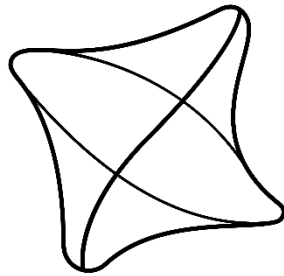


PRÁCE A ŠTÚDIE
STUDIES

KATEDRA LETECKEJ DOPRAVY
AIR TRANSPORT DEPARTMENT

FAKULTA PREVÁDZKY A EKONOMIKY DOPRAVY A SPOJOV
FACULTY OF OPERATION AND ECONOMICS OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS



ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE
UNIVERSITY OF ŽILINA

VYDANIE 16
VOLUME 16

Žilina, 2024

REDAKČNÁ RADA

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

TECHNICKÝ REDAKTOR / TEXT DESIGNER

Ing. Matúš Materna, PhD.

KONTAKT / CONTACT

Žilinská univerzita v Žiline / University of Žilina

Univerzitná 8215, 010 26 Žilina, Slovensko / Univerzitna 8215, 010 26 Žilina, Slovakia

kld@fpedas.uniza.sk

www.kld.uniza.sk

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, 2024

COPYRIGHT © University of Žilina, Slovak Republic, 2024

Rozširované elektronicky / Published electronically

ISBN 978-80-554-2158-2

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.

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

SÚČASNÝ STAV A ROZVOJ SYSTÉMU POHYBOVÝCH PLÔCH NA LETISKU M. R. ŠTEFÁNKA	5
VÝPOČET A OPTIMALIZÁCIA VENCA LOPATIEK PLYNOVEJ TURBÍNY EXPERIMENTÁLNEHO MOTORA	11
TRHOVÉ STRATÉGIE V BA SO ZAMERANÍM NA SPOJENÉ ŠTÁTY AMERICKÉ	16
PODNIKANIE V CIVILNOM LETECTVE V SR A JEHO ŠPECIFIKÁ.....	24
SYSTÉM RIADENIA INFORMAČNEJ BEZPEČNOSTI (ISMS) A NÁVRH JEHO IMPLEMENTÁCIE U PREVÁDZKOVATEĽA LETISKA	31
NÁVRH RIŠENIA RIADENIA SKUPINY UAV	38
ANALÝZA RIZÍK PREVÁDZKY UAS V OSOBITEJ KATEGÓRII	41
POLITIKA OBSTARANIA LIETADIEL LEASINGOM PODĽA MODELU PODNIKANIA LETECKÝCH DOPRAVCOV	49
AUTOMATICKÝ BEZPILOTNÝ KLZÁK AKO NOSIČ AEROLOGICKÝCH SOND	58
ZMENY A DOPLNENIA EASA ČASŤ 145 A ICH VPLYV NA CAMO	62
NÁVRH A VYBUDOVANIE SIMULÁTORA PRACOVISKA RIADIACEHO LETOVEJ PREVÁDZKY PRE POTREBY KATEDRY LETECKEJ DOPRAVY	69
NÁVRH A REALIZÁCIA TROJVALCOVÉHO SPAĽOVACIEHO MOTORA V USPORIADANÍ DO HVIEZDY.....	71
VYUŽITÍ METOD VIBRAČNÍ ANALÝZY PRO KONTINUÁLNI SLEDOVÁNÍ TECHNICKÉHO STAVU KRITICKÝCH PRVKŮ LETECKÉHO TURBÍNOVÉHO MOTORA.....	77
KOMPARÁCