je negatívna situácia - pocit tlaku, napätie a záporné emócie. Stres sa z psychologického hľadiska vyskytuje vtedy, keď má človek pocit, že jeho schopnosti nie sú dostačujúce na vykonanie požadovanej aktivity. Má viacero zložiek a preto musíme rozlišovať stresory a reakcie na stres (Ayers, de Visser, 2011). Stresory sú vonkajšie alebo vnútorné udalosti, ktoré spúšťajú reakciu na stres. Stres v malom rozsahu môže mať na človeka pozitívny vplyv, že daný jedinec sa potom viacej sústreďí na vykonávanú činnosť a vie skôr rozpoznať závažnosť situácie. Ak pretrváva tento stres dlhšie, ľudské telo už nedokáže ďalej bojovať proti tejto emócií a vyčerpá sa. Táto situácia práve naopak, môže ohroziť správne rozhodnutie pilota. Každý človek sa inak vyrovnáva so vzniknutým problémom v daných situáciách a to ovplyvňuje rýchle jednanie a reakcie.

III. ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

Priemerne je vo vzduchu okolo 200-tisíc lietadiel za deň. Niet preto pochýb, že bezpečnosť by mala byť na prvom mieste. Okrem dobrého technického stavu lietadla, k tomu prispieva aj kvalita pilotov a ich správne rozhodovanie. Väčšina leteckých nehôd je práve zapríčinená ľudským faktorom.

Počas vojny, pri najväčšom rozmachu stavby lietadiel, sa kládol dôraz najmä na kvalitu stroja ako je napríklad dĺžka doletu a rýchlosť lietadla. Kvalita samotného pilota išla bokom. Postupom času sa vyšetrovaním dopravných nehôd zistilo, že práve piloti boli tí, ktorí v danej kritickej situácii nesprávne zareagovali. Moderné výukové osnovy pilotov preto zahŕňajú danú problematiku a možné scenáre nacvičujú pravidelne na simulátore, aby boli pripravení správne a včas zareagovať. Takto sa snažia inštruktori eliminovať pocit stresu.

Podľa štatistík leteckých nehôd od roku 1950 je jednoznačne preukázané, že najčastejšie zlyháva ľudský faktor. Medzi najčastejšie príčiny spôsobené chybou pilotov patria napríklad: nesprávne postupy, zostup pod minimálnu výšku, priestorová dezorientácia, predčasný zostup, vysoká rýchlosť pristátia, nedobrzdenie, nedostatok paliva, pristátie na zlé vzletovo-pristávaciu dráhu.

Podľa výskumu v roku 1986 kde testovali pilotov rôznych typov lietadiel mal najväčší vplyv na reakčný čas ich vek. Braune a Wickens dospeli k záveru, že u pilotov starších ako 40 rokov klesá reakčný čas a priestorové schopnosti. Werner B. a kol. (2002), chceli toto tvrdenie overiť a vytvorili preto projekt zameraný na testovanie reakčného času a to pilotov s rôznym vekom,

lietanim na iných typoch lietadiel a rôznym počtom nalietaných hodín. Ich záverom bolo, že vek, je hlavným faktorom ovplyvňujúcim reakčnú dobu. Celkový počet nalietaných hodín a množstvo nadobudnutých skúseností je pozitívnym faktorom ovplyvňujúcim reakčnú dobu a teda skraca ju. To, na akom type lietadla pilot lieta, nemalo vplyv na jeho výsledky.

Michael Russo a kolektív skúmali, ako môže ovplyvniť reakčný čas pilotov únava a nedostatok spánku. Ich výsledkami meraní prišli k záveru, že únava ovplyvňuje najmä vizuálnu stránku pilota a hlavne pri nočných letoch je pri únave pilota zhoršená reakcia na vizuálne indikácie.

Podľa súdneho znalca v odbore cestnej dopravy Marcela Janča reakčný čas človeka výraznejšie klesá nad 60 rokov. S rastúcim vekom človeka sa menia aj jeho schopnosti reakcií, ktoré sú ovplyvnené najmä zhoršujúcim sa zdravotným stavom a taktiež starší človek podlieha oveľa skôr únave ako mladý človek.

IV. NÁVRH METODIKY MERANIA

Cieľom merania je zistiť, do akej miery, môže byť rozhodnutie pilota ovplyvnené rušivými elementami, ako je napríklad už hore spomínaný stres, skúsenosti alebo indikácia problému v lietadle alebo vplyv veku pilota na rýchlosť reakcie. Celé meranie bude prebiehať na simulátore z dôvodu bezpečnosti. Vybrali sme si merať dĺžku reakčného času od doby, kedy pilot dostane najprv vizuálny podnet pri vysadení motora a bude sa počas toho venovať obsluhu elektrického zariadenia iPad, do momentu, kedy zistí, aký problém momentálne v kokpíte má. Druhú časť doby budem analyzovať od momentu zistenia príčiny indikácie (podnetu), do momentu rozhodnutia pilota čo spraví. Budem pri tom sledovať pohyb očí pomocou okuliarov ktoré bude mať pilot na hlave a kamier, ktorými budeme analyzovať pohyb tela pilota. Meranie budeme vykonávať pomocou GO PRO kamery a eye track okuliarov, ktoré nebudú ovplyvňovať pilotov pri ich práci.

Merania budú prebiehať na simulátore L-410 UVP-E20 vo výcvikovo-vzdelávacom centre Žilinskej univerzity v Žiline na letisku v Dolnom Hričove. Tento simulátor je vytvorený pre dvojčlennú posádku a s riadiacim centrom pre inštruktora. Simulátor je postavený v mierke 1:1 k reálnemu kokpitu lietadla. Má dva turbovrtuľové motory s možnosťou spätnej väzby. Tento simulátor spĺňa všetky štandardy a predpisy EASA, ktoré sú platné v Slovenskej republike. Je vybavený prístrojovými a avionickými zariadeniami na dennú aj nočnú prevádzku. Celý kokpit je možné riadiť cez počítač, preto môžeme na ňom nasimulovať hocikakú štandardnú poruchu, ktorá sa môže vyskytnúť počas bežnej prevádzky.

Piloti majú nalietaný rôzny počet letových hodín, aby bolo porovnanie a následné vyhodnotenie objektívnejšie.

Nalietané majú od 50 do 200 letových hodín. Testovaných pilotov, ktorých sme zvolili, sú študentmi katedry leteckej dopravy a v rôznom štádiu dokončenia výcviku. Najmladší a s najmenším počtom nalietaných hodín má 18 rokov a 35 nalietaných hodín. Druhý testovaný pilot má 23 rokov a 90 nalietaných hodín a posledný najskúsenejší z testovaných pilotov má 27 rokov a 190 nalietaných hodín.

Je veľmi ťažké nájsť aj v dnešnej modernej dobe metódu merania, ktorá by bola 100-percentná. Ja som sa rozhodol použiť dve metódy a to pomocou go pro kamery a technológie eye track okuliarov. Pri kombinácii týchto dvoch metód a ich vyhodnotení, by sme mohli prísť k záveru, koľko času trvalo pilotovi zareagovať na určitý podnet.

Meranie pomocou GO PRO kamery, ktorá by bola upevnená na helme testovaného pilota, by bol zaznamenávaný obraz a zvuk, ktorý by sme následne v programe Sony Vegas vyhodnotili. Tento program by nám poskytol pomerne presné informácie získané audiovizuálnym záznamom. Na časovej osi, by sme videli a počuli, ako rýchlo dokázal pilot zareagovať.



Obrázok 2: Helma s kamerou

Druhá kamera by bola umiestnená na bočnom okne pomocou vákuového držiaka na kameru, aby sme videli aj reakciu pilota, napríklad rúk, ktoré by táto jedna kamera nemusela zaznamenať kvôli zornému uhlu.

Pre vyhodnotenie informácií navrhujeme využiť program Sony Vegas Pro 15. V tomto programe môžeme každý "frame" podrobne preskúmať. Program nám poskytne informácie po vizuálnej stránke- teda náhľad natočeného materiálu a jeho časovú os.



Obrázok 3: Program Sony Vegas Pro 15

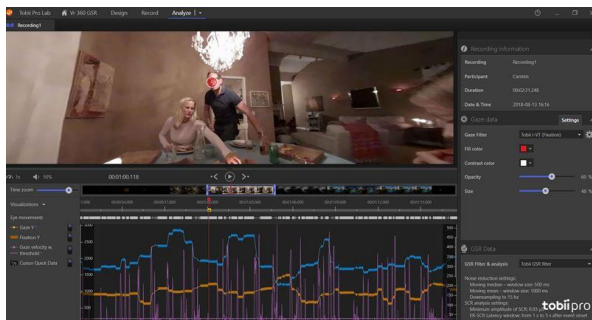
Meranie technológiou eye track, by sme sledovali oči pilota. Ako rýchlo si všimne vizuálnu indikáciu v kokpite a či je jeho pozornosť odklonená od kontrolovania dôležitých prístrojov, ako je umelý horizont, rýchloamer, výškomer...

Navrhli by sme využiť okuliare Tobii Pro Glasses 2, ktoré dokážu poskytnúť efektívne a objektívne informácie, kam sa pilot práve pozerá v reálnom čase, vďaka kamere, ktorá je umiestnená v strednej časti okuliarov a sníma okolité prostredie vo vysokom rozlíšení. Na sledovanie očí využíva pre každé oko jednu kameru s jedinečným 3D modelom snímania. Okuliare nevyužívajú technológiu prenosu dát do iného zariadenia, ale ukladajú ich priamo na pamäťovú kartu. Ďalšou ich výhodou je, že sú ľahké a nemali by obmedzovať pilota v jeho výhľade.



Obrázok 4: Tobii Pro Glasses 2

Tento typ okuliarov poskytuje aj program na vyhodnotenie informácií nadobudnutých počas merania. Program dokáže vyhodnotiť informácie načasované až do milisekundy.



Obrázok 5: Program na analýzu údajov zo zariadenia Tobii pro glasses 2

Let by bol z letiska Dolný Hričov (LZZI) do Bratislavy na letisko Milana Rastislava Štefánika (LZIB). Pri letisku v Piešťanoch (LZPP) by piloti boli informovaní od riadenia letovej prevádzky o zmene letového plánu do iného letiska, čím by boli prinútení pozeráť do iPadu na mapu. Počas nevenovania sa pozornosti pilotovaniu lietadla, ale pozeraní sa do elektronickej mapy, by sme im pomocou počítača nasimulovali požiar motora.

V. PREDPOKLADANÉ VÝSLEDKY

Podľa nášho odhadu, by mal v tomto experimente mať najlepší reakčný čas práve pilot, ktorý má nalietaný najväčší počet hodín z dôvodu najväčšieho počtu nadobudnutých praktických skúseností. Môže ale nastať situácia, kedy si pilot myslí, že už je skúsený a venuje práve niektorým podstatným informáciám málo pozornosti.

OPRO.

Správnosť reakcie bude závislá na vedomostiach pilotov ktoré sa naučili teoretickým alebo praktickým výcvikom. Správnosť môže ovplyvniť aj do určitej miery stres. Pokiaľ je pilot v psychicky vyrovnanom stave, dokáže sa lepšie sústrediť na vzniknutý problém. Keď zaznamená svetelnú výstrahu, upriami všetku svoju pozornosť na vzniknutý problém. Ďalší faktor môže byť únava, pri ktorej mozog prestáva pracovať na maximálny výkon a rozhodovacie schopnosti sú obmedzené. Ak piloti nemajú dobre nacvičené situácie, popri prípade nebudú vedieť daný problém vyriešiť, vtedy sa sami vystavia do stresovej situácie a rozhodnutie nemusí byť správne. Ak by pilot pred testovacím letom užil nejakú omamnú alebo psychotropnú látku, nie len jeho reflexy ale aj správnosť rozhodnutia by bola do veľkej miery ovplyvnená. Pri väčších dopravných lietadlách, kde je viacčlenná posádka, môže prísť ku chybe v komunikácii.

Podľa nášho odhadu, by mal pilot najrýchlejšie zareagovať na audiovizuálny podnet. Je to ovplyvnené z pozornosti pilota, kedy mu zdvojená výstraha urýchli všimnúť si, že sa na palube lietadla vyskytol problém, ktorý treba kvôli bezpečnosti všetkých pasažierov a celej posádky bezprostredne vyriešiť. Počas nočných letov by nemali prístroje mať takú svetelnú intenzitu, aby pilota oslepovali. Tým, že sa musí pilot venovať riadeniu lietadla aj pohľadom z okna, hlavne pri pristávaní, môže prehliadnuť informáciu o rýchlosti, ktorú mu prístroj ukazuje. V tomto prípade pilot zareaguje rýchlejšie na akustický podnet ako vizuálny. Závisí to od situácie, v ktorej sa pilot s lietadlom práve nachádza.

VI. ZÁVER

V tejto bakalárskej práci sme sa venovali reakčnému času pilota pri určitých rušivých elementoch, ktoré by mohli pilota negatívne ovplyvniť pri jeho rozhodnutiach v krízovej situácii.

V úvode sme sa zamerali na psychologické aspekty človeka. Každý aspekt je dopodrobna zadefinovaný. Najviac sme sa zamerali na rozdelenie pozornosti. Piloti využívajú počas pilotovania lietadla difúznu pozornosť, aby mali prehľad o celej situácii počas letu.

Ďalšou časťou bola ergonómia kokpitov, ktorá prešla za posledné roky veľkou zmenou. Moderná technológia je využívaná a implementovaná nie len do výukových osnov pilotov vo výcviku, ale v celej leteckej doprave. Výrobcovia lietadiel sa snažia obmedziť počet ručičkových prístrojov a nahradiť ich digitálnymi displejmi.

Nasledujúca kapitola je zameraná na reakčný čas, kde sme popísali jeho rozdelenie a následne sme na priloženom obrázku ukázali celý priebeh reakčného času pilota, ktorý vzniká počiatočným stimulom a končí vykonaním reakcie. S týmto úzko súvisí centrálna nervová sústava človeka a jeho biologické vnemy, ktoré pomocou receptorov prenášajú informácie priamo do mozgu. U pilota sú tieto biologické vnemy veľmi dôležité (zrak, sluch, čuch, hmat), preto sú kladené vysoké nároky na zdravotnú spôsobilosť pilotov. Okrem spomínaných biologických vnemov, je u pilota veľmi dôležité tiež psychické rozpoloženie ako aj pred vstupom do lietadla, tak aj zvládanie stresových situácií počas letu. Trénovanie stresových situácií počas výcviku, pomáha pilotom osvojiť si tieto situácie ako bežné, vedieť v nich reagovať presným postupom a tým napomáhajú eliminovať do čo najväčšej miery stres. Pri rozhodovaní pilotov v kritických situáciách je kladným prínosom aj počet nalietaných hodín a množstvo nadobudnutých skúseností.

Na uskutočnenie reálnych meraní, by sme využili z bezpečnostného hľadiska simulátor lietadla L-410 UPV-E20 na letisku v Dolnom Hričove. Trajektóriu letu by sme zvolili z letiska Dolný Hričov na letisko Milana Rastislava Štefánika do Bratislavy a počas letu by sme im nasimulovali poruchu motora. Reakčný čas pilotov by sme merali kamerami umiestnenými na prilbe pilota a jednou na boku kokpitu, ktorá by snímala jeho celé telo. Na očiach by mal umiestnené okuliare s technológiou snímania očí. Nazbierané informácie by sa následne vyhodnotili v špeciálnych programoch na to určených. Keďže nebolo možné urobiť reálne merania, môžeme iba odhadovať ako by to mohlo dopadnúť. Pri tejto práci je zanedbaný dosť podstatný faktor ovplyvňujúci reakčný čas a tým je vek. Piloti sú vo veľmi krátkom vekovom rozhraní. Z výskumov v medicíne je zrejme, že je určitá veková hranica človeka/pilota, kedy jeho vek začne negatívne ovplyvňovať reakčnú dobu.

Ako odporúčania, by sme zvolili, aby piloti vo výcviku trénovali pilotovanie lietadla manuálne, venovali svoju pozornosť hlavne pilotovaniu a následne potom až prístrojom ako sú Ipad, navigačný systém. Ďalej je dôležité, aby piloti venovali najviac času trénovaniu

pristátia a krízových situácií, ktoré môžu výrazne ovplyvniť bezpečnosť leteckej dopravy.

REFERENCIE

- [1] AYERS, S. – DE VISSER, R. 2011. *Psychology for Medicine*. Londýn : Veda, 2011. 568 s. ISBN 978-1-4129-4691-9
- [2] JAKUBEKOVÁ, I. 2014. *Pozornosť*. [online] Dostupné na internete: <https://www.mentem.sk/blog/pozornosť/>
- [3] FUJAČKOVÁ, H. 2017. *Analýza obvyklé doby pozorování specifických objektů řidičem*: diplomová práca. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2017. 94 s.
- [4] NEJEZCHLEB, M. a kol. 2016. *Učebnice pilota 2016*. Cheb : Veda, 2016. 408 s. ISBN 978-80-87567-89-0
- [5] HANTABÁLOVÁ, I. a kol. 2001. *Prírodopis pre 7. ročník základných škôl*. Bratislava: Veda, 2001. 91 – 98 s. [online] Dostupné na internete: <https://oskole.detiamy.sk/clanok/zmyslove-organy-zrakovy-organ>
- [6] Zmyslové orgány – ucho. [online] Dostupné na internete: <https://biopedia.sk/clovek/zmyslove-organy>
- [7] Zmyslové orgány – ucho. [online] Dostupné na internete: <https://www.medel.com/sk/anatomy-of-the-ear/>
- [8] FANČOVIČOVÁ, J. – Prokop, P. 2010. *Biológia človeka pre učiteľské kombinácie s biológiou*. Trnava : Veda, 2010 112 – 136 s. ISBN 978-80-8082-398-6
- [9] POSPÍŠILOVÁ, J. 2014. *Stres u vojenského personálu vrtulníkovej základny*: diplomová práca. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. 189 s.
- [10] Stres. [online]. Dostupné na internete: <https://dennikn.sk/1174977/neurovedkyna-o-strese-kedysi-nas-nahanal-mamut-dnes-nas-nahanaju-deadliny/>
- [11] Štatistiky leteckých nehôd [online]. Dostupné na internete: <http://planecrashinfo.com/cause.htm>
- [12] Ľudský faktor [online]. Dostupné na internete: <https://e.dennikn.sk/82487/ktora-cast-letu-je-rizikova-co-sposobi-najviac-nehod-pozrite-si-cisla/>
- [13] WERNER, B. a kol. 2002. *Rate of information processing and reaction time of aircraft pilots and non-pilots* [online]. Dostupné na internete: https://www.researchgate.net/publication/47739375_Rate_of_information_processing_and_reaction_time_of_aircraft_pilots_and_non-pilots
- [14] RUSSO, M. a kol. *Únava a vyčerpanie pilotov* [online]. Dostupné na internete: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.215.465&rep=rep1&type=pdf>

- [15] JANCO, M: *Reakčná doba vodiča*. 2018 [online]. Dostupné na internete: <https://marceljanco.sk/reakcna-doba-vodica/>
- [16] Univerzitný vedecký park Žilinskej univerzity v Žiline – Simulátor leteckej dopravy
- [17] Go Pro HERO6 kamera [online]. Dostupné na internete: <https://digitalne-kamery.heureka.sk/gopro-hero6/specifikace/#section>
- [18] Okuliare Tobii Pro Glasses 2 [online] . Dostupné na internete: <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/>
- [19] Okuliare Tobii Pro Glasses 2 – software [online]. Dostupné na internete: <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-lab/>
- [20] 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.
- [21] NOVÁK, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [22] BREZOŇÁKOVÁ, A., ŠKVAREKOVÁ, I., PECHO, P., DAVIES, R., BUGAJ, M. & KANDERA, B. 2019. The effects of back lit aircraft instrument displays on pilots fatigue and performance. *Transportation Research Procedia* Volume 40, pages 1273-1280.
- [23] ROSTÁŠ, J. & ŠKULTÉTY, F. 2017. Are today's pilots ready for full use of GNSS technologies? *Transportation Research Procedia* 28, pages 217-225.
- [24] 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.

Peter Sloboda – narodil sa a žije v Malackách, V roku 2016 absolvoval Súkromnú hotelovú akadémiu HaGMA v Bratislave, následne študoval prvý semester na Vysokej škole obchodní a hotelové v Brne. Od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor profesionálny pilot.

MOŽNOSTI ZNIŽOVANIA ŠKODLIVÝCH EMISIÍ V LETECKEJ DOPRAVE

POSSIBILITIES OF REDUCTION HARMFUL EMISSIONS IN AVIATION

Alec Szarowski

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

Jozef Čerňan

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

Abstract – *This paper discusses the impact of air traffic on environment. The combustion of fuels causes creation of huge amount of harmful substances that are released to the upper atmosphere, where they influence the atmospheric reactions. Apart from fuels combustion, the conditions necessary for realization of air traffic, or the situations resulting from it, such as aircraft maintenance, noise, emergencies, etc., have negative impact on not only environment, but also health and comfort of people as well as flora and fauna, exposed to these conditions. Besides air traffic impacts on environment mentioned here above, this paper also describes the possibilities of their reduction and companies dealing with them.*

Key words: aircraft engines, aviation emissions, condensation trails, aviation fuels, aviation noise, groundwater and soil pollution, impacts of air transport, air pollution, in - flight fuel discharges.

I. ÚVOD

História letectva siaha už do roku 1783, kedy bratia Montgolfierovci použili k svojmu letu teplovzdušný balón. Už vtedy, v 18. storočí, sa zaoberali otázkou nutnosti pohonu k vytvoreniu potrebnej ťahovej sily. Inšpiráciu brali z pozorovania lietania vtákov, kedy napodobňovali mávanie krídel. Koncom 19. storočia došlo k vývoju piestových spaľovacích motorov spoločne s využitím vrtule. Prvenstvo motorového letu patrí do rúk bratom Wrightovcom, ktorý sa uskutočnil v roku 1903 v USA. Postupne rástol výkon a spoľahlivosť týchto spaľovacích motorov. Vznikali rôzne prototypy piestových spaľovacích motorov, ako napr. motory chladené vzduchom alebo vodou. Požiadavky na piestové motory však stále rástli. Nová éra prúdových motorov, ktorá začala v období 2. svetovej vojny, obmedzila použitie piestových motorov na ľahké lietadlá, ktoré vyžadovali menší výkon. Prúdový motor je vo vývoji až do dnes. S ohľadom na životné prostredie, ktoré sa stalo významnou témou v 70. rokoch minulého storočia, sa však vývoj nových prototypov motorov a palív ešte nezastavil. Na turbínový motor sa v dnešnej

dobe kladie rovnako veľký dôraz, teda na jeho vlastnosti ako je vysoká životnosť, spoľahlivosť a nízke prevádzkové náklady.

Táto bakalárska práca, ako už z názvu práce vyplýva, sa bude zaoberať leteckou dopravou v dnešnej dobe a jej vplyvu na životné prostredie. Keďže sa nás v globálnom meradle dotkli následky spôsobené zanedbaním ekologickej stránky dopravy, priemyslu a ďalších pôsobiacich aspektov, je kladený veľký dôraz ako na dnešnú, tak i budúcu ekológiu životného prostredia.

II. LETECKÉ PALIVÁ

V súčasnej dobe sú najpoužívanejšími palivami na svete letecký petrolej (Avtur) a letecký benzín (Avgas), ale pre komerčné účely sa z dôvodu kvality viac používa Avtur.

KVALITA PALÍV

Letecké palivá podliehajú veľmi prísny kontrolám kvality, ktoré sú posudzované svetovými organizáciami na kontrolu kvality palív (ICAO, DERA, ASTM). Schválenému palivu je vystavený certifikát, kde sú popísané všetky vykonané skúšky a výsledky testov. Hlavné posudzované kritéria sú zloženie (použitý materiál) a vlastností (energetický obsah, kvalita spaľovania, stabilita, čistota, mazná účinnosť, tekutosť a nekoroziívne účinky vo vzťahu k ostatným súčastiam motora). Zmyslom prísnych kontrol je zabrániť leteckým nehodám spôsobených nekvalitným palivom [1,2].

Tabuľka 24: Porovnanie nárokov organizácií na kvalitu leteckých palív.

Vlastnosti	Rozpätie hodnôt		
	ICAO	ASTM	DEF STAN (DERA)
Hustota (kg/m ³) pri 15°C	780-820	755 - 840	755 - 840
Bod varu (°C)	235-285	300	300
Čisté spálené teplo (MJ/kg)	42,86 - 43,50	42,8	42,8
Aromatické uhl'ovodíky (objemové %)	15- 23	25	22
Naftalény (objemové %)	1,0 – 3,5	< 0,3	< 0,3
Vodík (hmotnostní %)	13,4 – 14,1	-	-
Síra (hmotnostní %)	< 0,3	0,3	0,3
Viskozita p _{5i} - 20°C (mm ² s ⁻¹)	2,5 – 6,5	8	8

III. ŠKODLIVÉ EMISIE

Ľudia sa presúvali už od pradávna. Od chôdze pešo, cez jazdu autom sme sa dnešným moderným a technologicky rozvinutým svetom dostali až k presunu lietadlom. V súčasnej dobe sa stále viac a viac ľudí stáva mobilnými. S tým prichádza masívny rozvoj dopravy, čo ide ruka v ruke s nepriaznivými vplyvmi na životné prostredie, či už sa jedná o využívanie pohonných hmôt alebo výroby elektrickej energie. Vždy dochádza k vypúšťaniu látok, či už ide o emisie výfukových plynov alebo priemyselné emisie, ktoré životné prostredie ovplyvňujú. Výroba a užívanie technických prvkov, neuvážená ľudská činnosť vedie k zmene globálneho klimatického systému.

Hlavnými zdrojmi poškodzovania životného prostredia sú:

- Fosílna palivá - najvyužívanejšími druhmi paliva sú zemný plyn, ropa a uhlie. Tento druh paliva patrí medzi neobnoviteľné zdroje energie. Ich užívanie vedie k negatívnym následkom na životnom prostredí. V dnešnej dobe vedie snaha nahradiť toto palivo alternatívnymi druhmi palív. V doprave vedie snaha k znižovaniu olovnatých prísad do benzínu. V energetike je snaha stavať veterné a slnečné elektrárne.
- Letecká a lodná doprava – Tieto v posledných rokoch najrozšírenejšie dopravy majú vysoký podiel na poškodení životného prostredia z dôvodu enormného

vypúšťania škodlivých emisií do ovzdušia. Jeden z hlavných dôvodov alarmujúceho úbytku hmyzu a planktónu na našej planéte.

- Priemyselná výroba - Každá výroba produkuje odpady rôznych vlastností. K priemyselnej výrobe je potrebné veľké množstvo elektrickej energie a rôznych druhov palív. Priemyselná výroba ako svoj vedľajší produkt produkuje rôzne druhy odpadových materiálov, ako sú napr. Obaly, zvyšky surovín a vedľajšie technologické produkty.
- Intenzívne poľnohospodárstvo - V dnešnej dobe sa kladie dôraz na urýchľovanie snád' v každej oblasti, výnimkou nie je ani poľnohospodárstvo. Snaha urýchliť rast plodín vedie k užívaniu chemikálií, čo vedie k neblahým následkom na ľudský organizmus, úbytkom pitnej vody a vymieranie živočíchov a rastlín. [4]

Následky poškodzovania životného prostredia sú

- Narušovanie ozónovej vrstvy
- Znečistenie riek a morí

Dopravné prostriedky pri akejkolvek fáze pohybu či brzdení pôsobia negatívnymi vplyvmi na životné prostredie. Zaťaženie životného prostredia dopravou sa charakterizuje predovšetkým tým, že dochádza:

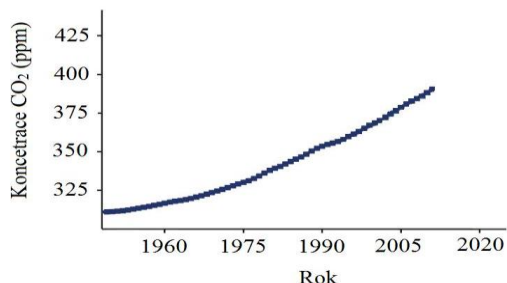
- K spotrebe surovín a energie
- K emisiám plynov, hluku a vibráciám
- K hromadeniu tuhých a kvapalných odpadov
- K znečisteniu vôd a pôdy
- K plošným nárokom

V dnešnej dobe sú letové hladiny komerčných lietadiel Medzi 8 a 13 km nad hladinou mora. V týchto výškach sa rozprestiera horná troposféra a spodná stratosféra. Troposféra je charakteristická tým, že obsahuje väčšinu hmotnosti atmosféry a odohrávajú sa tu rozhodujúce a najdôležitejšie meteorologické a atmosférické javy ako tvorba oblakov, dážď, atď. Naopak stratosféra má oveľa menšiu hustotu a neobsahuje skoro žiadnu vlhkosť [5].

Tvorba skleníkových plynov z dopravného sektora od roku 1970 vzrástla o 250% z pôvodných 2,8 Gt/rok na 7 Gt/rok. Najväčší podiel si stále drží cestná doprava s viac ako 5 Gt/rok (2010) a nárastom 303% od roku 1970. Na druhé miesto sa radí letecká doprava sa 743 Mt/rok (2010) a nárastom 229%. Avšak od roku 1970 sa podiel leteckej dopravy na ročnom prírastku emisií znížil z 11,26% na 10,62%. V porovnaní s cestnou dopravou je podiel leteckej dopravy skoro 7x menší, ale musí sa prihliadať na fakt, že lietadlá vypúšťajú emisie vo výškach (8-13km), kde majú tieto látky oveľa väčší dopad na prostredie než emisie vypúšťané na zemi. [3]

CO₂ - Oxid uhličitý - Najviac zastúpená zlúčenina pri spaľovaní leteckého paliva, ktorá negatívne pôsobí na ovzdušie, je oxid uhličitý. Doba rozpadu toho plynu v atmosfére je cca 100 rokov. Je považovaný za hlavnú príčinu globálneho otepľovania.

Štúdiá IPCC tvrdí, že za posledných 200 rokov sa koncentrácia CO₂ zvýšila skoro o tretinu, to spôsobuje otepľovanie troposféry a ochladzovanie stratosféry [6]. Hladina CO₂ v atmosfére v posledných rokoch prekračuje 400 ppm (0,04%), čo je najvyššia hodnota za posledných 800 000 rokov. Letecká doprava tvorí 2% toho prírastku, ale dopad na otepľovanie tvoria asi 6% v dôsledku vypúšťania emisií vo veľkých výškach. [3]



Obrázok 68: Rast obsahu CO₂ v atmosfére

IV. DOPAD ZNEČIŠŤUJÚCICH LÁTOK NA ČLOVEKA

Oxid siričitý pôsobí negatívne ako na životné prostredie a všetky organizmy tak aj na zdravie človeka. Oxid siričitý pôsobí negatívne predovšetkým na dýchacie cesty. Pri bežnej koncentrácii približne 0,1 mg.m³ oxid siričitý spôsobuje podráždenie očí a horných dýchacích ciest. Koncentrácia okolo 0,25 mg.m³ spôsobuje zvýšené respiračné choroby u citlivých dospelých i detí. Pri zvýšenej koncentrácii 0,5 mg.m³ oxid siričitý vedie k vzostupu úmrtnosti u starých a chronicky chorých ľudí.

Jednou z ohrozených skupín sú astmatici. V prípade kontaktu s vyššou koncentraciou oxidu siričitého môže dôjsť u postihnutého človeka k prejavom:

- poškodenie očí.
- poškodenie dýchacích orgánov (kašeľ, sťaženie dýchania).
- pri veľmi vysokých koncentraciách dochádza k tvorbe tekutiny v pľúcach (edém).

Opakovaná expozícia spôsobuje nevoľnosť, bolesti hlavy, závraty alebo stratu čuchu. Oxidy dusíka môžu vo vyššej koncentrácii negatívne pôsobiť na ľudské zdravie, ktoré sa však v ovzduší bežne nevyskytujú. Pri vyššej koncentrácii však môžu pôsobiť podráždenie dýchacích ciest či inak ohroziť zdravie človeka. Oxidy dusíka sa v tele viažu na červené krvinky a zhoršujú tak prenos kyslíka v tele. Oxid uhličitý svojou nízkou koncentraciou v atmosfére nepredstavuje priame riziko pre zdravie človeka. Oxid uhličitý však môže spôsobiť závrat, bolesť hlavy, zmätenosť alebo zvonenie v ušiach. Oxid uhoľnatý môže viesť k ťažkostiam kardiovaskulárneho systému. Ďalej môže viesť k zníženiu pracovnej výkonnosti človeka. Pri vysokej koncentrácii, ktorá sa však bežne v ovzduší nevyskytuje, je oxid uhoľnatý jedovatý.

V. MOŽNOSTI ZNIŽOVANIA EMISIÍ V SÚČASNÝCH LETECKÝCH MOTOROCH

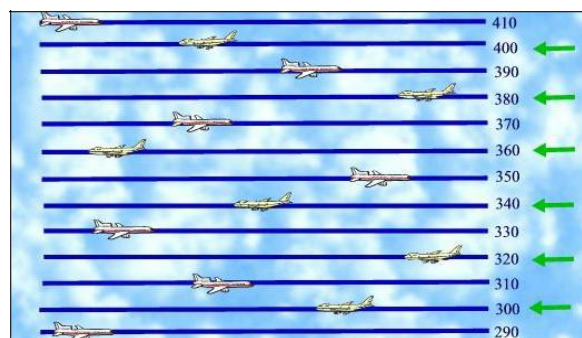
V európskom vzdušnom priestore sa uskutoční približne 28 000 letov za deň. Tento počet letov veľmi pravdepodobne narastie z dôvodov vyššieho dopytu po leteckej doprave. Je preto potrebné eliminovať existujúce emisie a zároveň skúmať nové spôsoby znižovania. V rámci zníženia emisií môžeme pozorovať určité pokroky, ktoré si uvedieme nižšie. Tie už priniesli určité zlepšenie.

ORGANIZÁCIA LETOVEJ PREVÁDZKY

Jednou z možností znižovania emisií je organizácia letovej prevádzky.

Flight Cost Management sa zaoberá optimalizáciou letov, a to tak že znižujú náklady na každý let. Pod jeho záštitou je zriadená koncepcia Fuel Efficiency (efektívne využitie pohonných hmôt), zaoberajúca sa znížením spotreby paliva, ktorá slúži ako metóda znižovania množstva emisií.

RVSM (Reduce Vertical Separation Minimum) V dôsledku vývoja letového prístrojového vybavenia bol optimalizovaný vzdušný priestor zavedením šiestich letových hladín. V dôsledku toho sa zväčšila kapacita vzdušného priestoru o 15%, došlo k zníženiu množstva použitého paliva až o približne 310 000 t ročne, zníženie emisií CO₂ až o 97 500 t ročne, emisií oxidu sýry o približne 260 t ročne a emisií NO_x približne o 3 500 t ročne.



Obrázok 69: Letové hladiny RVSM

VI. MOŽNOSTI ZNIŽOVANIA EMISIÍ V BUDÚCOM VÝVOJI LETECKÝCH MOTOROV

K zvýšeniu efektívnosti by bolo potrebné vylepšiť existujúce motory, nakúpiť nové moderné lietadlá, optimalizovať plánovanie letových trás či využiť alternatívne palivá

Použitie nových materiálov

Použitie nových typov materiálov by malo viesť nielen k lepšej efektívnosti ale aj k väčšej životnosti, nižšej váhe, pevnosti, odolnosti proti poškodeniu pri vysokých a zároveň nízkych teplotách, väčšej odolnosti, nižšej ekologickej zaťažiteľnosti a ďalším.

Vodíkové pohonné jednotky

Už niekoľkokrát v minulosti bola snaha vyvinúť dokonalejšiu pohonnú jednotku, a to na vodíkový pohon. Hlavný dôvod tejto snahy je zníženie emisií. Spoločnosť Boeing ide

příkladem a už v minulých letech vynášala testovací prototypy těchto pohonných jednotek.

VII. ZÁVER

Touto prácou som sa snažil načrtnúť problematiku leteckej dopravy a jej emisné pôsobenie na životné prostredie. Emisie hluku leteckej dopravy neblaho ovplyvňujú prevažne okolia letísk. Plynné emisie majú bohužiaľ negatívny vplyv v globálnom meradle. Je teda otázkou vyvinúť alternatívny typ motora, ktorý by dokázal znížiť ako emisie hluku, pôsobiace na ľudí, žijúcich v okolí letísk, tak aj plynné emisie, ktoré bohužiaľ ovplyvňujú zdravie nás všetkých. Je otázkou, či je však možné vyvinúť alternatívny typ motora či paliva, ktorý by bol rovnako efektívny, ako doterajšie letecké motory a uhlíkovodíkové palivá, zároveň však šetrnejší k životnému prostrediu a zároveň ekonomicky výhodnejší. Niektoré testovacie pokusy alternatívnych motorov končia práve z dôvodov finančnej náročnosti. Je teda otázkou budúcnosti, s čím ďalším vedci prídu a či vôbec.

REFERENCIE

- [1] ENNER, Joyce E., Special Report on Aviation and Global Atmosphere. [online]. Intergovernmental Panel on Climate Change, 1999. zadavateľ ICAO, Anglický. Dostupný z: <http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/001.htm>
- [2] HEMIGHAUS, Greg, a spol. Aviation Fuels Technical Review. [online]. 2004 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: https://www.cgabusinessdesk.com/document/aviation_tech_review.pdf
- [3] STOCKER, T.F., D. QIN, G.K. PLATTNER, M. TIGNOR, S.K. ALLEN, J. BOSCHUNG, A. NAUELS, Y. XIA, V. BEX and P.M. MIDGLEY. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [online]. 2013, 1535 [cit. 2014-5-10]. Dostupné z: http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Frontmatter_FINAL.pdf
- [4] Volner, R. a kolektív, Flight Planing Management, CERM s.r.o. Brno, 2007, ISBN 978 – 80 – 7204 – 496 – 2
- [5] GROSSMANN, Lukáš. Vliv letecké dopravy na životní prostředí. Brno, 2007. 91 s. Vysoké učení technické v Brne, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí diplomové práce Ing. Michal Schwarz.
- [6] ENNER, Joyce E., Special Report on Aviation and Global Atmosphere. [online]. Intergovernmental Panel on Climate Change, 1999. zadavateľ ICAO, Anglický. Dostupný z: <http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/001.htm>
- [7] Bugaj, Martin: Aeromechanika 1: základy aerodynamiky / Martin Bugaj. - 1. vyd. - Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.
- [8] Bugaj, Novák, Rostáš: Optimization of aircraft maintenance system / Martin Bugaj, Andrej Novák, Ján Rostáš. In: XV. Európai közlekedési kongresszus és a X. nemzetközi utógyi konferencia = XV. European transport congress and X. international road congress. - Győr: Közlekedéstudományi Egyesület, 2017. - ISBN 978-615-5298-99-8. - S. 300-308.
- [9] Wild, W - Kroes, M.: Aircraft powerplants. 8th edition, McGraw Hill
- [10] Bugaj, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [11] Bugaj, M., Urminsky, T., Jurák, P. & Pecho, P. 2018. Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October, pages 1174-1178.
- [12] Janovec, M., Smetana, M., & Bugaj, M. 2019. Eddy Current Array Inspection of Zlin 142 Fuselage Riveted Joints. Transportation Research Procedia 40, pages 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.042>
- [13] Matas, M. & Novák, A. 2008. Models of processes as components of air passenger flow model. Komunikácie 10(2), pages 50-54

Alec Szarowski – narodený dňa 02.10.1997 v Banskej Bystrici absolvoval v roku 2017 Súkromné športové gymnázium v Podbrezovej, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.

LETECKÁ NÁKLADNÁ DOPRAVA V SR

AIR FREIGHT TRANSPORT IN THE SLOVAK REPUBLIC

Filip Štefanec

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
stefanec3@stud.uniza.sk

Benedikt Badánik

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

Abstract – This paper describes the development of air freight transport in the current Slovak Republic (historically part of the first Czechoslovakia and later Czechoslovak Socialist Republic) and in the world. The theoretical part of the thesis analyzes the rates used in air freight transportation and the markets and commodities transported by air most frequently. The thesis aims to identify the types of commodities transported, their volumes and values. The characteristics of commodities are described in Chapters 2 and 4. The work compares the values, weights and volume of transported air cargo commodities between the Slovak Republic and countries with similar GDP per capita and compares the volume of transported goods at M. R. Štefánik Airport in Bratislava with surrounding competing airports abroad. Finally, it analyzes the advantages and disadvantages of the geographical location of the Slovak Republic in relation to the transport flows of air goods within Europe.

Key words – air freight, cargo, export, import.

I. ÚVOD

Počiatky leteckej dopravy ako ju poznáme dnes siahajú do začiatku 20. storočia. Napriek tomu, že patrí medzi najmladšie odvetvia prepravy tovaru, je jedným z najrýchlejších sa rozvíjajúcich odvetví. Platí to najmä z hľadiska používaných technológií a postupov.

Letecká doprava sa vyznačuje viacerými výhodami v porovnaní s inými typmi dopravy, jedná sa o jednoznačne najrýchlejší spôsob dopravy cestujúcich a tovaru na veľkú vzdialenosť. Leteckú dopravu rozdelíme na nákladnú a osobnú. Oba tieto typy leteckej dopravy sa rýchlo rozvíjajú a rastú, avšak letecká nákladná doprava má podstatne menšie zastúpenie vo svete ako letecká osobná doprava, a tiež pomalší no taktiež stabilný rast v porovnaní s osobnou leteckou dopravou. Článok je zameraný prioritne na komodity prepravované leteckou nákladnou dopravou, na určenie ich spoločných znakov, na objem hmotnosti a hodnoty v akej boli prepravené.

II. TRHY A KOMODITY VYUŽÍVAJÚCE LETECKÚ NÁKLADNÚ DOPRAVU

Hospodárske subjekty ktoré si vyberú leteckú nákladnú dopravu na prepravu ich komodity sa zväčša rozhodnú podľa niektorého z 3 základných aspektov, ktorý sa týka ich tovaru alebo distribúcie. Jedná sa o: druh komodity, druh dopytu alebo o problém pri distribúcii. [1]

Komodity, ktoré je výhodné prepravovať leteckou nákladnou dopravou sa vo všeobecnosti vyznačujú určitou spoločnou vlastnosťou, prípadne kombináciou viacerých vlastností, ide napríklad o tovar rýchlo podliehajúci skaze alebo relatívne cenný v pomere ku váhe. [1]

Dopyt, ktorý ovplyvní objednávateľa prepravy zvolíť leteckú nákladnú dopravu môže byť: nepredvídaný, zriedkavý/vzácný, spôsobený dočasným nedostatkom konkrétnej komodity alebo sezónny. [1]

Z hľadiska distribúcie môžu nastať určité problémy, ktoré sa dajú vhodne vyriešiť práve rozhodnutím sa pre leteckú nákladnú dopravu. Ide napríklad o nebezpečenstvo poškodenia, malej krádeže alebo zhoršenie stavu danej komodity a iné. [1]

Na základe vyššie menovaných aspektov a rôznych iných sa podľa zistení IATA, letecká nákladná doprava najčastejšie využíva pri preprave automobilových dielov a príslušenstva, strojov a ich súčastí, tlačovín, módného oblečenia, obuvi, počítačov, počítačových hardvérových komponentov a softvéru, ovocia a zeleniny, športových potrieb, hračiek a hier, živých zvierat, chemikálií alebo rôznych zlúčenín, výpočtovej techniky, kovových výrobkov, fotografického vybavenia, kvetov, liekov a iných farmaceutických výrobkov, lekárskeho nástrojov (optických, meracích...), potravinových prípravkov a pekárenských výrobkov, a iných cez internet predávaných tovarov (tzv. e-commerce). [1]

Letecká nákladná doprava je prémiová služba poskytujúca rôzne výhody od rýchlosti prepravy tovaru, cez bezpečnosť pri preprave až po možné zníženie nákladov na skladovanie. Táto služba dokáže zabezpečiť rýchle dodanie požadovaného produktu v rekordne krátkom čase v porovnaní s iným druhom dopravy. [1]

Dopyt na trhu je zvyčajne možné uspokojiť jedným z troch spôsobov leteckej nákladnej dopravy:

- pravidelná letecká nákladná doprava - ide o trvalé využívanie leteckej nákladnej dopravy
- pravidelná letecká nákladná doprava - ide o sezónne využívanie leteckej nákladnej dopravy
- ad hoc letecká nákladná doprava - ide o využívanie leteckej nákladnej dopravy [1]

Záujem o „trvalé pravidelné“ dodávky tovaru leteckou nákladnou dopravou majú jednoznačne poštové služby po celom svete. Elektronická komunikácia rapídne prispieva k znižovaniu objemu zaslaných listov, avšak súčasne sa zvyšuje objem zasielaných balíčkov vďaka internetovému obchodu. Ďalším významným a súčasne pravidelným trhom pre leteckú nákladnú dopravu je celosvetový trh s kvetmi. Celosvetový export rezaných kvetov predstavoval v roku 2017 8,48 mld. USD. Trh s kvetmi má globálny charakter, medzi jeho najväčších exportérov patria krajiny ako Holandsko, Columbia, Ekvádor, Keňa a Etiópia. V prípade použitia leteckej nákladnej dopravy je možné dopraviť kvety z fariem priamo do obchodu za 24-48h bez ohľadu na to kde sa daný obchod nachádza a odkiaľ kvety pochádzajú. [1]

III. SADZBY V LETECKEJ NÁKLADNEJ DOPRAVE

V leteckej nákladnej doprave sa využívajú rôzne sadzby a poplatky charakterizované typom tovaru, spôsobom manipulácie alebo špeciálnymi požiadavkami zákazníka. Tie základné sú:

- Všeobecná komoditná sadzba - využíva sa pri väčšine prepravovaných komodít. V praxi funguje na princípe nepriamej úmery ceny a váhy. S nízkou váhou sa cena zvyšuje a pri stúpajúcej váhe sa cena znižuje
- Špecifické sadzby – uplatňujú sa pri preprave veľkých objemov určitých produktov po špecifickej trase.
- Rýchla balíková služba - je služba určená pre rýchlu prepravu malých balíčkov z jedného letiska na druhé letisko s použitím vlastných systémov dopravy konkrétneho dopravcu. Takéto balíky sú zasielané ako bežná batožina pre cestujúcich.
- Vyhradená letecká preprava - slúži pre zákazníkov, ktorí prepravujú ťažký alebo objemný náklad, pre ktorý je nutné rezervovať miesto v konkrétnom lete v dostatočnom predstihu.
- Kontajnerové poplatky - sú nízke poplatky od dopravcov pre objednávateľov, ktorí používajú na prepravu ich nákladu určité kontajnery. [1]

IV. EXPORT A IMPORT V RÁMCI SR

Dáta, z ktorých sme pri písaní bakalárskej práce vychádzali nám pre potreby práce boli poskytnuté štatistickým úradom SR. Jedná sa o agregované údaje podľa dopravy, zvlášť z intrastatu a zvlášť z extrastatu (extrastat len na vnútrozemskej

úrovni), za obdobie rokov 2017 a 2018, členené na osem miest kombinovanej nomenklatúry. [2]

Export aj import je rozdelený na:

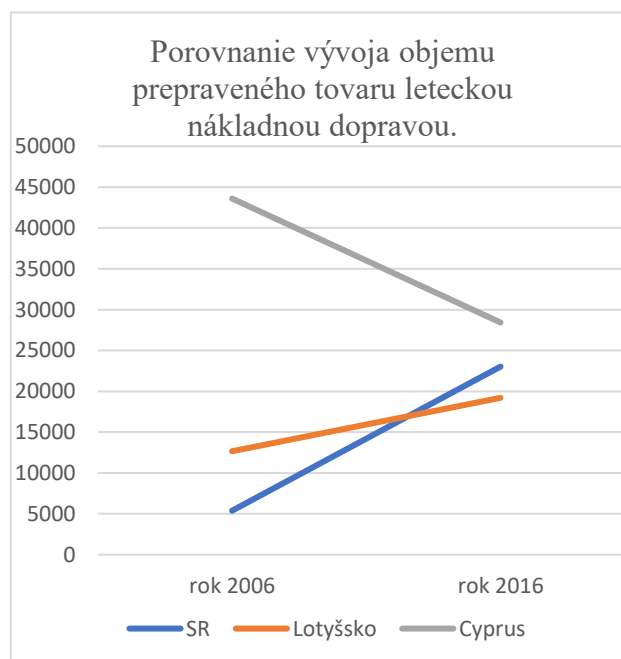
- celkový
- rozdelený podľa typu dopravy - táto časť je rozdelená podľa:
 1. všetky prepravené komodity v rámci CND, LND, ŽND a ich vzájomné porovnanie zastúpenia, podľa takého výberu komodít
 2. vybrané komodity prepravené v rámci LND, a porovnanie zastúpenia LND pri preprave takýchto komodít s CND a ŽND
- cieľové trhy podľa krajiny

V každej z týchto kategórií sú uvedené podkategórie porovnávajúce hodnotu a hmotnosť skupiny komodít. V každej z týchto kategórií bol spozorovaný jav, potvrdzujúci teóriu, že v rámci LND výrazne prevažujú komodity so všeobecne vyššou hodnotnou a relatívne nízkou hmotnosťou, čo sa potvrdilo aj pri vybraných druhoch komodít a taktiež pri jednotlivých nomenklatúrach.

Pri porovnaní rastu objemu LND v rámci SR s krajinami s podobnou hodnotou HDP na jedného obyvateľa, sa ukázalo, že LND na Slovensku má najprudšiu krivku rastu, čo naznačuje, že LND má na Slovensku silný a stabilný rast.

Tabuľka.1: Porovnanie vývoja objemu prepraveného tovaru leteckou nákladnou dopravou [3],[4]

Štát	HDP na obyvateľa	Prepravený tovar za r. 2006	Prepravený tovar za r. 2016
SR	17 551\$	5 390t	23 028t
Lotyšsko	16 709\$	12 668t	19 208t
Cyprus	18 695\$	43 604t	28 429t



Graf 1: Porovnanie vývoja objemu prepraveného tovaru leteckou nákladnou dopravou [3],[4]

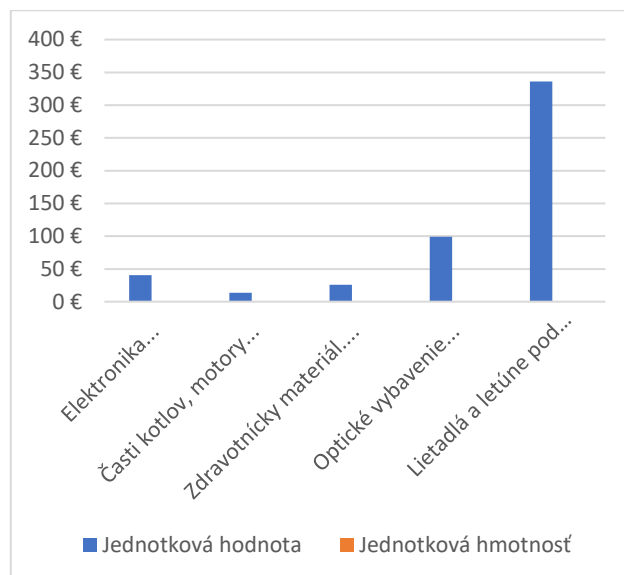
Porovnanie prepraveného objemu carga medzi Slovenským najvyťaženejším letiskom M.R. Štefánika v Bratislave a letiskami Viedeň a Budapešť naznačuje aj veľký potenciál Bratislavského letiska, ktorý je však zatiaľ nevyužitý. Pre porovnanie Bratislavské letisko prepravilo za rok 2018, 26 246 t carga, zatiaľ čo letisko Viedeň až 295 427 t carga. [5]

V. ZÁVER

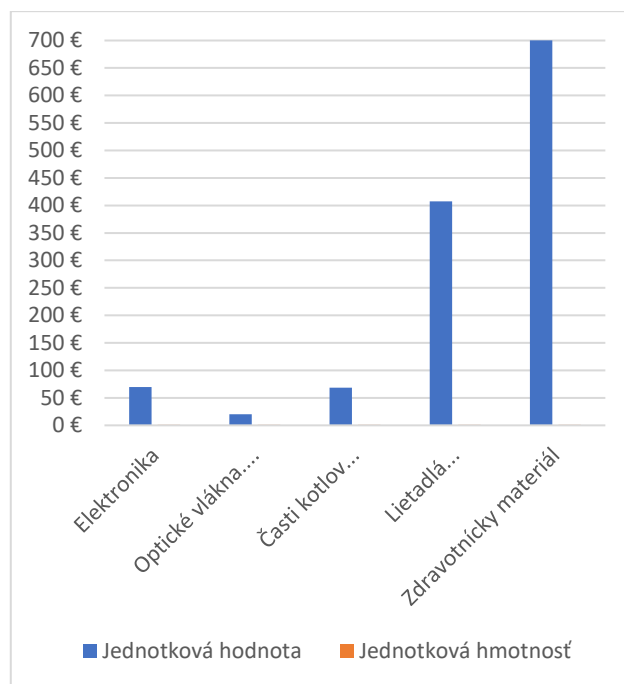
Letecká nákladná doprava má nespochybniteľne svoje miesto vo svete dopravy. Každý rok od svojho uvedenia ako pravidelnej dopravnej služby, zaznamenáva stabilný nárast prepraveného objemu tovaru, ktorý je viditeľný aj v súčasnosti. Je možné konštatovať, že letecká nákladná doprava ešte len čaká na rozvítenie svojho plného potenciálu. Úroveň globalizácie trhov, technologický pokrok a taktiež častejšie zameriavanie sa výrobcov lietadiel na vylepšovanie lietadiel zameraných primárne na prepravu nákladu bude mať rozhodujúci vplyv a dopad na vývoj leteckej nákladnej dopravy. Každý typ dopravy má svoje pozitíva a negatíva, či už ekologické, ekonomické, alebo časové. Z pohľadu prepravy tovaru, letecká nákladná doprava nie je priamym konkurentom cestnej nákladnej dopravy alebo železničnej nákladnej dopravy, najmä v oblasti prepravy veľmi ťažkého materiálu vo veľmi veľkých objemoch. Na druhú stranu letecká nákladná doprava posledné pol storočie dokazuje aj množstvo svojich výhod a postupne aj dominanciu nad ostatnými typmi dopravy v určitých aspektoch, pri preprave určitých komodít, najmä kvôli svojej schopnosti prepraviť určité množstvo nákladu za veľmi krátky čas na obrovskú vzdialenosť. Veľké špedičné firmy po celom svete sú si vedomé tejto výhody LND, a snažia sa ju vždy využiť na maximum. Preto, letecká nákladná doprava s využitím tejto asi najväčšej výhody v kombinácii s ostatnými vyššie zmienenými výhodami si bude aj naďalej budovať stabilné miesto na trhu. Slovenská republika má v Európe výnimočnú geografickú polohu. Vzhľadom k tomu že sa nachádza prakticky v „srdci Európy“ má ideálnu polohu na to aby sa stala určitým významným dopravným uzlom. Súčasne to je však aj nevýhodou, keďže okolo slovenských hraníc sa nachádzajú aj významnejšie letiská než je naše najväčšie letisko M.R. Štefánika v Bratislave. Za zmienku stoja aj letiská Viedeň alebo Budapešť, ktoré tvoria silnú konkurenciu z pohľadu prepraveného carga:

- Letisko Budapešť za rok 2018 prepravilo 146 113 ton nákladu.[6]
- Letisko Viedeň za rok 2018 prepravilo 295 427 ton nákladu.[7]
- letisku M.R. Štefánika prepravilo 26 246 ton nákladu.[8]

To však neznamená, že by sa to taktiež nedalo využiť, za predpokladu, že letisko M.R. Štefánika nie je ani zďaleka tak vyťažené ako okolité letiská, by toto letisko mohlo nejakým spôsobom skúsiť prilákať prepravcov, ktorí využívajú práve letiská Viedeň a Budapešť.



Graf 2: Pomer hmotnosti a hodnoty exportovaného tovaru, uvedené hodnoty sú v pomere na 1kg prepravenej komodity [9]



Graf 3: Pomer hodnoty a hmotnosti importovaného tovaru, hodnota je v pomere na 1kg [10]

Z uvedených grafov č. 2 a č. 3 je vidieť že letecká nákladná doprava či už v importe alebo exporte cieľi najmä na prepravu komodít s vyššou hodnotou v pomere k hmotnosti. Teda, „čím ľahší a hodnotnejší tovar, tým je vhodnejší na prepravu lietadlom“, potvrdzuje to aj teóriu v kapitole II. o charakteristike komodít prepravovaných leteckou nákladnou dopravou.. Taktiež je vidieť že import aj export každoročne narastá a potreba LND sa bude len zvyšovať. Rôzne veľké spoločnosti ju už dnes využívajú na dopravu tovaru, v prípade náhleho a nečakaného výpadku ich pravidelného dodávateľa, alebo z dôvodu náhleho a nečakaného zvýšenia dopytu po ich produktoch. Okrem takéhoto „nárazového“ využitia, je možné

využívať LND aj pravidelne, či už na prepravu „tradičných“ komodít LND alebo aj na prepravu rôznych menej „tradičných“ komodít z hľadiska ich povahy. LND v kombinácii s dobrým plánovaním môže pravidelne dodávať napríklad rôzne komponenty alebo materiály do výroby presne v stanovenú chvíľu ako zákazník potrebuje. Tým môže taký podnik ušetriť nemalé peniaze na skladovanie. Spoločné znaky komodít vhodných na prepravu leteckou nákladnou dopravou je na základe vyhodnotených údajov možné definovať takto: nízka hmotnosť, vysoká hodnota. Takéto komodity sú teda napr. z oblasti elektroniky, osvetlenia, komunikačných zariadení, letectva (lietadlá a ich súčasti), výrobky určené pre automobilový priemysel, lieky a iný farmaceutický materiál, prístroje a procesory a iná výpočtová technika.

REFERENCIE

- [1] JOHN G.WENSVEEN. 2016. Air Transportation: A Management Perspective: eighth edition. Routledge, 2016. ISBN 978-1-4724-3681-8. Zmena klímy. IATA. [Online] [Dátum: 29. 04 2020.] <https://www.iata.org/en/policy/environment/climate-change/>.
- [2] ŠTATISTICKÝ ÚRAD SR. 2020. Zahraničný obchod - metodika. [online] Dostupné na: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjPII7g5K7pAhUJsaQKHZIOCPEQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fwww7.statistics.sk%2FExportPdf%2FPdfExportSrvlt%3FDocument%3Da8ebc8e3-e9c4-45b9-8c98-50163b0a7c2f&usg=AOvVaw2KWKuRcWVHH1LL9Qfn35u7> [Cit.10.4.2020]
- [3] WORLDOMETER. 2020. GDP by Country. [Online] Dostupné na: <https://www.worldometers.info/gdp/gdp-by-country/> [Cit. 17.5.2020]
- [4] PETER S. MORRELL, THOMAS KLEIN. 2018. Moving Boxes by Air: The Economics of International Air Cargo. [Online] Dostupné na: https://books.google.sk/books?hl=en&lr=&id=MjdyDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT15&dq=air+cargo+transport+lithuania&ots=94Jk5OViD&sig=eRsQ9IJBqg3i96QED4wKuQUWUc&redir_esc=y#v=onepage&q=Cyprus&f=false [Cit. 17.5.2020]
- [5] WEBNOVINY. 2018. Letisko M. R. Štefánika v Bratislave vlani vybavilo 1,942 milióna cestujúcich. [Online] Dostupné na: <https://www.webnoviny.sk/nasadoprava/letisko-m-r-stefanika-v-bratislave-vlani-vybavilo-1942-miliona-cestujucich/> [Cit.15.5.2020]
- [6] BUDAPEST AIRPORT. 2019. Cargo. [Online] Dostupné na: https://www.bud.hu/en/business_and_partners/cargo [Cit.15.5.2020]
- [7] VIENNA AIRPORT. 2019. Traffic results. [Online] Dostupné na: https://www.viennaairport.com/en/company/investor_relations/news/traffic_results?news_beitrag_id=1547640734879 [Cit.15.5.2020]
- [8] WEBNOVINY. 2018. Letisko M. R. Štefánika v Bratislave vlani vybavilo 1,942 milióna cestujúcich. [Online] Dostupné na: <https://www.webnoviny.sk/nasadoprava/letisko-m-r-stefanika-v-bratislave-vlani-vybavilo-1942-miliona-cestujucich/> [Cit.15.5.2020]
- [9] ŠTATISTICKÝ ÚRAD SR. 2020. EXP_2018: súbor štatistických dát.
- [10] ŠTATISTICKÝ ÚRAD SR. 2020. IMP_2018: súbor štatistických dát.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] TOMOVÁ, A., HAVEL, K. 2015. Ekonomika poskytovateľov leteckých navigačných služieb. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2015. - 154 s. ISBN 978-80-554-1153-8.
- [14] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.
- [15] KAZDA, A., CAVES, R.E. 2007. Airport Design and Operation. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6.
- [16] NOVÁK-SEDLÁČKOVÁ, A. & ŠVECOVÁ, D. 2019. Do the Slovak Airports need the State Economic Framework for Financial Support? Transportation Research Procedia 40, pages 1176-1183
- [17] 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.

Filip Štefanec – narodený na Slovensku, v meste Topoľčany, v roku 2016 absolvoval gymnázium sv. Vincenta de Paul v Topoľčanoch, od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.

NOVÉ FORMY HORIZONTÁLNEJ SPOLUPRÁCE LETECKÝCH SPOLOČNOSTÍ

NEW FORMS OF HORIZONTAL COOPERATION OF THE AIRLINES

Dávid Turčan

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
david.turcan4@gmail.com

Alena Novák Sedláčková

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

Abstract – The aim of the paper is to introduce the information about forms of horizontal cooperation between companies in the aviation sector. The introduction describes a brief history of the aviation industry, its position in the market and briefly sums up the content of the work. The first part characterizes individual forms of horizontal cooperation. The second part describes new forms of business strategies of airlines and their cooperation in the market. This part also deals with the specific use of various forms of business in practice. In the third part new forms of cooperation between long-haul low-cost carriers are described as well as its connection with the establishment of the first low-cost air alliances and their brief characteristics. The work also describes the development of these alliances and their possible growth in the future. Special emphasis is placed on the analysis of low-cost air carriers in Europe, their possible cooperation and building their own alliances in the future

Key words – air transport, airlines, cooperation of the airlines, low-cost airlines, hybrid airlines, global cooperation, value alliance, U-Fly alliance.

I. ÚVOD

Odvetvie leteckej dopravy si od svojho počiatku prešlo rozsiahlym ekonomickým a technologickým vývojom. Vďaka tomu sa letecké spoločnosti neustále vyvíjajú a prinášajú novinky, ktoré môžu byť ďalej poskytnuté zákazníkom. Postupným nasycovaním trhu si však aj leteckí dopravcovia uvedomili, že musia hľadať nové, inovatívne cesty ku svojej expanzii.

Z tohto dôvodu letecké spoločnosti vytvárajú spolupráce v rôznych formách. Uzatváraním spoluprác si letecké spoločnosti vytvárajú silnejšie postavenie na trhu a zlepšujú kvalitu služieb poskytovaných zákazníkom. Najvyšším stupňom spolupráce, ktorá sa vyskytuje na trhu je aliančná spolupráca. V súčasnosti trh pozostáva najmä z troch globálnych aliancií, ktoré združujú prevažne dopravcov s tradičným modelom podnikania. Okrem toho za posledné roky vznikajú nové platformy, skrz ktoré tieto aliancie umožňujú spoluprácu s regionálnymi či nízko-nákladovými leteckými spoločnosťami.

Reakciou na zmeny na trhu sú aj nové obchodné stratégie, ktoré neustále vznikajú a zanikajú. Od 70. rokov až dodnes sa veľmi obľúbeným a rozšíreným stal koncept nízko-nákladových leteckých spoločností, ktorý oproti tradičným leteckým dopravcom ponúka služby za nižšie ceny, avšak často na úkor kvality ponúknutých služieb. Na rozdiel od minulosti kedy tradiční dopravcovia považovali tento model za hrozbu, sa súčasní dopravcovia často snažia oba modely zlúčiť a preberať výhody oboch modelov, čím vzniká hybridný model podnikania.

Vývoj nových lietadiel, prispel k vzniku nízko-nákladových dopravcov na dlhé vzdialenosti, ktorí v súčasnosti dominujú najmä v rámci Ázie. Obsahom tohto článku je analýza vývoja nízko-nákladových dopravcov na dlhé vzdialenosti, ktorí sa usilujú o rozšírenie služieb na globálnu úroveň. S vidinou globalizácie začali aj tieto spoločnosti, po vzore tradičných leteckých dopravcov, spolupracovať. V roku 2016, vznikli prvé aliancie nízko-nákladových leteckých dopravcov v Ázii. Okrem samotných nízko-nákladových aliancií v Ázii je pozornosť venovaná aj potenciálnej budúcej spolupráci v rámci Európy.

II. HORIZONTÁLNA SPOLUPRÁCA LETECKÝCH SPOLOČNOSTÍ

Horizontálna spolupráca leteckých spoločností predstavuje charakter spolupráce takých spoločností, ktoré by si za normálnych okolností konkurovali na domacom, medzinárodnom alebo globálnom trhu. Spočiatku sa tento model presadil najmä medzi tradičnými leteckými dopravcami, ktorí vďaka vzájomnej kooperácii dospeli k množstvu podnikateľských príležitostí a rozsiahlejšej ponuke služieb, ktorých výsledkom je väčšie množstvo letov, lety do nových destinácií, či nižšie ceny pre zákazníkov, vďaka čomu vybudovali silnejšie konkurenčné zázemie jednotlivých spoločností, a tým schopnosť čeliť konkurencii nízko-nákladových leteckých spoločností [40].

Delenie horizontálnej spolupráce závisí na viacerých faktoroch, ako je napr. jej rozsah; prítomnosť majetkového prvku v spolupráci, a teda je možné určiť majetkovú alebo nemajetkovú formu horizontálnej spolupráce; model podnikania jednotlivých partnerov, čo predstavuje rozdiel v spolupráci medzi tradičnými leteckými dopravcami a medzi nízko-nákladovými leteckými

dopravcami; alebo kombináciou uvedených príkladov. Konkrétnymi formami horizontálnej spolupráce sú: poolové zmluvy, interline zmluvy, royalties, joint venture, franchising, zmluvy block space, špeciálne prorata zmluvy, code-share dohody a globálne spolupráce známe najmä ako letecké aliancie. V bakalárskej práci na tému “Nové formy horizontálnej spolupráce leteckých spoločností” sú tieto formy bližšie charakterizované, pričom každá z nich obsahuje vysvetlenie spolu s príkladom využitia v praxi [41].

III. NOVÉ FORMY HORIZONTÁLNEJ SPOLUPRÁCE LETECKÝCH SPOLOČNOSTÍ

V súčasnej spoločnosti 21. storočia vzniká veľký tlak verejnosti na poskytovateľov služieb vo viacerých odboroch. Tento tlak sa prejavil aj v odvetví leteckej dopravy, kde dopyt po cestovaní či rýchlej preprave produktov za posledné desaťročia výrazne vzrástol. Vznik nových technológií, vývoj lietadiel s dlhším doletom, nižšie prevádzkové náklady, či tlak organizácii na vyššiu bezpečnosť podporuje neustále sa rozvíjajúci trh leteckej dopravy. Preto sú existujúce, ale aj nové letecké spoločnosti nútené čo najflexibilnejšie reagovať na požiadavky dopytu. Konkurenčné prostredie, veľké zahľtenie vzdušného priestoru, ale aj súčasná svetová situácia spojená hlavne s tlakom verejnosti na globálne klimatické zmeny poskytujú spoločnostiam mnoho nových príležitostí na rozvoj a zmeny v podnikaní. Vznik nových pracovných miest, zlepšenie a zefektívnenie služieb a vznik nových spoluprác medzi jednotlivými leteckými dopravcami vedie k vytváraniu nových obchodných stratégií v leteckom odvetví.

NÍZKO-NÁKLADOVÝ MODEL PODNIKANIA NA DLHÉ VZDIALENOSTI

Od 70. rokov sa na trhu uchytil dnes obľúbený business model nízko-nákladových dopravcov. Dnešný technologický pokrok priniesol aj vývoj lietadiel s dlhším doletom, čo umožnilo vytvárať spoločnosti s leteckou sieťou diaľkových letov za použitia nízko-nákladovej obchodnej stratégie tzv. long-haul low cost-carrier. Takéto linky v minulosti poskytovali prevažne tradičné letecké spoločnosti, no súčasný pokrok umožnil nízko-nákladovým leteckým dopravcom implementovať svoju stratégiu aj u diaľkových letov. Spoločnosti využívajú jednoliatu flotilu lietadiel s dlhým doletom, s maximálnym počtom sedadiel v jednej cestovnej triede. Spoločnosti výrazne obmedzujú poskytované služby na palube, čo môže byť nevýhodou pri náročných niekoľkohodinových letoch, keďže cestujúci musí priplácať za jedlo na palube či batožinu naviac [41] [42].

Európska letecká spoločnosť Norwegian Air Shuttle poskytuje služby nízko-nákladového dopravcu na stredné resp. dlhé vzdialenosti dodnes. Okrem liniek, ktoré nórška spoločnosť poskytuje v rámci Európy patria k obľúbeným spojom cestujúcich diaľkové linky do USA ako spoje New York – Amsterdam alebo New York – Londýn. Spoločnosť v rámci svojich letov poskytuje rôzne nadštandardné služby, ako napríklad možnosť bezplatného pripojenia k internetu prostredníctvom Wi-Fi, či možnosť sledovania filmov na palube, avšak zachováva si určité prvky nízko-nákladových dopravcov, ako sú prísne regulácie hmotnosti batožiny. Zároveň veľmi výrazne diferencujú medzi letmi v rámci Európy, kde svojim cestujúcim ponúkajú možnosť výberu medzi štyrmi cestovnými

triedami, no u diaľkových letov je táto možnosť obmedzená na výber z troch tried. Spoločnosť je zároveň poskytovateľom vernostného programu „Norwegian Reward“, ktorý členom prináša široké spektrum zliav [43].

Vzhľadom na rozlohu ázijského kontinentu je preprava na dlhšie vzdialenosti oveľa častejšia ako v ktorejkoľvek inej časti sveta, a preto je tu koncept long-haul low cost carrier medzi dopravcami oveľa viac rozšírený. Lídrom tohto business modelu je spoločnosť Air Asia X, ktorá poskytuje svoje služby v 31 destináciách v rámci, ktorých uskutočňuje lety naprieč celou Áziou, ale taktiež aj do Austrálie. Táto letecká spoločnosť z ázijských low-cost dopravcov ako prvá získala povolenie od Federálnej správy letectva (FAA), vykonávať lety do USA, konkrétne na Havaj [44].

Nie všetci dopravcovia však dokážu poskytovať služby, ktoré by uspokojili vysoký dopyt na rozsiahlom ázijskom trhu, a preto hľadajú nové cesty k svojej expanzii. Preto aj nízko-nákladoví dopravcovia hľadajú cesty k vzájomnej spolupráci, vďaka čomu vytvorili prvé nízko-nákladové aliancie.

HYBRIDNÝ MODEL PODNIKANIA

Doposiaľ bola civilná letecká doprava delená zväčša na dva konkurenčné segmenty, kde vzájomne súperili nízko-nákladoví leteckí dopravcovia a tradiční leteckí dopravcovia. Dynamický vývoj odvetvia spôsobil miešanie obchodných stratégií, kde z tradičného a nízko-nákladového modelu podnikania, vzniká tzv. hybridná letecká spoločnosť. Hybridizácia modelov podnikania súčasných leteckých spoločností predstavuje preberanie prvkov inej obchodnej stratégie do svojej vlastnej. Zároveň tieto spoločnosti kladú dôraz na vynikajúce služby s metodikou úspor nákladov ako nízko-nákladové spoločnosti a štruktúrou leteckej siete ako tradiční leteckí dopravcovia. Model týchto dopravcov je akceptovaný medzi business cestujúcimi aj cestujúcimi strednej triedy. Tento model zároveň spôsobil miešanie obchodných stratégií, kde z tradičného a nízko-nákladového modelu podnikania vzniká tzv. hybridná letecká spoločnosť. Hybridizácia modelov podnikania súčasných leteckých spoločností predstavuje preberanie prvkov inej obchodnej stratégie do svojej vlastnej. Zároveň tieto spoločnosti kladú dôraz na vynikajúce služby s metodikou úspor nákladov ako nízko-nákladové spoločnosti a flexibilitou, štruktúrou leteckej siete ako tradiční leteckí dopravcovia. Model týchto dopravcov je akceptovaný medzi business cestujúcimi aj cestujúcimi strednej triedy [45].

Proces hybridizácie môžeme pozorovať u viacerých nízko-nákladových spoločností. Vhodným príkladom je americká letecká spoločnosť JetBlue. Cieľom spoločnosti bolo vytvoriť leteckú sieť, ktorá by pokryla severnejšiu časť krajiny ako je New York, a prepojila ju s destináciami na juhovýchode, ako je napríklad Florida. Spoločnosť sa od svojej pôvodnej stratégie začala odkláňať v roku 2005, kedy začali rozširovať svoju pôvodnú flotilu lietadiel Airbus – A320 o lietadlá spoločnosti Embraer – E190. Nasledujúce roky sa táto spoločnosť zameriavala na vývoj obchodnej stratégie s cieľom rozšíriť svoje služby na nové trhy. Po opustení stratégie nízko-nákladového dopravcu začala spoločnosť akceptovať význam uzatvárania spoluprác, s cieľom ďalšieho rozširovania leteckej siete. Došlo k uzatvoreniu

niekoľkých code-share dohôd, so zahraničnými dopravcami. Vďaka týmto spoluprácam sa spoločnosti podarilo rozvinúť služby ponúkané na globálnej úrovni v rámci transkontinentálnych letov. Spoločnosť pre svojich verných zákazníkov ponúka FFP program pod názvom „TrueBlue“ [46]. Ďalším znakom JetBlue ako hybridnej spoločnosti je spôsob smerovania ponuky služieb. Už od začiatku procesu hybridizácie spoločnosť smerovala zákazníkom ponuku svojich služieb prostredníctvom využitia všetkých distribučných kanálov. Čo sa týka ponuky služieb, spoločnosť okrem priameho predaja prostredníctvom svojej webovej stránky je JetBlue zastúpená v štyroch globálnych distribučných systémoch, a taktiež využíva služby štyroch onlineových cestovných agentúr [47].

Podobnou reformou obchodnej stratégie prechádza aj mnoho ďalších leteckých spoločností, kde stojí za zmienku napríklad Southwest Airlines, Germanwings, Norwegian Air Shuttle, alebo Bamboo Airways [48].

Naopak tradičné letecké spoločnosti sa pri procese hybridizácie snažia implementovať postupy, ktorých cieľom je znížiť výdavky na prevádzku leteckých liniek, a zároveň udržať vysokú kvalitu ponúkaných služieb. Letecké spoločnosti začali v procese hybridizácie implementovať harmonizáciu leteckého parku, ktorý prináša úspory spojené s prevádzkovými nákladmi, údržbou alebo školením personálu a podobne. Zmena tradičného modelu na hybridný taktiež priniesla využitie menších letísk v leteckej sieti, obmedzenie resp. spoplatnenie niektorých služieb na palube lietadiel zväčša spojené s občerstvením, a tiež lepšou distribúciou služieb prostredníctvom nových technológií, najmä prostredníctvom internetu.

Vhodným príkladom tradičnej leteckej spoločnosti, ktorá podstúpila prechod z tradičného business modelu na model hybridný je Aer Lingus. V súčasnosti ponúka lety do destinácií Veľkej Británie a Európy, a diaľkové lety do USA – destinácie ako New York, Boston, San Francisco, Miami a podobne. Spoločnosť čelí viacerým rizikám, pôsobením širšieho konkurenčného prostredia, ktoré prináša široká ponuka služieb na európskom a americkom trhu. Zároveň v rokoch 2009 spoločnosť čelila stratám spôsobeným finančnou krízou v Írsku a vysokým cenám pohonných hmôt. Z tohto dôvodu začala táto spoločnosť implementovať prvky konkurujúcich nízko-nákladových spoločností do svojho spôsobu podnikania, ktoré viedli k následným zmenám obchodnej stratégie. Spoločnosť Aer Lingus zaviedla ponuku letov na princípe nízko-nákladových spoločností z Dublinu do hlavných letových destinácií v Európe. Následne sú vykonávané lety na princípe ponuky služieb tradičného dopravcu do USA [49].

VIRTUÁLNY MODEL PODNIKANIA

Ďalšou z obchodných stratégií, ktoré leteckí dopravcovia využívajú je založenie virtuálnej leteckej spoločnosti. V súčasnosti sa tento business model vyskytuje najmä v severných krajinách Európy, resp. v krajinách Škandinávie. Virtuálnu leteckú spoločnosť môžeme považovať ako formu hybridizovanej obchodnej stratégie, kde letecké spoločnosti využívajú kombináciu business modelu viacerých leteckých dopravcov a pokúšajú sa znížiť náklady na prevádzku za použitia tzv. outsourcingu. Princípom outsourcingu je snaha zabezpečiť od externých dodávateľov prostredníctvom

dlhodobých zmlúv všetky služby potrebné na základnú prevádzku a všetky zvyšné služby ako údržba lietadiel, technický a letový personál, či samotné lietadlá. Takéto spoločnosti zároveň nemusia byť držiteľmi osvedčenia leteckého prevádzkovateľa – AOC. Preto spoločnosti využívajúce túto obchodnú stratégiu kladú čo najväčší dôraz na sledovanie dopytu na trhu, vývoj dobrého mena spoločnosti a predaj leteniek, bez ambície konkurovať iným leteckým dopravcom [50].

SPOLUPRÁCA TRADIČNÝCH A REGIONÁLNYCH LETECKÝCH SPOLOČNOSTÍ

Regionálne letecké spoločnosti zväčša poskytujú svoje služby na menších trhoch, kde poskytujú prepravu cestujúcich za použitia lietadiel s menšou kapacitou na linkách krátkych alebo stredných vzdialeností. Cieľom leteckej siete týchto dopravcov je najmä zabezpečiť potrebnú prepravu cestujúcich v rámci určitého regiónu, resp. krajiny s využitím kapacít menších letísk na princípe z bodu do bodu. Väčšina takýchto regionálnych spoločností patrí pod tradičné letecké spoločnosti. Dcérske spoločnosti potom zväčša zastávajú úlohu prepravy cestujúcich z menších regionálnych letísk pre veľké uzlové letiská materskej spoločnosti. Množstvo regionálnych leteckých spoločností využíva viaceré formy horizontálnej spolupráce ako interline, codeshare, joint venture a iné. Najmladšou formou spolupráce, ktorá sa za posledné roky formovala medzi regionálnymi a tradičnými leteckými spoločnosťami, je užšia spolupráca v rámci globálnych aliancií. Vďaka platforme „Connecting partner model“, ktorú v roku 2015 spustila globálna aliancia Star Alliance je umožnené aj regionálnym alebo nízko-nákladovým leteckým spoločnostiam podieľať sa na spolupráci s globálnou alianciou (obdobný program má zavedený aj aliancia Oneworld – „oneworld connect“). Táto platforma umožňuje regionálnym dopravcom prepojenie liniek s leteckou sieťou Star Alliance, bez toho aby sa stali jej členmi. Vďaka takémuto prepojeniu získava aliancia silnejšie konkurenčné postavenie v rámci regionálnej prepravy a tým dokáže konkurovať konkrétnym nízko-nákladovým dopravcom, ktorí poskytujú svoje služby v konkrétnom regióne [51] [52].

IV. ALIANCIE NÍZKO-NÁKLADOVÝCH LETECKÝCH DOPRAVCOV A ICH CHARAKTER

Letecké spoločnosti hľadajú nové spôsoby, ako prilákať zákazníkov k využitiu ponúkaných služieb. Preto aj nízko-nákladové spoločnosti po vzore tradičných leteckých spoločností zakladajú aliancie, ktorých cieľom je rozširovanie portfólia svojho podnikania a vytvorenie konkurenčného prostredia tradičným leteckým alianciám. Vďaka tvorbe aliancií dokážu členovia vzájomne spolupracovať, čím rozšíria ponuku svojich služieb k novým potencionálnym zákazníkom, rozšíria letecké siete, pričom nedochádza k výraznému zvýšeniu nákladov. Po spojení síl vznikli prvé dve nízko-nákladové aliancie v rámci asijských trhov v roku 2016, a to konkrétne U-Fly Alliance a Value Alliance.

Ešte pred vznikom prvej nízko-nákladovej aliancie sa v Ázii sformovala v roku 2015 spolupráca dopravcov, ktorá viedla k vzniku aliancie Vanilla Alliance. Aliancia v súčasnosti združuje 5 leteckých spoločností, ktoré poskytujú služby v oblasti

Indického oceánu. Členské spoločnosti však využívajú business model tradičných resp. regionálnych dopravcov, a preto táto aliancia nebude v tejto časti bližšie špecifikovaná [53].

VALUE ALLIANCE

Tabuľka 1: Členské letecké spoločnosti aliancie Value Alliance [Zdroj: Autor]

Názov spoločnosti	Krajina	Flotila	Vernostný program (FFP)
Cebu Pacific	Filipíny	55 lietadiel	GetGo
Ceb Go	Filipíny	20 lietadiel	GetGo
Nok Air	Thajsko	28 lietadiel	Nok Fun Club
Nok Scoot	Thajsko	7 lietadiel	-
Jeju Air	Južná Kórea	40 lietadiel	Refresh point
Scoot	Singapur	48 lietadiel	KrisFlyer

Value Alliance, je nízko-nákladovou alianciou, ktorá vznikla v máji 2016. Pozostáva, zo spoločností poskytujúcich služby najmä v oblasti Ázie. Členmi tejto aliancie je v súčasnosti šesť nízko-nákladových leteckých spoločností, čím sa radí na štvrté miesto spomedzi najväčších leteckých aliancií. Spoločne tieto spoločnosti ponúkajú svoje služby vo viac ako 160 destináciách, najmä krajín Ázie resp. oblasť ázijsko-pacifického regiónu [54].

Aliancia prináša prepojenie výhod jednotlivých členských spoločností do jedného uceleného systému, ktorého cieľom je maximalizovať zážitok z cestovania. Value Alliance zabezpečuje rezerváciu letu, ktorý je kombináciou viacerých dopravcov, kde ponúka lety za skvelú cenu a taktiež vytvára rámec pre ďalšiu spoluprácu medzi členskými leteckými spoločnosťami zdieľaním spoločných služieb [54].

U-FLY ALLIANCE

Tabuľka 2: Členské letecké spoločnosti aliancie U-Fly Alliance [Zdroj: Autor]

Názov spoločnosti	Krajina	Flotila	Vernostný program (FFP)
HK Express	Čína	24 lietadiel	Asia Miles
Lucky Air	Čína	43 lietadiel	Fortune Wings Club
Urumqi Air	Čína	16 lietadiel	-
West Air	Čína	35 lietadiel	-
Eastar Jet	Kórea	18 lietadiel	

U-FLY Alliance je alianciou nízko-nákladových dopravcov, ktorá bola založená v januári 2016. Ide o prvú alianciu takéhoto typu. Súčasne zloženie aliancie pozostáva

z piatich nízko-nákladových leteckých spoločností, ktoré svoje služby poskytujú v rámci Ázijského trhu. Vďaka spoločnej sieti v súčasnosti poskytuje lety do viac ako 190 destinácií s kombinovanou flotilou vyše 130 lietadiel [55].

Pri porovnaní oboch nízko-nákladových aliancií nájdeme niekoľko spoločných prienikov. Členmi oboch leteckých spoločností sú nízko-nákladoví dopravcovia z oblasti Ázie, ktorí v súčasnosti prezentujú skôr hybridný business model než nízko-nákladový. Čo sa týka vlastnickej štruktúry členských spoločností ide prevažne o spoločnosti, ktoré predstavujú dcérske spoločnosti tradičných leteckých dopravcov alebo väčších low-cost dopravcov [55].

Rozdiely medzi alianciami predstavuje najmä ich letecká sieť, kde leteckí dopravcovia v aliancii U-Fly poskytujú služby výlučne v oblasti Ázie. Value Alliance pôsobí na Ázijskom trhu, v Austrálii a taktiež vidíme expanziu na nové trhy, vytvárajúc letecké spojenia aj do Európy [55].

NÍZKO-NÁKLADOVÉ ALIANCIE V EURÓPE

Európsky trh leteckého odvetvia je taktiež pokrytý niekoľkými kvalitnými low-cost leteckými spoločnosťami. Vynára sa otázka: „Bude mať Európa vlastnú alianciu nízko-nákladových leteckých dopravcov?“

V súčasnosti neexistuje v rámci európskych nízko-nákladových dopravcov žiadna letecká aliancia, avšak vidíme pokusy členských dopravcov Value Alliance expandovať do krajín Európy. Prvú takúto linku spustila v roku 2017 Singapurská spoločnosť Scoot. Spustením linky medzi Singapurom a Aténami sa tak Scoot stal prvou nízko-nákladovou leteckou spoločnosťou, ktorá ponúka priame diaľkové spojenie medzi južnou Áziou a destináciou v Európe [56]. O rok neskôr spoločnosť pridala ďalší spoj do Európy, a to zo Singapuru do Berlína [57]. Spoločnosť zároveň expanduje aj do ďalších častí sveta, preto je možné predpokladať, že expanzia nízko-nákladových spoločností, a teda aj aliancií, z oblasti Ázie bude pretrvávajúť aj v budúcnosti. Následkom bude ďalšie pribúdanie nových leteckých spojov medzi Európou a Áziou. Taktiež je pravdepodobné, že súčasné nízko-nákladové aliancie budú naďalej naberáť nových členov, s cieľom rozšíriť leteckú sieť na všetkých kontinentoch.

Aj samotní Európski nízko-nákladoví dopravcovia sa v priebehu posledných rokov pokúsili vytvoriť spoluprácu s potenciálnym globálnym rozmerom medzi nízko-nákladovými leteckými spoločnosťami. Veľký potenciál vzniku aliancie v Európe evidujeme od roku 2017, kedy sa o spoluprácu pokúšali spoločnosti Norwegian Air Shuttle, ktorý sa sústreďuje prevažne na diaľkové lety do zámoria, s najväčšími nízko-nákladovými regionálnymi dopravcami Ryanair a EasyJet. K širšej dohode medzi týmito tromi dopravcami však nedošlo. Dohoda je v súčasnosti uskutočnená iba medzi spoločnosťami EasyJet a Norwegian. Ďalšia iniciatíva prišla od nórskej spoločnosti v roku 2019, kedy došlo k vytvoreniu interline dohody s americkou nízko-nákladovou spoločnosťou JetBlue. Výsledkom dohody bude vznik nových leteckých spojení medzi Amerikou, Karibikom a Európou, ktorých spustenie sa očakáva v lete roku 2020 [58].

Čo sa týka spolupráce medzi nízko-nákladovými dopravcami v rámci Európy, zatiaľ nedošlo k uzatvoreniu dohôd, ktoré by viedli k vytvoreniu nízko-nákladovej aliancie, aj keď predpoklad je stále veľký. Vďaka aliancii najväčších nízko-nákladových hráčov by Ryanair, Wizzair a easyJet dokázali vytvoriť veľkú leteckú sieť, atraktívnejšie služby, vďaka ktorým by prilákali nových zákazníkov. Vzájomnou spolupracou by vytvorili silnejšie postavenie v rámci európskych trhov, kde by spoločne dokázali vytvoriť lety za prívetivé ceny s priamym spojením v rámci celej Európy a blízkeho východu, čím by dokázali ešte viac konkurovať tradičným leteckým spoločnostiam. Účasťou spoločnosti Norwegian Air Shuttle, v tejto potencionálnej aliancii by vďaka leteckej sieti, ktorá ponúka lety do USA, Južnej Ameriky, či Ázie došlo ku globálnemu pokrytiu nízko-nákladovej leteckej siete z Európy.

V. ZÁVER

Letecká doprava okrem rýchlej prepravy na krátke i dlhé vzdialenosti predstavuje dynamické, rýchlo sa meniace odvetvie. Jednotlivci, ktorí tu poskytujú svoje služby musia pracovať flexibilne.

Cieľom tohto článku bolo pomenovať jednotlivé existujúce formy horizontálnej spolupráce a na základe týchto foriem diskutovať zmeny na trhu, ktoré podmieňujú vytváranie nových spoluprác, či spôsob akým týmto zmenám jednotliví dopravcovia prispôsobujú svoje modely podnikania. Bolo preukázané, že tvorba platforiem globálnymi alianciami umožnila spoluprácu s regionálnymi dopravcami, a tým zlepšenie konkurenčného postavenia v danom regióne. Ďalším spôsobom ako sa dopravcovia snažia odpovedať na narastajúcu konkurenciu je implementácia prvkov od svojich konkurentov, kedy nízko-nákladové spoločnosti preberajú prvky tradičných a opačne, čím bol preukázaný vznik hybridných leteckých spoločností.

V poslednej časti článku sme sledovali súčasné postavenie nízko-nákladových dopravcov a ich vznikajúce spolupráce najmä na ázijskom trhu, kde od roku 2016 existujú dve významné nízko-nákladové aliancie. Cieľom týchto aliancií je rozšíriť služby na globálnu úroveň a zabezpečiť si tak postavenie významného dopravcu. Diskutovaná bola aj potenciálna možnosť vytvorenia aliancie nízko-nákladových spoločností aj na európskom trhu, po vzore ázijských dopravcov. Spomenuté boli aj náznamy takejto spolupráce medzi spoločnosťami Ryanair, Wizzair, easyJet a diaľkovým nízko-nákladovým dopravcom Norwegian Air Shuttle.

REFERENCIE

- [1] PRUŠA, J. a kolektív. Svět letecké dopravy. Praha : Galileo CEE Service ČR s.r.o., 2007. s. 315. ISBN 978-80-239-9206-9.
- [2] TOMOVÁ, ANNA, A kol. Ekonomika leteckých spoločností. Žilina : EDIS-vydavateľské centrum ŽU, 2017. s. 274. ISBN 978-80-554-1359-4.
- [3] Long-haul low-cost air services: revealing key competitive features of airline within airline strategy [Nízko-nákladové služby leteckej dopravy na dlhé vzdialenosti: odkrývanie kľúčových konkurenčných črt strategíe "airline within airline"] / Matúš Materna, Anna Tomová. In: Ekonomiczne problémy uslug : dawne Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. - ISSN 1896-382X. - Nr. 124 (2016), s. 151-162.
- [4] Norwegian - About us. [Online]. Dostupné na internete: <https://www.norwegian.com/us/about/> (citované 2020-04-27)
- [5] AirAsia X. [Online]. Dostupné na internete: http://www.airasiax.com/corporate_profile.html (citované 2020-04-27)
- [6] VIDOVIĆ, A. ŠTIMAC, I. a VINCE, D. Development of business models of low-cost airlines. [Online]. Dostupné na internete: [http://ijtte.com/uploads/2013-03-25/5d57e65e-a0a9-482f1JTTE_Vol%203\(1\)_7.pdf](http://ijtte.com/uploads/2013-03-25/5d57e65e-a0a9-482f1JTTE_Vol%203(1)_7.pdf) (citované 2020-04-08)
- [7] Join TrueBlue. Earn points. Get rewards. [Online]. Dostupné na internete: <https://www.jetblue.com/trueblue/reasons-to-join> (citované 2020-04-14)
- [8] S. GUDMUNDSSON a R. MERKERT, Ed. Journal of Air Transport Management. Elsevier Ltd. [Online]. Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-air-transport-management> (citované 2020-04-13)
- [9] Hybrid airlines. [Online]. Dostupné na internete: <https://www.alternativeairlines.com/hybrid-airlines> (citované 2020-04-12)
- [10] About Aer Lingus. [Online]. Dostupné na internete: <https://mediacentre.aerlingus.com/factsheet/about-aer-lingus> (citované 2020-04-14)
- [11] DOGANIS, R. The Airline Business. Druhá. s.l. : Routledge, 2006. [Online]. Dostupné na internete: <https://meishka.files.wordpress.com/2011/12/the-airline-business-2006.pdf> (citované 2020-04-26)
- [12] Connecting Partners. [Online]. Dostupné na internete: <https://www.staralliance.com/en/cp-overview> (citované 2020-04-10)
- [13] Miscellaneous "modi vivendi" of regional and network airlines [electronic] : the tracks for future research / Anna Tomová, Matúš Materna. In: INAIR 2018 [electronic] : Aviation on the Growth Path. - ISSN 2352-1465. - 1. vyd. - Hainburg: Elsevier, 2018. - s. 305-314 [online].
- [14] Vanilla Alliance for airlines of the Indian Ocean. [Online]. Dostupné na internete: <https://www.airlinequality.com/news/vanilla-alliance-established/> (citované 2020-05-03)
- [15] Value Alliance - about. [Online]. Dostupné na internete: <https://www.valuealliance.com/#/about> (citované 2020-04-30)
- [16] SEDLÁČKOVÁ NOVÁK, A a LOKAJ, P. Comparative analysis of U-Fly and Value Alliance and global alliances. 2017. [Online]. Dostupné na internete: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146517310852?via%3Dihub> (citované 2020-04-30)

- [17] Scoot arrives in Athens for its first European route. [Online]. Dostupné na internete: <https://www.anna.aero/2017/06/26/scoot-arrives-athens-first-european-route/> (citované 2020-05-05)
- [18] LIU, J. Scoot plans Berlin launch in June 2018. [Online]. Dostupné na internete: <https://www.routesonline.com/news/38/airlineroute/276477/scoot-plans-berlin-launch-in-june-2018/> (citované 2020-05-05)
- [19] Norwegian and JetBlue Announce Intent for Partnership. [Online]. Dostupné na internete: <https://media.uk.norwegian.com/pressreleases/norwegian-and-jetblue-announce-intent-for-partnership-2933332> (citované 2020-05-07)
- [20] TOMOVÁ, A., HAVEL, K. 2015. Ekonomika poskytovateľov leteckých navigačných služieb. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2015. - 154 s. ISBN 978-80-554-1153-8.
- [21] 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.
- [22] MATERNA, M. 2019. Variants of air navigation service providers' business models. Transportation Research Procedia 40, pages 1127-1133.
- [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

Dávid Turčan – narodený v Bojniciach absolvoval v roku 2017 Strednú odbornú školu letecko-technickú v Trenčíne, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava. Počas posledného roka štúdia na strednej škole absolvoval študentskú prax v spoločnosti Aerospool. spol. s r.o. v Prievidzi.

VPLYV LETECKEJ DOPRAVY NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF AIR TRANSPORT

Yelyzaveta Turkinevych

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

Miriam Jarošová

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

Abstract – *The relevance of the topic is due to the fact that in the transport sector, the aviation industry is one of the sources of global warming and climate change. The average number of flights worldwide is up to 102,465 per day, and this number is constantly growing, which has a major impact on the climate. Climate change is currently a huge problem, global warming is evident and unquestionable. It follows that our effort to conquer nature is a great threat to all of humanity. The aim of this work was to analyze the impact of air transport on the environment from several perspectives. The work is divided into three parts. The first chapter describes the historical development of the issue in the world. The second chapter deals with the analysis of global warming and destabilizing environmental factors. There are described different types of ecological pollution. The last third part discusses ways to minimize the impact of aviation on the environment.*

Key words – aircraft noise, air pollution, aviation, ecology, environment.

I. ÚVOD

Slovo ekológia je nám známe. Často ho počujeme, stretávame sa s ním v novinách alebo v knihách. Pochádza z gréčtiny a znamená „veda o domove“. Aby sme v ňom mohli žiť bez strachu o svoju budúcnosť či o svoje zdravie, a aby sme si mohli vychutnávať krásy prírody, musíme sa o tento dom postarať. Človek je súčasťou prírody a jej ničenie spôsobuje mnoho problémov. Zem má veľa predmetov diskusie a jedným z nich je kulminácia technogénnej éry. Vedecké úspechy, žiaľ, otvárajú nielen obrovské príležitosti na ich využitie v prospech ľudí, no skrývajú v sebe aj hroznú ničivú silu. Nehody moderných sofistikovaných zariadení či nesprávna a bezohľadná prevádzka niektorých odvetví spôsobujú nenapraviteľné škody na prírode.

Vedecká a technologická revolúcia priniesla ľudstvu bezprecedentné výhody, medzi ktoré patrí jedna z najdôležitejších schopností, a to rýchle cestovanie na veľké vzdialenosti. Človek si podmanil oblohu. Nakoniec sa sen stal skutočnosťou ľudstva. Jeden z hlavných ekologických zákonov

však uvádza, že všetko vykonané musí byť aj zaplatené. Inak povedané, každá reakcia je podmienená akciou.

Keď začujeme slovo letectvo, okamžite si predstavíme nádherný obraz. Veľké lietadlo hrdo letí na oblohe a cestuje veľkými rýchlosťami na veľké vzdialenosti. Akým spôsobom sa mu však podarí lietať, koľko škody spôsobí jeden let a samotná príprava k nemu na životné prostredie - to všetko bohužiaľ mizne v pozadí.

II. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY VO SVETE

V polovici XX. storočia pritiažili otázky životného prostredia a prírodných zdrojov pozornosť medzinárodného spoločenstva. Začiatok environmentálneho hnutia je často spájaný s publikáciou knihy Rachel Carsonovej o znečistení životného prostredia, Silent Spring. Následne sa objavili prvé vedecké a analytické práce, ktoré prebudili v spoločnosti povedomie o negatívnych environmentálnych dôsledkoch hospodárskeho rozvoja. Reakciou medzinárodného spoločenstva na vznik aktivít environmentálneho hnutia bola konferencia Organizácie Spojených národov o životnom prostredí z roku 1972 v Štokholme.

Summit milénia v roku 2000, ktorý sa vo svojej Miléniovej deklarácii usiloval o stanovenie prioritných cieľov ľudského rozvoja na dlhé historické obdobie, bol definitívnym výsledkom riešenia globálnych problémov ľudstva. 10 rokov po konferencii v Riu pocítilo ľudstvo naliehavú potrebu posúdiť, ako optimálne sú jeho činnosti vo vzťahu ku globálnym trendom vo vývoji systému sociálnej prírody. A k tomu zároveň podniknúť konkrétne praktické kroky na dosiahnutie vyváženého rozvoja.

Olumuyiwa Benard Aliu, piaty a súčasný predseda rady ICAO, ktorý vystúpil na medzinárodnom summite o investovaní do letectva v Dubaji uviedol, že letecké spoločnosti z celého sveta uskutočnili v roku 2018 38 miliónov letov a zaznamenali rekordný počet cestujúcich. Až 3 miliardy ľudí využilo letecké služby. Okrem toho bolo letecky prepravených 58 miliónov ton nákladu. Podľa predstaviteľa ICAO sa do roku 2035 počet osobných letov a leteckého nákladu viac ako zdvojnásobí.

Až donedávna zohrávala otázka vplyvu letectva na životné prostredie a ľudské zdravie vo všeobecných diskusiách o otázkach životného prostredia menšiu úlohu. Povedomie

verejnosti o dôležitosti environmentálnych problémov a obavy o spôsoboch ich riešenia však viedli vlády mnohých krajín k prijatiu vhodných politických opatrení na zníženie environmentálneho vplyvu letectva. Preto otázky životného prostredia v procese leteckej dopravy priťahujú oveľa viac pozornosti ako kedykoľvek predtým. Existuje tak jasná vôľa zachovať a zvýšiť úroveň životného prostredia dosiahnutú dnes.

III. ŽIVOTNÉ PROSTREDIE A JEHO DESTABILIZUJUCE FAKTORY

Medzi hlavné destabilizujúce faktory, ktoré ovplyvňujú životné prostredie, patria:

- 1) Znečistenie ovzdušia,
- 2) Hluk,
- 3) Erózia pôdy v blízkosti letísk,
- 4) Znečistenie nádrží,
- 5) Kontaminácia oblastí elektromagnetickým žiarením.

Rôznorodosť druhov znečistenia spôsobeného letectvom sa vysvetľuje tým, že toto odvetvie hospodárstva je spotrebiteľom prakticky všetkých druhov prírodných zdrojov:

- 1) Tekutých,
- 2) Pevných,
- 3) Plynných.

Po prvé znečistenie ovzdušia, ďalej pôda obsadená letiskami a rôznymi podnikmi, pitná a priemyselná voda, podzemná voda, ktorá je znečistená rôznymi spôsobmi. Letectvo tiež spotrebúva výrobky priemyselného spracovania prírodných zdrojov akými sú kovy, palivo, plasty, elektrina, a tak teda prispieva k problému znečistenia.

Tabuľka 1: Porovnávacie charakteristiky emisií látok znečisťujúcich ovzdušie

Typ letúna	Veľkosť emisie, kg		
	CO	CH ₄	NO ₄
Airbus-310	25.8	0.5	23.2
Boeing-737(400)	11.8	0.5	8.3
Boeing-777	61.4	2.3	53.6
McDonnell Douglas 81	6.5	0.2	12.3
TU-154	109	34	18

Odhaduje sa, že obnovenie ekologickej rovnováhy prírody je možné iba pre 10% znečistenia letectva, a 90% z nich by sa malo neutralizovať zavedením osobitných umelých environmentálnych opatrení. [1] V roku 2015 zhromaždenie Medzinárodnej organizácie pre civilné letectvo opätovne potvrdilo zodpovednosť ICAO a jeho členov za dosiahnutie najvyššej úrovne rovnováhy. Rovnováha by na jednej strane mala zabezpečiť bezpečnosť a rozvoj civilného letectva a na strane druhej monitorovanie kvality životného prostredia.

ICAO si kládne pre seba a svojich členov tri hlavné ciele v oblasti civilného letectva:

- 1) Obmedzenie alebo zníženie znečistenia ovzdušia v lokálnych meradlách;
- 2) Obmedzenie alebo zníženie počtu ľudí, na ktorých pôsobí akustický hluk náraz,
- 3) Obmedzenie alebo zníženie vplyvu emisií skleníkových plynov na globálnu klímu.

IV. MOŽNOSTI RIEŠENIA PROBLEMATIKY VO SVETE

Problematikou a usmerňovaním leteckej dopravy sa vo svete zaoberá Medzinárodná asociácia leteckej dopravy (IATA). Je to medzinárodná nevládna organizácia, sídlo ktorej je v kanadskom Montreale a jej európske stredisko sa nachádza v Ženeve vo Švajčiarsku. V roku 2019 sa stala IATA 300 členom leteckých spoločností, ktoré vykonávajú 93% všetkých medzinárodných letov. Pre zlepšenie kvality životného prostredia vyhlásila IATA takzvanú štvorstupňovú stratégiu, zameranú na záväzok tohto odvetvia voči zainteresovaným stranám v súvislosti s týmito cieľmi znižovania emisií.

Tabuľka 2: Ciele znižovania emisií

Technológia	Operácie	Infraštruktúra	Biopalivá a ekonomické opatrenia
Nové technológie draka a motora	Zdokonalené prevádzkové postupy	Účinnjšie riadenie letovej prevádzky	Globálne ošetrové mechanizmy
Modernizácia	Účinnjšie letové postupy	Efektívnejšie letiská	Positívne ekonomické stimuly
Trvalo udržateľné letecké palivá	Zníženie hmotnosti		Verejno-súkromné iniciatívy

Palivo predstavuje najväčšiu nákladovú zložku v leteckých spoločnostiach. Účinným a efektívnym spôsobom znižovania nákladov je spotreba paliva. IATA spolupracuje s priemyselnými partnermi na celom svete na znižovaní palivových požiadaviek priemyslu. IATA taktiež uznáva potrebu riešiť globálnu výzvu v oblasti zmeny klímy a prijala súbor ambiciózných cieľov na zníženie emisií CO₂ z leteckej dopravy:

- 1) Priemerné zlepšenie palivovej účinnosti o 1,5% ročne od roku 2009 do roku 2020,
- 2) Horná hranica čistých emisií CO₂ z leteckej dopravy od roku 2020 (uhlíkovo neutrálny rast),
- 3) Zníženie čistých emisií CO₂ z leteckej dopravy o 50% do roku 2050 v porovnaní s úrovňami v roku 2005. [2]

Viacúrovňový prístup – štvorpilierová stratégia IATA je odhodlaná byť súčasťou riešenia, ale trvá na tom, že na dosiahnutie týchto cieľov je potrebné pevné odhodlanie všetkých zúčastnených strán, ktoré spolupracujú prostredníctvom štyroch pilierov stratégie leteckého priemyslu. :

- 1) Vylepšená technológia vrátane zavádzania udržateľných nízkouhlíkových palív,
- 2) Efektívnejšia prevádzka lietadiel,
- 3) Zlepšenia infraštruktúry vrátane modernizovaných systémov riadenia letovej prevádzky,
- 4) Jediné opatrenie založené na globálnom trhu s cieľom zaplniť zostávajúce medzery v emisiách.

BIOPALIVÁ PRE LIETADLA. AKÉ SÚ MOŽNOSTI? AKÁ JE REALITA?

Biopalivá sú palivá vyrobené z rastlinných alebo živočíšnych surovín, organického odpadu a organizmov. Zoznam výrobkov z biopalív je nám známy, napríklad palivové drevo a slama. Bol vynájdený ako syntéz plynu a bionafty. Vedci z celého sveta sa v posledných rokoch snažili nájsť spôsoby, ako vyvinúť lacný spôsob výroby nízkouhlíkových palív, ktoré v budúcnosti môžu nahradiť ropné produkty. Letecký priemysel navyše v tomto smere podniká významné kroky.

Biopalivo sa prvýkrát v letectve použilo v roku 2008. Bolo to letecká spoločnosť Virgin Atlantic, ktorá zmiešala 20% percent biopaliva s konvenčným palivom. V priebehu rokov túto technológiu otestovalo niekoľko ďalších spoločností (Air New Zealand, KLM), ale najnovšie úspechy v tejto oblasti sú pre čínsku leteckú spoločnosť Hainan Airlines. Tá v roku 2017 používala vyhodnený rastlinný olej zmiešaný s konvenčným prúdovým palivom na let z Číny do USA. Bola to dobrá ukážka použitia alternatívnych palív, takže je zrejmý pokrok. [3]

Cena je jedným z problémov, najmä v oblasti biopalív. V porovnaní s konvenčnými fosílnymi palivami je cena biopalív približne dvakrát až trikrát vyššia, čo predstavuje problém. Je preto zrejmé, že ak je cena vysoká, priemysel nebude chcieť tento druh paliva používať. Politická stránka by mohla byť dobrým spôsobom, ako pomôcť zvýšiť spotrebu a stimulovať používanie biopalív. Dostupnosť surovín je ďalším problémom. Jedna z naliehavých otázok je, či môžeme získať dostatok surovín na výrobu potrebného množstva paliva a ako je to možné z hľadiska logistiky.

Problém je v tom, že zber rastlinného oleja sa musí vykonávať z rôznych miest a vzhľadom na šírenie tohto procesu sa v celej krajine kladie mnoho logistických otázok. Pokiaľ ide o lignocelulóзовú biomasu, kladú sa otázky o dostupnosti správneho množstva surovín na spracovanie.

Normy sú taktiež dôležité na zabezpečenie kvality na rovnakej úrovni, preto by mali byť všetky kompatibilné a nemal by existovať žiadny problém, ak potrebujeme doplniť palivo do rôznych druhov biopalív. Iba v posledných rokoch sa uvoľnilo šesť druhov biopalív, ktoré boli certifikované podľa medzinárodných noriem ASTM. Tieto normy obsahujú zoznamy vlastností, ktoré musí palivo mať, aby získali osvedčenie v letectve, a toto by malo byť sprievodcom pre všetkých výrobcov biopalív. To znamená, že jedno lietadlo by mohlo lietať na rôzne miesta a tankovať s rôznymi druhmi biopalív. Preto je potrebná spolupráca. Toto môže byť obojstranne výhodné riešenie.

Lectectvo je kľúčovým faktorom globálnej ekonomiky, ale tento rastúci priemysel predstavuje približne 2 – 3% celosvetových emisií CO². V tejto súvislosti si stanovila cieľ do roku 2050 znížiť emisie o 50%. Biopalivá z leteckej dopravy sa považujú za dôležitú súčasť tohto rozhodnutia.

V USA a Európe je ročná výrobná kapacita obnoviteľného prúdového paliva v súčasnosti 100 000 ton. Pri ďalšom rozšírení výroby do roku 2022 bude spoločnosť NESTE schopná vyrobiť viac ako milión ton obnoviteľného prúdového paliva. Medzitým je najpopulárnejším druhom paliva pre lietadlá na svete letecké palivo a benzín. [4] Rozsiahle používanie zmiešaných palív pomôže znížiť emisie CO² do atmosféry o

tretinu, a preto bude pôsobiť ako jeden z nástrojov v boji proti globálnemu otepľovaniu.

V. ZÁVER

Obsahom tejto práce bol podrobný rozbor vplyvu leteckej dopravy na životné prostredie. Z celkových informácií z tejto práce môžeme dospieť k záveru, že letecká doprava má negatívny dopad na životné prostredie. Sú to napríklad znečistenie vzduchu pri činnosti leteckých motorov, letecký odpad, odpadové vody z leteckých opravárenských spoločností a letísk, letecký hluk, ktorý ovplyvňuje obyvateľstvo. Všetky spomenuté faktory majú nepriaznivý vplyv na ekológiu ako v globálnom tak aj lokálnom merítku.

Na druhej strane je letectvo najrýchlejší a najbezpečnejší spôsob prepravy ľudí. Podľa odhadov ICAO existuje jedna letecká nehoda na milión letov, čo sa nedá povedať o iných druhoch dopravy. Pravdepodobnosť, že cestujúci, ktorý nastúpi do lietadla zomrie pri leteckej nehode je približne len 1:8 000 000. Poznatky z danej práce nám taktiež ukazujú, že letecká doprava má šancu v budúcnosti stať sa aj jedným z najekologickejších spôsobov dopravy, ak sa do jej vývoja budú viac komponovať projekty zohľadňujúce aj vplyv na životné prostredie.

V prípade letectva ostáva znižovanie skleníkových plynov z leteckej dopravy jednou z najzložitejších výziev v rámci odvetvia dopravy. Lietadlá budú v dohľadnej budúcnosti stále závisieť od fosílnych palív, pričom sa očakáva, že dopyt po leteckej doprave bude naďalej rásť. Ved' len od roku 1990 sa počet cestujúcich v leteckej doprave na celom svete a aj v Európe strojnásobil.

V súčasnej dobe sa hľadajú alternatívy k palivám, ktoré sa využívajú v letectve s ohľadom na znižovanie emisií vypúšťajúcich sa do atmosféry. Kompetentní budú musieť nájsť kompromis medzi bezpečnosťou a rýchlosťou, ktorú letecká doprava ponúka. Ďalej v čom vyniká s ohľadom na iné formy dopravy a medzi množstvom znečisťujúcich látok, ako aj iných vplyvov, ktoré letecká doprava má s ohľadom na životné prostredie.

Daná práca iba poukazovala na východiská, ktoré sú a zároveň na problémy, ktoré letectvo s ohľadom na klimatickú zmenu, stále čakajú na riešenie.

REFERENCIE

- [1] I.P., Golubev a Y.V., Novikov. Životné prostredie a doprava. 1987.
- [2] Zmena klímy. IATA. [Online] [Dátum: 29. 04 2020.] <https://www.iata.org/en/policy/environment/climate-change/>.
- [3] Habr. <https://habr.com/>. [Online] Denis Kryuchkov, 2006. [Dátum: 23. Marec 2020.] <https://habr.com/ru/post/482850/>.
- [4] Kyiv Sikorsky Airport. <https://iev.aero/>. [Online] «Kyiv» International Airport, 2011. [Dátum: 21. Marec 2020.] <https://iev.aero/en/press-centre/news/331>.

- [5] Ďurčanský, P. & Čerňan, J. 2019. Natural gas storage Safety and efficiency. Transport Means - Proceedings of the International Conference, 2019-October, pp. 1291-1294
- [6] NOVÁK, A., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A. 2010. Medzinárodnoprávna úprava civilného letectva. Žilinská univerzita, 2010. - 125 s. ISBN 978-80-554-0300-7.
- [7] KAZDA, A., CAVES, R.E. 2007. Airport Design and Operation. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, 2007. 538 s. ISBN 978-0-08-045104-6.
- [8] 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
- [9] KAZDA, A., BADÁNIK, B., TOMOVÁ, A., LAPLACE, I. & LENOIR, N. 2013. Komunikácie 5(2), pages 19-24

Bc. Yelyzaveta Turkinevych – narodená na Ukrajine, v meste Odesa absolvovala v roku 2016 Odeské gymnázium č.4, následne od roku 2017 študovala na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.

VÝVOJ LETECKÝCH PRÍSTROJOV BEZMOTOROVÝCH LIETADIEL

DEVELOPMENT OF FLIGHT INSTRUMENTS USED IN GLIDERS

Diana Varholíková

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

Branislav Kandra

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

Abstract – The theme of this paper is the development of flight instruments used in gliders. First part of the thesis describes the history of gliding followed by closely related description of development of the instrumentation. This chapter also looks into the history of flight instruments and the comparisons in evolution of the instrument panels and their contents of the instrumentation of gliders, which differ depending of their use, i.e. recreational, training or competitive flying purpose. The next chapter enumerating the instruments that the glider must contain. The fourth part contains a description of modern instruments and systems that replace classical devices with gradual development and provide a number of new features and views to the pilot. The last part is the design of new instrumentation for the VSO-10 glider, which is owned by Aeroclub Poprad. The change in the cockpit includes three versions of the proposal, which differ mainly on the basis of pricing. The section continues with the procedures and measures necessary to approve the replacement or construction of new proposed equipment in this type of glider.

Key words – glider, gliding, flight instruments, instrumentation, navigation system, collision avoidance system.

I. ÚVOD

Využitie leteckých prístrojov, či už bezmotorovom lietaní alebo lietaní motorovom je z hľadiska bezpečnosti ale aj dosiahnutého výkonu veľmi dôležité. V počiatkoch lietania piloti nevyužívali žiadne letecké prístroje a tak všetky informácie, ktoré zobrazujú terajšie letecké prístroje museli odhadnúť podľa toho, čo v danom momente videli a cítili. Letecká prevádzka bola teda obmedzená na lietanie za dobrého lietania a dobrej viditeľnosti.

Vývoj leteckých prístrojov je úzko spätý s vývojom samotného lietania a stále napreduje. Zobrazenie informácií prístrojového vybavenie nadobudlo s postupnou evolúciou elektronickú podobu a poskytuje pilotom čoraz viac presnejších informácií a funkcií, ktoré zvyšujú bezpečnosť leteckej prevádzky a výkon letu, vďaka ktorým došlo k skvalitneniu bezmotorového lietania.

V práci sme sa zamerali na opis histórie bezmotorového lietania spolu s históriou leteckých prístrojov. Pre porovnanie z hľadiska obsahu prístrojového vybavenia bezmotorových lietadiel sme vybrali tri typy vetroňov, ktoré sa líšia na základe ich využitia. Nemenej sme sa venovali predpisu, ktorý uvádza požadované letecké prístroje na palube vetroňov a taktiež opisom jedných z najmodernejších leteckých prístrojov a systémov, ktoré piloti bezmotorového lietania používajú. Prínosom tento práce bolo vytvoriť návrhy pre výmenu analógových prístrojov za ich moderné verzie vo vetroni VSO-10, ktorého vlastníkom je Aeroclub Poprad. Tu sme vytvorili tri varianty, ktoré sa líšia nie len z hľadiska výkonu navrhnutých prístrojov a systémov ale aj ich ceny.

II. HISTÓRIA BEZMOTOROVÉHO LIETANIA

Obsahom tejto časti je opis histórie bezmotorového lietania spolu s vývojom bezmotorových lietadiel, ktoré úzko súvisia s evolúciou prístrojového vybavenia vetroňov. Najdôležitejšie udalosti a vývoj bezmotorového lietania sú rozdelené do časových období.

ZAČIATKY BEZMOTOROVÉHO LIETANIA

Záznam o prvom lete na klzáku pochádza z roku 1804, ktorý skonštruoval britský priekopník George Cayley, avšak prvý let bol realizovaný v roku 1883 na jednoplošnom klzáku z Otay Mesa neďaleko San Diega Josephom Montgomerym. Na základe rád od nemeckého prikopníka Ota Lilienthala, ktorý na rozdiel od svojich predchodcov zkonštruoval klzáky, ktoré boli plne ovládateľné, zostavil Percy Pilcher klzák s názvom The Bat, na ktorom bol v tom čase vykonaný rekord v uletení najväčšej vzdialenosti a to 250 m v mestečku v strede Anglicka [3]. Výrobou klzákami sa preslávili aj bratia Wrightovci, ktorí vyrábali klzáky so zložitým systémom skrútenia krídel nazývaného wing wrapping, čo bolo priaznivé pre vytvorenie väčšieho vztlaku na zdvihnutie klzáku do vzduchu a dali si patentovať techniku riadenia okolo troch osí [4].

OBDOBIE PO PRVEJ SVETOVEJ VOJNE

Zatiaľ čo sa po prvej svetovej vojne sa štáty okrem ostatné usilovali o zlepšenie výkonu motorových lietadiel, Nemci

vyvíjali stále výkonnejšie klzáky a vzdelávali sa v oblasti využitia atmosférických, ktoré napomáhajú k dosiahnutiu vyšších hodnôt v preletených vzdialenostiach za kratší časový interval. Práve v Nemecku sa konala prvá súťaž v bezmotorovom lietaní a taktiež boli prví, ktorí zriadili prvú leteckú školu plachtenia v USA [5]. V tomto období sa bezmotorové lietanie rozvíjalo aj na území Československa. V roku 1923 bol v Aeroklube Nitra skonštruovaný prvý vetroň s názvom Nitra-1 a práve členovia tohto Aeroklubu sa zúčastnili československej plachtárskej súťaže v Baně pri Zbraslavi. O rok na to bol vytvorený druhý vetroň, išlo o dvojplášnik s názvom Zobor-1 [6].

OBDOBIE OD ROKU 1930 DO ZAČIATKU DRUHEJ SVETOVEJ VOJNY

V roku 1931 Nemecký Gunther Groenhoff urobil nový rekord tým, že preletel vzdialenosť 272 km. Plachtenie sa na letných olympijských hrách v Berlíne v roku 1936 stalo olympijským športom. Po veľkom úspechu sa v súťažnom plachtení na olympijských hrách malo pokračovať aj v Tokiu, avšak v dôsledku vypuknutia druhej svetovej vojny boli olympijské hry zrušené [7]. V polovici tridsiatych rokov sa v Československu uskutočnili prvé národné plachtárske preteky generála M. R. Štefánika v Bánskej Bystrici. Pretekov sa zúčastnilo 35 pilotov a 18 vetroňov [8]. Prvé snahy o stavbu klzákov na území Českej republiky boli zahájené v roku 1933 v Zlíne, kde na sa zostrojili výkonných klzákov podieľala skupina študentov Brnenskej techniky. Historicky prvým vetroňom, vyrobeným v Zlíne bol klzák nemeckého typu s názvom Albatros. Ďalšie vyrobené klzáky niesli názov Zlín s číselným označením. Letecká výroba bola presunutá zo Zlína do Otrokovíc a niesla názov Zlínska letecká spoločnosť, a.s. [9].

OBDOBIE POČAS DRUHEJ SVETOVEJ VOJNY

Po vypuknutí druhej svetovej vojny sa klzáky začali používať na vojenské účely. Prvým klzákom, ktorý bol nasadený do druhej svetovej vojny bol nákladný klzák DFS230, ktorý bol navrhnutý Nemcami na skrytú prepravu výsadkových vojsk a ich výstroje. Práve použitím tohto klzáku s úspešným útokom na belgickú pevnosť bola prekázaná hlavná úloha vojnových klzákov počas tejto vojny. Veľká Británia sa stala druhou krajinou, ktorá začala s konštrukciou takýchto klzákov. Konkrétne išlo o výrobu približne 3800 kusov klzákov Horsa, ktoré použili pri výsadkovej akcii v Nórsku v roku 1942. Využitie klzákov počas vojny sa dostalo aj za oceán do Spojených štátov amerických, kde sa stal najpoužívanejším klzákom Waco CG-4 prezvaný Hadrian po rímskom cisárovi [10].

OBDOBIE PO DRUHEJ SVETOVEJ VOJNE

Dôvodom prečo sa plachtenie ako olympijský šport po skončení druhej svetovej vojny nevrátilo na olympijské hry bolo nedostatok klzákov, ktoré boli v dôsledku vojny zničené. Krajiny začali vyvíjať nové klzáky a nezaostávalo ani Československo, ktoré zostavilo klzáky na účely zdokonaľovania pilotov vo výcviku v oblasti bezmotorového lietania. Na Slovensku bol rok po skončení druhej svetovej vojny založený Slovenský národný aeroklub. Nadobudnutie väčšieho množstva vedomostí pilotov a zlepšenie technológií pomohlo vytvoriť nové rekordy v preletenej vzdialenosti. Prvé podujatie v športovom plachtení sa konalo v

roku 1948 na ostrove Samedan a uskutočňuje sa každé dva roky [7].

VÝVOJ PO ROKU 1990

Pri stavbe klzákov sa začalo s používaním nových kvalitnejších materiálov, s vytváraním nových tvarov krídel, začalo sa s elektronizáciou prístrojov. K uskutočneniu dlhších letov prispela aj presnejšia predpoveď počasia. Hoci neexistuje olympijská súťaž v plachtení, existujú majstrovstvá sveta aelbo si majstrovstvá v tomto športe organizuje každá Krajina individuálne.

III. VÝVOJ LETECKÝCH PRÍSTROJOV BEZMOTOROVÝCH LIETADIEL

V letectve bolo veľmi dôležité využívanie stále novších leteckých prístrojov spolu s ich ďalším vývojom. Prevádzka bez použitia prístrojov bola obmedzená na lietanie za dobrého počasia a dobrej viditeľnosti, kedy pilot udržiaval vizuálny kontakt so zemou [2].

KOMPAS

Kompas patril medzi prvé prístroje, ktoré sa v letectve začali používať. Princíp ich fungovania ako prví objavili Číňania, pri hre podobnej šachu. Potenciál tohto objavu si hneď uvedomili a využili magnetické vlastnosti prírodnej magnetickej rudy na vývoj kompasu, naplneného kvapalinou. Kvapalinou naplnené kompasu však neboli dokonalými prístrojmi, pretože pri prudkom zatáčaní kompas zobrazoval nepresné informácie o smere. Presnosť kompasu pokročila v septembri roku 1929, kedy James Doolittle vykonal úspešný skúšobný let so smerovým gyrokompasom vyrábaným spoločnosťou Sperry Company [11].

RÝCHLOMER

Prvé prístroje na zobrazovanie rýchlosti boli rýchlomer mechanický a diferenciálny. Mechanické verzie týchto rýchlomerov boli považované za veľmi jednoduché a zobrazovali len obmedzené množstvo informácií. Prvým spoľahlivým ukazovateľom rýchlosti bol diferenciálny manometer, nazývaný velometer, ktorý navrhol Frank Short v Royal Aircraft Factory vo Farnboroughu v roku 1912. Prístroj bol naďalej vyrábaný firmou Casella a firmou Elliott Brothers so sídlom v Londýne [13].

VÝŠKOMER

V roku 1928 vynášiel Paul Kollsman v Spojených štátoch prvý prístroj na meranie výšky. Výškomer bol známy pod názvom Kollsman Window a jeho hodnoty boli uvádzané vo feetoch. Tento prvý barometrický výškomer pracoval na princípe merania vonkajšieho tlaku, ktorý sa s rastúcou výškou znižuje a práve tento tlak výškomer premieňal na výšku. Nameraná hodnota výšky bola vzhľadom k strednej hladine mora [12].

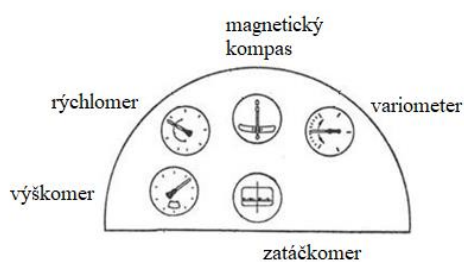
VARIOMETER

Veľkým pokrokom v bezmotorovom lietaní v oblasti vyhľadávania a zobrazovania sily stúpavých prúdov, bol vynález variometra v roku 1929. Bol vynájdený dvojicou nadšencov plachtenia Alexandrom Lippischom a Robertom Kronfeldom. Variometer na základe časovej zmeny statického tlaku meral

vertikálnu rýchlosť lietadla, teda rýchlosť stúpania a klesania. V postupnom napredovaní doby a techniky vznikol tento prístroj v roku 1978 aj v elektrizovanej podobe, ktorý pracoval na princípe chladiaceho účinku prúdenia vzduchu na prvok, ktorý sa nazýva termistor. V dnešnej dobe sú variometre doplnené o zvukovú signalizáciu, ktorých intenzita sa zvyšuje na základe vyššej vertikálnej rýchlosti. Tento zvukový signál umožňuje pilotovi sústrediť sa na vonkajšiu prevádzku vo svojom okolí, čím prispieva k zvýšeniu bezpečnosti [13].

ODPORÚČANÉ UMIESTNENIE PRÍSTROJOV DO PALUBNEJ DOSKY

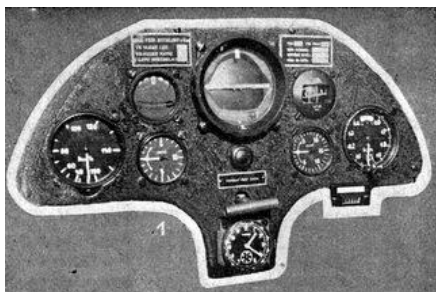
Postupnými vynálezmi leteckých prístrojov sa začalo uvažovať o ich správnom rozmiestnení na palubnej doske. Bolo jasné, že najlepší spôsob ich uloženia bolo pred pilotom, priamo v jeho výhľade na okolitú prevádzku. Rozmiestnenie prístrojov sa riadilo podľa dôležitosti prístrojov a teda najdôležitejšie prístroje boli implementované v hornej časti v strede palubnej dosky [1].



Obrázok 1: Základné umiestnenie leteckých prístrojov vo vetroni [Zdroj: Inž. TŮMA, J. *Letecké palubní přístroje. Praha: Naše vojsko, 1960.216s.*]

VÝVOJ PALUBNÝCH DOSIEK BEZMOTOROVÝCH LIETADIEL

Pre porovnanie obsahu prístrojového vybavenia na palubných doskách bezmotorových lietadiel sú vybrané tri typy vetronov. Zlín Z-25 je vetron, ktorý patril medzi prvú vyrobenú vetronu na území Československa po druhej svetovej vojne. Vetron Blaník-L13 patrí medzi najznámejšie na našom území, a to z hľadiska jeho primárneho využitia na výcvik žiakov. Tretím, a teda posledným vetronom je vetron ASW-27, ktoré piloti využívajú hlavne na športové či súťažné lietanie. Na základe priložených obrázkov je možné vyčítať, ktoré letecké prístroje sa používali na začiatkoch výroby klzákov s sledovať ich postupnú modernizáciu a elektronizáciu.



Obrázok 2: Prístrojová doska vetrona Z-25 [Zdroj: <https://www.gonzoaviation.com/clanok/pristrojove-vybavenie-sohaj-25>]



Obrázok 3 - Prístroje vetrona Blaník L-13 [Zdroj: <http://www.aeroklubpoprad.sk/node/445>]



Obrázok 4: Prístrojová doska vetrona ASW - 27 [Zdroj: <https://www.youtube.com/watch?v=bBjyEmdb0MA&t=128s>]

IV. PRÍSTROJOVÉ VYBAVENIE BEZMOTOROVÉHO LIETADLA PODĽA PREDPISOV

Podľa stanoviska č.1/2012 Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva z 1. februára 2012 prílohy VII k návrhu nariadenia Komisie „Letecká prevádzka – OPS“ v časti NCO – IR a v podčasti D – Prístroje, údaje a vybavenie oddielu 3 – Vetrony, sú uvedené požadované letecké prístroje na palube bezmotorových lietadiel. Na základe tohto stanoviska je povinné vybavenie letových a navigačných prístrojov používaných vo vetronoch rozdelené do dvoch kategórií a to na letové a navigačné prístroje používané za letu VFR alebo za letu v oblačnosti.

Vetrony, ktoré sú prevádzkované podľa pravidiel letu VFR počas dňa musia byť vybavené prostriedkami, ktoré merajú a zobrazujú magnetický kurz, používaný pri motorových vetronoch, ďalej je to čas, ktorý je meraný v hodinách, minútach a sekundách, prístrojom na meranie tlakovej výšky a indikovanej rýchlosti.

Pri letoch v oblačnosti musia byť vetrony vybavené prostriedkami na meranie a zobrazovanie, magnetického kurzu, času v hodinách, minútach a sekundách, tlakovej výšky, indikovanej rýchlosti, vertikálnej rýchlosti a letovej polohy alebo zatáčania a sklzu. V prípade navigačného vybavenia prístrojov, musia byť vetrony vybavené takými prístrojmi, ktoré im umožnia postupovať v súlade s príslušnými požiadavkami pre vzdušný priestor a s letovým plánom ATS [14].

V. MODERNIZÁCIA LETECKÝCH PRÍSTROJOV A SYSTÉMOV BEZMOTOROVÝCH LIETADIEL

Modernizácia leteckých prístrojov a systémov v bezmotorovom letaní je v súčasnej dobe veľmi žiaduca. Služi na uľahčenie práce pilota na palube lietadla, ale tiež na zobrazenie viacerých užitočných informácií, ktoré zvyšujú bezpečnosť leteckej prevádzky. Zoskupenie letových informácií na obrazovke jedného prístroja či systému je výhodou na zvýšenie sústredenia pilota. V tejto kapitole sú spomenuté navigačné, protizrážkové systémy a letecké prístroje používané na palube bezmotorových lietadiel, ktoré patria medzi jedny z najmodernejších.

NAVIGAČNÝ SYSTÉM LX90XX A LX80XX

V tomto systéme sú nainštalované celosvetové terénne mapy a taktiež obsahuje databázy vzdušných priestorov a letísk. Zobrazenie vzdušných priestorov spolu s ich hranicami slúži na varovanie pilota pri vstupe do jedného z nich. Pilot tak nemusí venovať veľkú pozornosť sledovaniu klasickej mapy. Pri pripojení na internet je k dispozícii aj ponuka predpovede počasia, ktorú si pilot dokáže vyhľadať počas alebo pred letom, čo mu umožňuje sledovať aktuálnu situáciu. V rámci predpovede počasia je dostupný aj radar so zobrazením pohybu blížiacej sa preháňky s jej intenzitou. Pre pilotov vetroňov či už na športové alebo rekreačné lietanie je veľmi častý výber a zobrazenie traťových bodov. Pre rekreačné lietanie sú tieto body informatívne a nemajú žiadne ďalšie použitie. Avšak pri letaní športovom je nastavenie traťových bodov potrebné a vyžadujúce na splnenie zadanej úlohy. Po pristávaní má každý pilot možnosť zobrazenia štatistiky letu, ktorá vykresľuje preletenú trať, priemerné stúpanie alebo klesanie za určitú dobu, výškový profil, dobu letu a najvyššiu a najnižšiu dosiahnutú výšku. Tento typ navigačného systému má mnoho ďalších funkcií. Medzi ne môžeme zaradiť nastavenie bezpečnostnej výšky, nazývané aj výšková rezerva, ktorú prístroj pridáva k požadovanej konečnej výške zostupu pre zvýšenie bezpečnosti. Spolu s rôznymi funkciami, ktoré tento systém ponúka má systém k dispozícii viacero typov upozornení. Tieto upozornenia sa týkajú vstupu do vzdušného priestoru alebo upozornenie pilota pred možnou zrážkou s iným lietadlom. Ďalšou výstrahou je výšková výstraha, ktorá spočíva v upozorňovaní pilota, ak používa nesprávny údaj nastavenej nadmorskej výšky. Vtedy ho systém upozorní na vypočítaný rozdiel a vyžaduje od neho opravu. Poslednou výstrahou je výstraha časová, ktorej využívanie je nápomocné hlavne na súťažiacich, kedy pilotovi pripomína zostávajúci čas na ukončenie zadanej úlohy [16].

PROTIZRÁŽKOVÝ SYSTÉM FLARM TYP LXNAX TRAFFICVIEW

Tento protizrážkový systém patrí medzi najmodernejšie typy v jeho oblasti. Obrazovka sa môže nachádzať v rozličných režimoch. Najpoužívanejším je režim na zobrazenie vlastnej polohy a poloh lietadiel na mape vzhľadom k svetovým stranám. K tomu sú k dispozícii informácie o identifikačnej značke lietadla, o jeho výške vzhľadom k vlastnému lietadlu, rýchlosť

stúpania alebo klesania a vzdialenosť akou sa od seba dve lietadlá nachádzajú. Tieto informácie sa nachádzajú aj pri textovom režime, avšak tu nie je zobrazená mapa. Pri prepnutí na režim traťových bodov sa zobrazí zadaná úloha s bodmi, ktoré je nutné splniť. Informácie poskytované pre pilota sú jeho výška, vzdialenosť od bodu a kurz, ktorý slúži na jeho dosiahnutie. Systém TCAS, ktorý je zabudovaný do tohto systému je pri väčšine lietadiel inštalovaný samostatne a v bezmotorových lietadlách sa často tento typ protizrážkového systému ani nenachádza. Implementácia systému TCAS do zariadení LNAX TrafficView je jednou z mála, ktoré sú do systémov podobného typu použité. Systém TCAS, ktorý sa nachádza v tomto zariadení poskytuje len informáciu o prevádzke (TA – traffic advisory), čiže o polohe narušiteľov. Nemá schopnosť a neposkytuje žiadne manévry na návrh riešenia konfliktu [15].

VARIOMETER TYPOV S8X A S10X

V oblasti leteckých prístrojov slúžiacich na meranie vertikálnej rýchlosti patria medzi najmodernejšie a taktiež prístroje s poskytovaním viacerých informácií práve digitálne variometre typu S8x a S10x. Zobrazenia podľa druhu poskytovaných informácií môžeme rozdeliť do niekoľkých režimov. Informačný mód poskytuje údaje GPS, OAT, informácie o stave batérie, zobrazenie dátumu, presného aktuálneho času a času východu a západu slnka, zobrazuje súradnice zemepisnej šírky a dĺžky a navyše aj hodnoty preťaženia. Číselné hodnoty nadmorskej výšky a letovej hladiny sú prepočítané aj na metre a feety. Ak systém obsahuje takzvaný Port FLARM, hovoríme že sa variometer nachádza v móde FLARM. V tomto prístroji sú stvárnené základné informácie o lietadlách, ktoré sú taktiež vybavené týmto protizrážkovým systémom. Ďalší mód slúži na označenie sily stúpavých prúdov v okolí. Sila intenzity je zobrazená na základe veľkosti guľčiek a farebnej odlišnosti. Posledné dva módy slúžia na navigáciu k traťovým bodom a letiskám podľa zadaných úloh s možnosťou prepnutia obrazovky na umelý horizont [17].

VÝŠKOMER ACD-57

Modernizácia prístrojov na meranie výšky spočíva v jeho digitálnom zobrazení hodnôt s možnosťou nastavenia komunikačného zariadenia. Medzi takého prístroje môžeme zaradiť výškomer typu ACD – 57, ktorý je certifikovaný povolením ETSO, je ľahko čitateľný a veľmi spoľahlivý nie len v oblasti bezmotorového letania, ale aj pri letaní na vrtníkoch či motorových letúňov, kde je možný výskyt silných vibrácií. Pri využití tohto typu len na meranie výšky, je toto zariadenie napojené je snímanie statického tlaku a na zdroj energie [18].

VI. NÁVRH PRÍSTROJOVEJ DOSKY ŠPORTOVÉHO KLZÁKU AEROKLUBU POPRAD

V tejto časti bakalárskej práce je vytvorený návrh zmeny klasických leteckých prístrojov používaných vo vetroni typu VSO-10 za modernejšie a cenovo prístupné verzie týchto

prístrojov. Výber spomínaného vetroňa je z dôvodu jeho častého využitia členmi a žiakmi aeroklubu na športových súťažiach v bezmotorovom lietaní a taktiež z hľadiska rekreačného lietania zväčša v okolí Vysokých Tatier. Ak by bol v budúcnosti záujem aeroklubu o nahradenie aktuálnych prístrojov v tomto vetroni, bude táto časť slúžiť ako návrh pre ich možné zrealizovanie.

VSO-10

Konkrétny typ vetroňa VSO-10 určený na návrh prístrojového vybavenia je v Aeroklube Poprad vedený pod imatrikulačnou značkou OM-1503 s výrobným číslom 150097 a konkrétne ide o variant VSO-10B Gradient vyrobený v roku 1984. Varianty VSO-10B a VSO-10C sa líšia len na základe typu podvozku, a teda či sa jedná o zaťahovací alebo pevný podvozok. Pri tomto konkrétnom type ide o vetroň so zaťahovacím podvozkom [19].



Obrázok 5: Vetroň VSO-10B Aeroklubu Poprad s imatrikulačnou značkou OM-1503 [Zdroj: <http://www.aeroklubpoprad.sk/node/475>]

AKTUÁLNE PRÍSTROJOVÉ VYBAVENIE

Typy aktuálneho prístrojového vybavenia je zobrazené v tabuľke č.1.

Tabuľka 1: Aktuálne prístrojové vybavenie vetroňa VSO-10 [Zdroj: 19]

Letecký prístroj aktuálneho vybavenia vetroňa	TYP
Rýchlomer	LUN 1106-8
Kompas	LUN 1211-8
Výškomer	LUN 1124.03-8
Variometer	LUN 1147.10-8
Variometer	LUN 1141
Elektrický zatáčkomer	LUN 1221.1

PRINCÍP FUNGOVANIA LETECKÝCH PRÍSTROJOV VSO-10

Rýchlomer je založený na meraní rozdielov tlakov a to celkového tlaku, ktorý je privádzaný zo snímača do tlakomernej krabice a statického tlaku, ktorý sa privádza do puzdra prístroja. Výškomer pracuje na barometrickom princípe

tlakomerných krabíc, ktoré reagujú na zmenu statického tlaku s meniacou sa výškou, a v súlade s danými prevodnými vzťahmi indikujú tieto zmeny tlaku v pomere k zodpovedajúcim výškovým hodnotám.

Tento vetroň využíva na meranie vertikálnej výšky dva variometre s tlakomernými krabicami. Statický tlak vstupuje do tlakomernej krabice, na ktorú z vonkajšej strany pôsobí aj tlak, ktorý sa nachádza v puzdre prístroja. Pri stúpaní alebo klesaní sa táto tlakomerná krabica deformuje a pomocou prevodovo-prenosového mechanizmu sa táto deformácia prenáša na stupnicu prístroja.

Magnetický kompas sa v tomto prípade nachádza na vrchnej strane prístrojovej dosky. Využíva magnetickú metódu založenú na využití vlastností permanentného magnetu, ktorý sa voľne otáča okolo svojej osi a udržiava polohu v smere magnetického poludníka [1].



Obrázok 6: Palubná doska vetroňa VSO-10 v Aeroklube Poprad [Zdroj: autor]

V ďalších častiach sú vytvorené varianty návrhov na zmenu prístrojového vybavenia palubnej dosky vetroňa VSO-10. Súčasťou každého variantu bude navrhnutý rovnaký magnetický kompas s priamym odčítaním, ktorý využíva poludníkové zložky na odčítanie magnetického pólu Zeme.

VARIANTA

Do tejto ponuky som zahrnula prístroje, ktoré sú síce cenovo náročnejšie ale dosahujú vysoké výkony. Výmena by bola vykonaná pri všetkých doposiaľ používaných prístrojov a pôjde aj o doplnenie protizrážkového a navigačného systému a tiež o doplnenie letového zapisovača.

VARIANT B

Pri návrhu tohto variantu som navrhla funkciami podobné prístrojové vybavenie ako v prvom prípade, avšak nie sú tu použité tie najnovšie systémy. Dôvodom návrhu pre kúpu starších variantov prístrojov a systémov ako sú v prvom návrhu je z hľadiska úspory financií, ktorá môže hrať pri výbere daného variantu veľkú úlohu.

VARIANT C

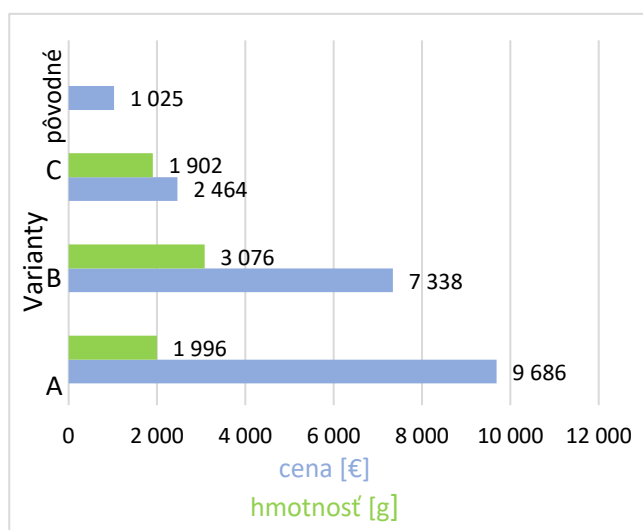
V poslednom variante sa v niektorých prípadoch nachádzajú rovnaké prístroje ako v predošlom variante a pre zníženie financií došlo k odstráneniu počtu variometrov a taktiež navigačného systému spolu s jeho ovládačom, ktorý pri predošlých variantoch patril medzi najväčšie finančné náklady.



Obrázok 7: Varianty návrhu prerábky prístrojového vybavenia vetroňa VSO-10 [Zdroj:autor]

POROVNANIE JEDNOTLIVÝCH VARIANTOV

Nasledujúci graf zobrazuje porovnanie jednotlivých variantov z hľadiska financií a celkovej hmotnosti.



Graf 1: Graf celkovej hmotnosti a ceny pôvodného prístrojového vybavenia a navrhnutých variantov [Zdroj: Autorské spracovanie]

VII. ZÁVER

Cieľom práce bolo opísanie histórie a vývoja histórie bezmotorového lietania, ktoré je úzko späté s vývojom leteckých prístrojov, ktoré na sa palube bezmotorového lietania používajú. Taktiež sme v práci opísali jedny z najmodernejších leteckých prístrojov a navigačných a protizrážkových systémov, ktoré nahrádzajú analógové prístroje vo vetroňoch a ponúkajú pilotom zobrazenie väčšieho množstva informácií.

Prínosom v tejto práci je vytvorenie troch variantov návrhu nového prístrojového vybavenia pre vetroň VSO-10, používaného pilotmi Aeroklubu Poprad. Práve tieto vytvorené varianty môžu v budúcnosti poslúžiť Aeroklubu Poprad pre ich možné zrealizovanie.

Podľa zistených skutočností uvedených v práci môžeme predpokladať, že vývoj leteckých prístrojov bude neustále napredovať, ich výkon sa bude zlepšovať a budú pilotom zobrazovať čoraz viac užitočných informácií. Taktiež je možné povedať, že výrobcovia prístrojov a systémov dbajú na ich znižujúcu sa hmotnosť.

REFERENCIE

- [1] KANDERA, B. 2015. Letecké prístroje. 1.vyd. Bratislava: DOLIS s.r.o., 2015. 205 s. ISBN 80-8181-017-6.
- [2] Kolektív autorov. 2013. *Učebnice pilota*. 1.vyd. Cheb: Svět křidel, 2013. 710 s. ISBN 80-87567-26-5.
- [3] Miriam Bibby. Percy Pilcher glider [online]. Dostupné na internete: <https://www.historic-uk.com/HistoryUK/HistoryofBritain/Percy-Pilcher/> (citované 2020-02-16)
- [4] National Air and Space Museum. The 1902 Glider [online]. Dostupné na internete: <https://airandspace.si.edu/exhibitions/wright-brothers/online/fly/1902/glider.cfm> (citované 2020-02-16)
- [5] AeroClub Stendal e.V.. The first gliding competition 1920 [online]. Dostupné na internete: <https://www.wgc2020.org/the-first-gliding-competition-100-years-ago/> (citované 2020-02-16)
- [6] Sabo Ivan. Prvé československé vetrone z Nitry [online]. Dostupné na internete: <https://www.gonzoaviation.com/clanok/prve-ceskoslovenske-vetrone-z-nitry> (citované 2020-02-16)
- [7] Cambridge University Gliding Club. History of gliding [online]. Dostupné na internete: <https://www.cugc.org.uk/about-gliding/history-gliding/> (citované 2020-02-17)
- [8] Sabo Ivan. Prvé národné plachtárske preteky M.L.L. Banská Štiavnica / 1935 [online]. Dostupné na internete: <https://www.gonzoaviation.com/clanok/i-plachtarske-preteky-sitno> (citované 2020-02-17)
- [9] Zlin Z-V. Počiatk výroby letadel ve Zlíně [online]. Dostupné na internete: http://zlinv.wz.cz/pocatky_vyroby_letadel_ve_zline.php (citované 2020-02-17)
- [10] Peter Wood. The Development of Glider Warfare During World War Two [online]. Dostupné na internete: <https://www.historic-uk.com/HistoryUK/HistoryofBritain/GlidersDuring-World-War-Two/> (citované 2020-02-17)
- [11] The Editors of Encyclopaedia Britannica. Compass [online]. Dostupné na internete: <https://www.britannica.com/technology/compass-navigational-instrument> (citované 2020-03-19)
- [12] Scott Williams. Kollsman window altimeter 1935 [online]. Dostupné na internete: <https://aviationglossary.com/kollsman-window-altimeter/> (citované 2020-03-19)
- [13] Essays, UK. The Evolution Of Basic Flight Instruments History Essay [online]. Dostupné na internete: <https://www.ukessays.com/essays/history/the-evolution-of-basic-flight-instruments-history-essay.php?vref=1> (citované 2020-03-19)
- [14] Európska agentúra pre bezpečnosť letectva. 2012. Príloha I k zastrešujúcemu nariadeniu o zmene a doplnení, ktoré sa týka leteckej prevádzky, Zmeny a doplnenia prílohy IV - Časť CAT (S, B). R.F010-02
- [15] LXNAV d.o.o.. LXTrafficView [online]. Dostupné na internete: <https://gliding.lxnav.com/wp->

content/uploads/manuals/LXTrafficViewManualEnglishVer0101rev3.pdf (citované 2020-02-28)

- [16] LXNAV d.o.o.. LX90xx and LX80xx [online]. Dostupné na internete: <https://gliding.lxnav.com/wp-content/uploads/manuals/lx90xx-80xxUserManualEnglishVer710rev25.pdf> (citované 2020-02-28)
- [17] LXNAV d.o.o.. S8x and S10x [online]. Dostupné na internete: <https://gliding.lxnav.com/wp-content/uploads/manuals/LX8x10xManualEnglishVer710rev29.pdf> (citované 2020-02-28)
- [18] Air Avionics. AIR Control Display 57 [online]. Dostupné na internete: https://www.afg.ethz.ch/wp-content/uploads/documents/manuals/Garrecht_VT01_.pdf (citované 2020-02-28)
- [19] *Letová príručka kluzáku VSO 10. 2. vyd. 31 s.*
- [20] 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.
- [21] BUGAJ, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [22] NOVÁK, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [23] BREZOŇÁKOVÁ, A., ŠKVAREKOVÁ, I., PECHO, P., DAVIES, R., BUGAJ, M. & KANDERA, B. 2019. The effects of back lit aircraft instrument displays on pilots fatigue and performance. Transportation Research Procedia Volume 40, pages 1273-1280.
- [24] ROSTÁŠ, J. & ŠKULTÉTY, F. 2017. Are today's pilots ready for full use of GNSS technologies? Transportation Research Procedia 28, pages 217-225.

Diana Varholíková – narodená dňa 30.07.1998 v Poprade absolvovala v roku 2017 Gymnázium na Ulici Dominika Tatarku v Poprade, následne od roku 2017 študovala na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava. Aktuálne sa zúčastňuje výcviku pre získanie kvalifikácie SPL.

SYSTÉM MERANIA AERODYNAMICKÝCH SÍL V DEMONŠTRAČNOM VETERNOM TUNELI

AERODYNAMIC FORCE MEASUREMENT SYSTEM IN DEMONSTRATION WIND TUNNEL

Patrik Veľký

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia
patrik.velky98@gmail.com

Pavol Pecho

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

Abstract - The purpose of the article was to solve a part of the wind tunnel, specifically part of the measurement of wind forces. The work deals with the mechanism by which it is possible to determinate the values of bouyancy, downforce and drag of the object, which is attached to the system. The work takes into account the conditions under which the mechanism had to be constructed. Selection of suitable material due to price and quality, dimensional conditions, method of measurement system itself and output from the mechanism. In addition to the design itself, the scope of work also included a summary of the current state in the field of aerodynamics and wind tunnels, an analysis of current requirements for the operation of wind tunnels and a final summary from a technical and economic point of view. At the beginning of the work are summarized the basics of general aviation and the importance of aerodynamics associated with it. The second part of the work is a wind tunnel, its importance for aviation and then its design and construction of a functional mechanism for measuring the required parameters. Due to the fact that the wind tunnel was built by students and employees of the University, the work includes its own practical experience.

Key words: wind tunnel, aerodynamic force measurement system, test section.

I. ÚVOD

Účelom tejto bakalárskej práce bolo vytvorenie plne funkčného systému, ktorý by bol schopný v požadovaných parametroch merať aerodynamické sily, pôsobiace na teleso, umiestnené vo veternom tuneli.

Dôležitou časťou tohoto systému je ale samotný veterný tunel, pretože vzhľadom naň je potrebné prispôbiť ako rozmerové tak aj funkčné parametre. Pred začatím návrhu systému, bolo teda potrebné navrhnuť veterný tunel, prípadne ho aj postaviť, aby bol merací systém dokonale prispôbený podmienkam tunelu. Podmienkou bakalárskej práce bola aj účasť

na návrhu a realizácii aerodynamického tunela a v neposlednom rade tiež znalosť elementárnych poznatkov z oblasti aerodynamiky, elektrotechniky, fyziky a mechaniky.

II. AERODYNAMIKA

Aerodynamika je vedný odbor zaoberajúci sa pohybom a vplyvom tekutín v relácii s prostredím. Z histórie vieme, že jednou z najdôležitejších častí leteckého vývoja je štúdium aerodynamického pôsobenia tekutín na teleso. Z počiatku sa používali dve metódy a to: analytická a experimentálna. Postupom času sa zapojila aj výpočtová metóda, podmienená vývojom výpočtovej techniky. Dodnes však zostávajú problémy hlavne s turbulentným prúdením, na ktoré sa musia používať mimoriadne výkonné počítače. Spojením týchto troch metód sa dostávame k aerodynamickému tunelu, ktorý umožňuje spojiť všetky výhody používaných metód. [1]

Experiment je jedna z najdôležitejších vedeckých metód. Počas experimentu zasahuje riešiteľ do problému a snaží sa zreprodukovať získané výsledky. [2] Letecká doprava si v súčasnosti udržuje vedúce postavenie ako v rýchlosti a pohodlí tak aj v bezpečnosti, ktorá je najdôležitejším aspektom. [3]

Aerodynamika sa stala oblasťou, pred ktorou stoja výzvy, neprebádané miesta ďalšieho vývoja, čím poskytuje neskutočný priestor na realizáciu aj tých najodvážnejších pokusov a ideí. [4] Aj to je jedným z dôvodov stavby aerodynamických tunelov.

III. NÁVRH VETERNÉHO TUNELA

Návrh takého zariadenia ako je práve veterný tunel si vyžaduje množstvo výpočtov, znalostí a kompromisov. Je dôležité si určiť spôsob využitia tunela a následne od toho odvodiť konštrukčné riešenia. Ďalej je potrebné brať do úvahy rozmerové parametre a tiež finančné náklady. Základom všetkého je voľba testovacej sekcie a jej rozmery, ktoré musia byť dostatočné na to, aby sa v nej dokázali robiť experimenty, ktorých

výsledky budú relevantné a porovnateľné príp. rovnaké s reálnymi hodnotami.

Na výber je testovacia sekcia otvorená alebo zatvorená, príp. veľmi moderná tzv. štrbinová. Vzhľadom na budúce využitie, konštrukčnú jednoduchosť a finančné náklady je najvhodnejšou voľbou uzatvorená testovacia sekcia. Jej rozmery sa určili na tvar ležiaceho kvádra so štvorcovým vstupom o rozmeroch 600 mm x 350 mm x 350 mm. Testovacia sekcia je teda dostatočne veľká na umiestnenie objektov na meranie, ktoré dokážu simulovať skutočné podmienky a tiež dostatočne malá na to, aby v nej nevznikali veľké tlakové straty.

Ďalšou voľbou bolo navrhnutie zvyšnej časti tunela. Existujú 2 základné typy tunelov vzhľadom na spôsob prúdenia tekutiny. Obydva typy, otvorený a zatvorený, majú svoje výhody aj nevýhody, ktoré museli byť zohľadnené.

Tabuľka 1: Otvorený okruh

Výhody	Nevýhody
Nižšie náklady na návrh a stavbu	Možnosť nasatia nečistôt
V prípade použitia dymu v tuneli, pre vizualizáciu toku, nie je problém s preplachovaním, výfuk pôjde do atmosféry	Pre danú veľkosť tunela a rýchlosti v ňom je potrebné oveľa väčšie množstvo energie na prevádzku
	Hlučnosť prevádzky

Tabuľka 2: Uzatvorený okruh

Výhody	Nevýhody
Jednoduchšia indikácia kvality toku a nezávislosť na podmienkach v budove či miestnosti	Vyššie počiatkové náklady na návrh a stavbu
Menšie množstvo energie potrebnej pre prevádzku pri daných rozmeroch a rýchlosti tekutiny	V prípade vizualizácie toku pomocou dymu je potrebné riešenie ako tunel vyčistiť
	Pri vyššom využití je potrebné chladenie a výmena vzduchu

Zohľadnením všetkých kritérií je lepšou voľbou stavba tunela s otvoreným okruhom.

IV. STAVBA TUNELA

Po návrhu, nákupe všetkých potrebných materiálov a prístrojov sa mohla uskutočniť samotná stavba tunela, ktorá prebiehala v dielňach Žilinskej univerzity v Žiline, na Katedre leteckej dopravy.

Stavba bola rozdelená do niekoľkých etáp. Prvou etapou bola príprava podkladov a makiet na presné vyrobenie všetkých častí tunela. Na ich vytvorenie sa používali pevné drevené materiály, opracovávané príslušnými nástrojmi do potrebného tvaru.

Následne sa zhotovovali všetky časti tunela, formou laminovaných preglejok. Hrúbka jednej steny tunela dosahuje 15 mm. Nasávací časť má tvar štvorca o ploche 1 m², ktorý sa zužuje a napája na testovaciu sekciu. Týmto konfúzných tvarom sa dosiahne potrebné zrýchlenie tekutiny.

Testovacia sekcia je vytvorená z kovových rámov a stien z plexiskla. Zváranie konštrukcie nebolo uskutočňované v dielňach katedry, ale vo firme vyučeným pracovníkom. Po dodaní tejto holej konštrukcie k nej boli pripevnené plexisklá a potrebná elektronika.

Výstup z testovacej sekcie je vedený cez difúzor. Táto časť tunela je štvorcového tvaru, priliehajúceho z jednej strany k testovacej sekcii, voľne prechádzajúceho do tvaru kruhu, a to z dôvodu, že pohonná jednotka, ktorá je pripevnená na konci difúzora je ventilátor kruhového tvaru. Difúzny účinok má za následky spomalenie prúdu vystupujúceho vzduchu.

Pohonná jednotka má vlastný stojan a je pripevnená k difúznej časti rozoberateľnými spojmi. Formou ventilátora umožňuje chod tunela a v najužšom mieste dosahuje rýchlosť prúdiacej tekutiny 107 km/h.

Po dokončení stavby sa tunel nalakoval a vybrúsil, a to z dôvodu zníženia možnosti zvrátenia prúdu tekutiny.

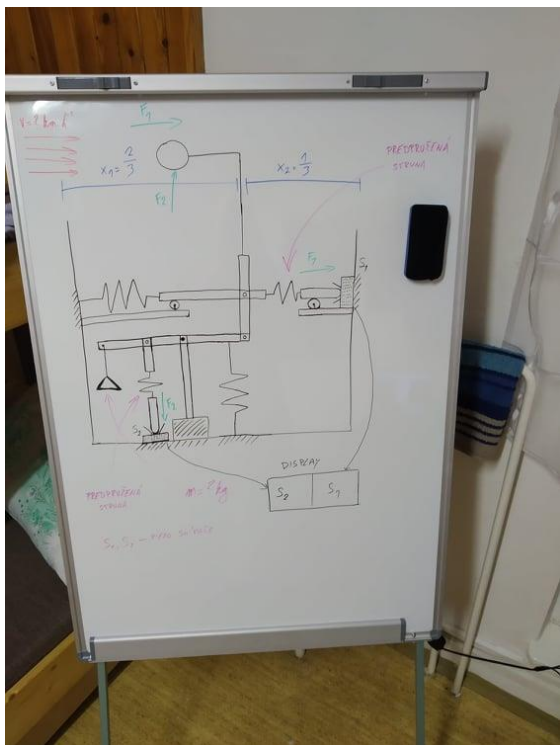


Obrázok 1: Veterný tunel (zdroj: Michal Hríz)

V. NÁVRH SYSTÉMU MERANIA AERODYNAMICKÝCH SÍL

Počas dokončovacích prác stavby tunela, bolo možné navrhnuť systém, ktorý by rozmerovo súhlasil s konkrétnym tunelom. Návrh spočíval v dosiahnutí čo najpresnejších výsledkov, ktoré by bolo možné dosiahnuť v určitých rozmeroch, zložitosti a finančných nákladoch. Vzhľadom na vysokú cenu samotnej konštrukcie tunela, musela byť zvolená veľmi jednoduchá ale nie menej účinná metóda merania.

Prvotné návrhy boli príliš nákladné a zložité. Skvelým riešením sa zdala možnosť použitia silomerov pripevnených na testovaný objekt. Teleso, ktoré by sa vplyvom pôsobenia tekutiny pohybovalo, by pomocou prevodov naťahovalo stupnicu silomera, ktorá by ukazovala momentálnu silu. Na presné odmeranie vertikálnych ale aj horizontálnych síl by však bolo za potreby troch silomerov, čo by malo za následok zložitosť a možné predimenzovanie systému. Okrem toho, v závislosti od veľkosti telesa a síl na neho pôsobiacich by sa museli pravidelne meniť silomery a ich stupnice. Veľké sily by mohli spôsobiť poškodenie systému zatiaľ čo veľmi malé by neboli relevantne odčítateľné.



Obrázok 2: Prvý návrh systému merania aerodynamických síl (zdroj: Patrik Veľký)

Problémom sa stal aj samotný pohyb telesa v testovacej sekcii. Riešením bolo využitie elektronického systému, ktorý by dokázal zaznamenať aj príliš veľké a aj príliš malé pôsobiace sily bez nutnosti výmeny častí systému. Použitím diferenciálnych snímačov sa tiež vyriešil pohyb telesa v testovacej sekcii, ktorý sa obmedzil iba na pružnosť materiálu. Výstupom takýchto snímačov je elektrický signál, vhodný na počítačové spracovanie.

S využitím softvéru Arduino sa môžu signály zo snímačov využiť na vypracovanie jednoduchých grafov a hodnôt v reálnom čase.

Jednoduchosť konštrukcie si vyžadovala vytvorenie pákového mechanizmu, cez ktorý by sa prenášali sily pôsobiace na teleso v testovacej sekcii, priamo na diferenciálne snímače. Navrhnutá konštrukcia je schopná prenášať a zaznamenávať pôsobiace sily vo vertikálnej aj horizontálnej rovine, zodpovedajúce vztlaku, prítlaku a odporu telesa.

Princíp činnosti takéhoto snímača je jednoduchý. Prechodom napätia snímačov sa vstupné hodnoty voči výstupným nelíšia. Vplyvom zaťaženia sa deformuje snímač, vzniká vnútorný odpor, ktorý mení hodnotu napätia výstupu voči vstupu. Vyhodením závislosti hodnôt zaťaženia voči hodnotám zmeny napätia sa dá dostať jednoduchá stupnica vyjadrujúca veľkosť pôsobiacej sily na snímač.

VI. STAVBA SYSTÉMU MERANIA AERODYNAMICKÝCH SÍL

Pod testovacou sekcii veterného tunela bola špeciálne pre potreby systému vytvorená plošina, ku ktorej môže byť pripevnený. Pre zaistenie pevnosti, jednoduchšej opravovateľnosti a možnosti ľahkej montáže a demontáže bol pre základnú konštrukciu použitý hliník. Hliník je svojimi vlastnosťami vhodným materiálom pre tento systém, nakoľko vytvarovanie či vyvíranie a vytvorenie závitov je veľmi jednoduché. Prevodový mechanizmus je so snímačmi prepojený skrutkovicami M4. Prenos síl je teda zabezpečený pevným materiálom, schopným prenášať malé a veľké zaťaženia.

Prepojenie pákového prevodu a samotného telesa je použitím železnej gulatiny o priemere 8 mm. Táto gulatina je vedená do testovacej sekcii, zlomená o 90°, pričom stabilitu zlomenia udržiavajú 2 skrutky, ktoré zamedzujú akémukoľvek pohybu. Pripojenie telesa ku gulatine je zabezpečené závitom M8, ktorý bol pre potreby ručne vyrobený.

Sily pôsobiace na teleso sú prenášané pákovými prevodmi na snímače, ktorých výstupy sú vedené do systému Arduino, ktorý ich spracováva a vyhodnocuje na zobrazovacej jednotke typu LCD. Výstupom systému je teda graf vztlaku, resp. prítlaku a odporu telesa. Z vypočítaných hodnôt je určený maximálny a minimálny možný odpor, ktorý sa dá vo veternom tuneli dosiahnuť. Tieto hodnoty sú pre:

- Maximálny odpor dutej polgule: 66,99 N.
- Minimálny odpor kvapky: $2,66 \cdot 10^{-3}$ N.

Kalibrácia systému sa vykonáva počítačovo po osadení telesa do testovacej sekcii, kde sa hodnota tiaže telesa rovná jeho prítlaku a resetuje sa na hodnotu 0. V opačnom prípade by sa namerané hodnoty vo vertikálnej rovine líšili od tej skutočnej o veľkosť tiaže telesa.

Do úvahy treba brať aj chyby, ktoré môžu pri takomto meraní vzniknúť. Môžu to byť chyby spôsobené experimentátorom či chybou prístroja. Chyby prístroja sa dajú odstrániť prípadným použitím kvalitnejších prístrojov, ktoré by mali väčšiu citlivosť či kratšiu dobu odozvy. Ľudské chyby, ako napríklad chyba odčítania sa musia pri každom meraní brať do úvahy.

Chyby merania

Ako pri každom systéme na svete, aj pri tomto sa vyskytujú určité chyby. Za tieto chyby sa považuje rozdiel medzi skutočnou hodnotou a hodnotou nameranou. Dôvodom tejto odchýlky je množstvo faktorov a ich obmedzením či iba minimalizáciou sa výsledky približujú k čo najpresnejšiemu údaju o skutočnej hodnote. Táto presnosť nie je daná iba chybou prístroja ale aj pozorovateľom. Zatiaľ čo chyby prístroja sa dajú odstrániť použitím kvalitnejších materiálov, chyby pozorovateľa rieši problematika ľudského faktora.

Ľudský faktor je široký pojem, ktorý skúma interakciu medzi ľuďmi, strojmi a prostredím s cieľom zlepšiť ľudskú výkonnosť a minimalizovať chyby. [5]

Celková chybovosť, resp. odchýlka systému merania aerodynamických síl dosahuje hodnôt približne 0,25%. Takáto presnosť je postačujúcou pri meraní v experimentálnom veternom tuneli a hodnoty sa môžu považovať sa presné a užitočné.



Obrázok 3: Systém merania aerodynamických síl
(zdroj: Patrik Veľký)

VII. ZÁVER

Výsledkom tejto bakalárskej práce je porozumenie základnej problematike v oblasti aerodynamických tunelov, schopnosť riešenia problémov a vyhotovenie funkčného systému na meranie aerodynamických síl vo veternom tuneli. Vytvorenie takéhoto veľkého projektu si vyžaduje prácu všetkých členov, využitie ich vedomostí a zručností. Pre stavbu tunela sa využívali peniaze z udeleného grantu vo výške 1500€ a tiež príspevkov našich sponzorov či samotných členov projektu.

PodĎakovanie

Práca v dielňach Katedry leteckej dopravy ma obohatila o množstvo skúseností a preto by som sa chcel poďakovať ľuďom, ktorí nám to umožnili. Menovite sa chcem poďakovať členom projektu, bez ktorých by nebolo možné postaviť tento tunel. Ďakujem Ing. Pavlovi Pechovi PhD. Ing. Ivete Škvarekovej, Ing. Viliamovi Ažaltovičovi, Bc. Michalovi Hruzovi a študentovi 1. stupňa leteckej dopravy Davidovi Rilkovi.

PodĎakovanie

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] Anderson J. D., J. (1991). *Fundamentals of Aerodynamics, 2nd ed.* New York.
- [2] Ažaltovič, V. (2018). Riadiace systémy a avionika pre UAV. *Diplomová práca.* Žilina.
- [3] Bugaj, M. (2012). Možnosti redukcie aerodynamického odporu lietadla. *Habilitačná práca.* Žilina.
- [4] Škvareková, I. (2016). Negatívne dopady leteckých nehôd na cestujúcich. Žilina.
- [5] Škvareková, I. (2018). Objektívne meranie pozornosti pilota pomocou technológie eye track pri IFR letoch. *Diplomová práca.* Žilina.
- [6] Bugaj, M. 2015. *Aeromechanika 1: základy aerodynamiky.* Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.
- [7] Bugaj, M. 2005. Aircraft maintenance - new trends in general aviation. *Promet - Traffic - Traffico*, 17(4), pages 231-234.

Patrik Veľký – narodený 4.3.1998 v Šali, vyštudoval Strednú odbornú školu letecko-technickú v Trenčíne ako mechanik – avionik. V roku 2017 nastúpil na Žilinskú univerzitu v Žiline v odbore letecká doprava.

VPLYV AUTOMATIZÁCIE NA LETOVÉ ZRUČNOSTI PILOTA

INFLUENCE OF AUTOMATION ON PILOT FLIGHT SKILLS

Michaela Zermeghová

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

Iveta Škvareková

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

Abstract – Air transport is the most dynamic and fastest growing transport sector. However, along with the increase in frequency, the demand for safety is also rising. The development of air transport has brought a number of automated systems that make work easier for pilots. Over time, however, in addition to the positives, negative signs of progress began to show. The bachelor thesis deals with the study of the influence of automation on the flight skills of a pilot. The author explains the basic concepts of the human factor and automation, while also dealing with the history of the development of automation and a comparison of the philosophy of the two largest aircraft manufacturers in the world. It also analyzes the contribution of human causes to air accidents. It examines the current state of the impact of automation and compares various studies with the views of pilots.

Key words – automation, skills, pilot, human factor, aviation, air accidents, pilot errors.

I. ÚVOD

Letecká doprava je najdynamickejším odvetvím dopravy a so stúpajúcou frekvenciou letov stúpa aj dopyt po bezpečnosti. Postupne sa začali zavádzať automatické systémy, ktoré pilotom uľahčujú pobyt vo vzduchu, avšak časom sa začali prejavovať okrem pozitívnych dopadov aj tie negatívne.

“Ľudský činiteľ môžeme definovať ako súčasť profesijnej vyspelosti každého pracovníka, založenej na fyzických, psychických a spoločenských faktorov, tvoriacich základ bezpečnostnej kultúry v letectve.” [3].

Človek predstavuje najflexibilnejší, najadaptívnejší, avšak i najmenej predvídateľný článok zložitého úzko prepojeného systému leteckej dopravy. A hoci dnes už má človek vďaka automatickým systémom prevažne monitorovaciu funkciu, ľudský faktor neustále figuruje na prvej priečke v štatistikách nehodovosti.

II. ANALÝZA SÚČASNÉHO STAVU

ŠTÚDIE ZAOBERAJÚCE SA AUTOMATIZÁCIOU

Problémom znižovania letových zručností pilotov sa počas rokov zaoberalo množstvo štúdií. V roku 2014 bola uverejnená štúdia Stephena Casnera a kol, ktorej cieľom bolo porozumieť tomu, ako dlhodobé používanie automatizácie v kabíne ovplyvňuje manuálne zručnosti pilota pri lietaní. Bola zistená skutočnosť, že schopnosti pilotov v oblasti manuálneho ovládania sú zväčša bezproblémové. Keď však boli piloti požiadaní, aby vykonávali kognitívne úlohy pre manuálny let, boli zistené častejšie problémy [7].

Štúdia Jamieho Browna z roku 2016 skúma vplyv modernej automatizácie na človeka vo vzťahu so strojom preštudovaním literatúry v rozsahu posledných 30 rokov, pričom automatizácia figuruje ako hlavná príčina leteckých nehôd. V závere štúdie autor konštatuje, že problematika riešená v študovanej literatúre je aktuálna dodnes a odporúča zlepšiť školenia, postupy a technológie a a znížiť zaťaženie pilotov [6].

Ďalšou zaujímavou štúdiou je štúdia Halsbecka a Hoermanna z roku 2016, kde skúmajú vplyv praxi a výcviku na letové zručnosti počas manuálneho priblíženia ILS. Výsledky ukázali, že letová posádka, ktorá bežne lieta lety na krátke vzdialenosti, t.j. lieta frekventovanejšie, má lepšie zvládnuté letové zručnosti. Z toho vyplýva odporúčanie, že posádky na lety na dlhé vzdialenosti by mali byť včas podporené primeraným školením na zvládnutie manuálnych zručností [10].

NÁZORY PILOTOV

Na základe štúdií bolo oslovených niekoľko pilotov za účelom porovnania ich názorov so zisteniami vyplývajúcimi zo štúdií. Pomocou dotazníkovej metódy a rozhovoru sme sa zameriavali na to, či podľa nich vplyva automatizácia na letové zručnosti pilota, či je vyťaženosť pilota úmerná zvyšujúcej sa automatizácii alebo či zvyšujúca sa automatizácia zároveň zvyšuje mieru chybovosti pilota. Ďalšími otázkami sme zisťovali či podľa nich automatizácia znižuje mieru zodpovednosti človeka a či sú automatické systémy dobrým krokom pre vývoj leteckej dopravy. Na záver vyjadrili svoj názor na to, či raz nahradí technika človeka v civilnej prevádzke.

III. AUTOMATICKÉ SYSTÉMY V LETECTVE

Letectvo si od svojich počiatkov prešlo mnohými zmenami. Okolo roku 1980 boli predstavené prvé lietadlá so zabudovaným systémom riadenia letu (Flight Management System) a prvými tzv. „glass-cockpit“. Informácie z viacerých prístrojov boli zhromaždené na obrazovkách EFIS (Electronic Flight Instrument System).

Hanusch uvádza, že tieto značné zmeny sa odzrkadlili aj na počte posádky v kokpíte. Množstvo úloh letového inžiniera plnili automatizované systémy lietadla a zvyšok sa rovnomerne rozdelil medzi dvoch pilotov, takže táto profesia už odrazu nebola potrebná [11].

Vývoj sa nezastavil ani potom a čoskoro sa piloti dočkali vylepšenej verzie FMS, ktorá bola obohatená o funkcie vertikálnej navigácie, ktorá umožňovala využitie optimálnych zostupných profilov. Head-up display taktiež značne uľahčil pilotom prácu tým, že zhromažďoval základné informácie o lete v ich zornom poli. Staršie CRT obrazovky boli nahrádzané LCD [11].

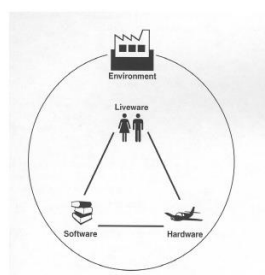
Dnešné kokpity majú pramálo spoločné s ich predchodcami z rokov minulých. Automatické systémy odbremeňujú pilotov, ktorí vďaka tomu nie sú preťažení množstvom informácií a postupov a tým napomáhajú bezpečnejšej prevádzke leteckej dopravy.

IV. SHELL MODEL

Portál skybrary.aero tvrdí že koncept bol po prvýkrát vyvinutý Edwardsom v roku 1972 a neskôr upravený do terajšej podoby Hawkinsom v roku 1984. Tento diagram využíva bloky na vizualizáciu rôznych častí znázorňujúcich ich vzájomné vzťahy. Avšak tento model nezobrazuje vzťahy mimo ľudských faktorov (softvérhardvér, hardvér-hardvér, atď.) a slúži výlučne na pochopenie ľudského faktoru.

SHELL Model

- Software
- Hardware
- Environment
- Liveware (Individual)
- Liveware (Group)



63

Obrázok 1: Schéma modelu SHELL [Zdroj: <http://crm4pilot.blogspot.com/2017/12/shell-model.html>]

Každá zo súčastí modelu sa zaoberá inou problematikou. Softvér zahŕňa pravidlá, písomné dokumenty, postupy, ktoré sú súčasťou štandardizovaných letových postupov. Hardvérom rozumieme stroj- lietadlo, riadenie, systémy,

obrazovky riadiacich letovej prevádzky. Do bloku Environment alebo životné prostredie patrí prostredie, v ktorom musí L+H+S fungovať, sociálne a ekonomické podmienky ako aj počasie. Poslednou sekciou je Liveware, čiže človek, čo zahŕňa všetky profesie v leteckej doprave ako pilot, mechanik, riadiaci letovej prevádzky, palubný personál, manažéri, technici a mnoho ďalších. Model SHELL hovorí o tom, že nesúlad medzi blokom Liveware a ostatnými blokmi napomáha k ľudskej chybe.

V. ANALÝZA LETECKÝCH NEHÔD

V histórii letectva môžeme nájsť množstvo incidentov a nehôd, ktoré boli spôsobené rôznymi činiteľmi, avšak štatistiky poukazujú na človeka ako na najväčší zdroj chýb.

LET 593, AIRBUS A310

Lietadlo operované štátnou dcérskou spoločnosťou Russian Airlines vzlietlo 23.3.1994 z moskovského letiska Šeremetjevo a mierilo do Hongkongu. Na palube sa nachádzali 63 pasažierov a 12 členov posádky. V ten večer sa v kokpíte nachádzali traja skúsení piloti. Lietadlo havarovalo 91 kilometrov od letiska Novokuznetsk za dobrého počasia.

Príčinou nehody bola neskorá a nevhodná reakcia pilotov, porušenie predpisov, neznalosť moderných systémov v lietadle Airbus A-310, prehliadnutie signalizácie deaktivovania autopilota a stresová situácia.

LET 965, BOEING 757

Let 965 z dňa 20. decembra 1995 bol pravidelnou linkou na trase z Miami do kolumbijského mesta Cali prevádzkovaný spoločnosťou American Airlines na lietadle Boeing 757-223. Asi 50 kilometrov od Cali lietadlo narazilo do 2700 metrov vysokej hory. Na palube sa nachádzalo 155 pasažierov a 8 členov posádky, pričom nehodu prežili 4 pasažieri.

Príčinou nehody bola časová tieseň, chybné zadanie traťového bodu, strata prehľadu o polohe, nedorozumenie s riadiacim letovej prevádzky, nedodržanie postupov American Airlines a roztržitosť pilotov

LET 1420, MD-82

1. júna 1999 let 1420 prevádzkovaný spoločnosťou American Airlines na lietadle Mc Donnell Douglas MD-82 odštartoval z medzinárodného letiska v Dallase do cieľového letiska Little Rock v Arkansase. Na palube bolo 6 členov posádky a 139 pasažierov.

Príčinou nehody bolo nesprávne rozhodnutie, zlá meteorologická situácia, riskovanie, stres, snaha o dodržanie letového plánu a splnenie si povinností.

LET 140, AIRBUS A300

Let spoločnosti China Airlines vzlietol 26. apríla 1994 z letiska Taiwan Taoyuan International Airport. Bol to pravidelný let smerujúci do cieľového letiska Nagoya. Na palube sa nachádzalo 271 ľudí: 256 pasažierov a 15 členov posádky. Pri nepodarenom pristáti prišlo o život 264 ľudí.

Príčinou nehody bolo neúmyselné spustenie režimu GO – AROUND, nedostatočné porozumenie automatickému letovému system, stres z mimoriadnych okolností.

VI. VÝSLEDKY PRÁCE

Zaoberali sme sa rôznymi štúdiami, ktoré skúmali vplyv automatizácie na letové zručnosti pilota. Prakticky všetky sa v závere zhodovali v tom, že je potrebné zlepšovať kvalitu výcviku a neustále pilotom „osviežovať“ ich vedomosti prostredníctvom preskúšaní a školení, aby boli schopní rozvíjať svoje letové zručnosti v prospech väčšej bezpečnosti leteckej dopravy. Snažili sme sa zistiť čo si o tejto téme myslia samotní piloti a preto sme pomocou dvoch metód, dotazníka a rozhovoru, zisťovali ich názor.

Prieskumu sa zúčastnilo 9 mužov a 4 ženy najčastejšie vo veku 26-35 rokov. V odbornej literatúre sme zistili, že automatizácia vplyva na letové zručnosti pilota a na základe uskutočneného prieskumu sa nám táto teória potvrdila. Ich názor či pozitívne alebo negatívne sa už však líši. V ďalšej otázke sme zistili, že väčšina opýtaných pilotov súhlasí s tým, že miera vyťaženia pilota je počas letu adekvátne, čo podporuje aj fakt, že jednou z úloh zvyšujúcej sa automatizácie je odbremeniť pilota od úkonov, ktoré bezproblémovo zvládnu zabezpečiť stroje. Z odbornej literatúry vieme, že zdroje chýb ľudského faktoru sú obširne a zakladajú sa na mnohých činiteľoch, pričom nedostatočné zvládanie automatizácie môže byť zásadným problémom v bezpečnosti leteckej dopravy, čo nám potvrdila aj analýza nehôd. Z názorov pilotov vyplýva, že zvyšujúca sa automatizácia nemá až taký zásadný vplyv alebo vplyva iba čiastočne na chybovosť ľudského faktoru. Táto chybovosť závisí na pilotovom výcviku, skúsenostiach, návykoch a aktuálnej situácii. V závislosti na miere chybovosti sme zisťovali či sa zmenila aj miera zodpovednosti človeka popri zvyšujúcej sa automatizácii. Vzhľadom na odpovede sa piloti zhodujú, že zodpovednosť človeka sa nijako nezmenšila. Z histórie vývoja automatizácie vieme, že automatické systémy sa neustále zdokonaľujú. Leteckí konštruktéri sa snažia pokryť vzrastajúci dopyt trhu a udržiavať sa konkurencieschopným. Respondenti v dotazníku sa jednohlasne zhodli na tom, že zvyšujúca sa automatizácia je dobrým krokom k ďalšiemu vývoju leteckej dopravy. Vyšetrovatelia leteckých nehôd poukazujú na fakt, že vo väčšine prípadov je za nehody zodpovedný ľudský faktor. Keďže automatizácia a jej systémy ponechávajú pilotovi počas letu prevažne monitorovaciu funkciu, pýtali sme sa pilotov, či si myslia, že by ich raz mohla zastúpiť umelá inteligencia a človeka by v letových úkonoch úplne nahradili stroje. Hoci sa našlo zopár pilotov, ktorí by si to predstaviť vedeli, väčšina sa zhodla v tom, že niečo také nie je možné z pohľadu civilnej prevádzky. Oslovená pilotka v rozhovore dodáva, že dôležitú rolu v tejto téme zohráva aj psychológia cestujúcich, ktorí by sa nemuseli cítiť bezpečne v plne automatizovanom lietadle bez zásahu človeka do jeho riadenia.

VII. ZÁVER

Cieľom tejto práce bolo potvrdiť vplyv automatizácie na letové zručnosti pilota. Teóriou sme vysvetlili pojmy potrebné na pochopenie tejto rozsiahlej témy a skúmali pravdivosť štúdií uvedených v druhej kapitole tejto práce. Pomocou názorov

pilotov sa nám podarilo podporiť teóriu hovoriacu o tom, že automatizácia vplyva na letové zručnosti pilota a potvrdiť záverečné stanoviská jednotlivých štúdií.

REFERENCIE

- [1] Beňo, L. – Dzvonič, O. 2004. *Ľudské faktory v letectve*. Žilina: EDIS, 2004. 165 s. ISBN 80-8070-276-4
- [2] Dzvonič, O. – Kříž, J. – Blaško, P. 2001. *Ľudský faktor v letectve*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2001. 148 s. ISBN 80-7100-811-7
- [3] Nejezchleb, M. a kol. 2016. *Učebnice pilota 2016*. Chleb: Svět křídél, 2016. 405 s. ISBN 978-80-87567-89-0
- [4] Šulc, J. 2004. *Ľudský činiteľ: študijní modul 9*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 112 s. ISBN 80-7204-364-1
- [5] Topolčány, R. – Kandra, B. 2005. *Letecké právne normy: Definície a skratky*. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2005. 150 s. ISBN 80-8070-474-0
- [6] Brown, J. *The Effect of Automation on Human Factors in Aviation* [online]. 2016 [cit. 25.3.2020]. Dostupné na internete: https://www.researchgate.net/profile/Jamie_Brown25/publication/318966440_The_Effect_of_Automation_on_Human_Factors_in_Aviation/links/5cb43cc74585156cd7993121/The-Effect-of-Automation-on-Human-Factors-in-Aviation.pdf
- [7] Casner, S. a kol. *The Retention of Manual Flying Skills in the Automated Cockpit* [online]. 2014 [cit. 25.3.2020]. Dostupné na internete: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0018720814535628>
- [8] Civil Aviation Authority. *Flight-crew human factors handbook* [online]. 2016 [cit. 19.3.2020]. Dostupné na internete: <https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP%20737%20DEC16.pdf>
- [9] Federal Aviation Authority. *American Airlines MD-82 Flight 1420 at Little Rock, AR: Accident Overview* [online]. [cit. 20.3.2020]. Dostupné na internete: https://lessonslearned.faa.gov/ll_main.cfm?TabID=2&LLID=61&LLTypeID=2#null
- [10] Halsbeck, A. – Hoermann, H. *Flying the Needles: Flight Deck Automation Erodes Fine-Motor Flying Skills Among Airline Pilots* [online]. 2016 [cit. 25.3.2020]. Dostupné na internete: https://www.researchgate.net/publication/301290010_Flying_the_Needles_Flight_Deck_Automation_Erodes_Fine-Motor_Flying_Skills_Among_Airline_Pilots
- [11] Hanush, M. *Manual Flying Skills - Airline Procedures and their Effect on Pilot Proficiency* [online]. 2017 [cit. 13.2.2020]. Dostupné na internete: https://www.researchgate.net/publication/316734587_Manual_Flying_Skills_-_Airline_Procedures_and_their_Effect_on_Pilot_Proficiency
- [12] Ladkin, P. AA965 *Cali Accident Report* [online]. 1996 [cit. 20.3.2020]. Dostupné na internete: <https://skybrary.aero/bookshelf/books/1056.pdf>
- [13] Mashkivsky, I. *REPORT on the investigation into the crash of A310-308, registration F-OGQS, on 22 March 1994 near the city of Mezhdurechensk* [online]. 1994 [cit. 18.3.2020].

- Dostupné na internete: https://reports.aviation-safety.net/1994/19940323-0_A310_F-OGQS.pdf
- [14] Planecrashinfo.com. STATISTICS: Causes od Fatal Accidents by Decade [online]. 2019 [cit. 22.3.2020]. Dostupné na internete: <http://www.planecrashinfo.com/cause.htm>
- [15] Profipilot.sk. *Vybrané faktory majúce vplyv na bezpečnosť leteckej prevádzky* [online]. 2013 [cit. 23.3.2020]. Dostupné na internete: <http://www.profipilot.sk/magazin/nehody/vybrane-faktory-majuce-vplyv-na-bezpecnost-leteckej-prevadzky>
- [16] Skybrary.aero. *ICAO SHELL Model* [online]. 2019 [cit. 10.3.2020]. Dostupné na internete: https://www.skybrary.aero/index.php/ICAO_SHELL_Model
- [17] Takeuchi, T. *Aircraft accident investigation report* [online]. 1996 [cit. 20.3.2020]. Dostupné na internete: https://www.mlit.go.jp/jtsb/eng-air_report/B1816.pdf
- [18] Young, M. – Stanton, N. – Harris D. *Driving automation: Learning from aviation about design philosophies* [online]. 2007 [cit. 18.2.2020]. Dostupné na internete: https://www.researchgate.net/publication/49400369_Driving_automation_Learning_from_aviation_about_design_philosophies
- [19] NOVÁK, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [20] 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.
- [21] BUGAJ, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [22] ROSTÁŠ, J. & ŠKULTÉTY, F. 2017. Are today's pilots ready for full use of GNSS technologies? *Transportation Research Procedia* 28, pages 217-225.
- [23] 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.

Michaela Zermeghová – narodená v Ilave absolvovala v roku 2017 Piaristické gymnázium Jozefa Braneckého v Trenčíne, následne od roku 2017 študovala na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.

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.2020.1

Vydané z dodaných predlôh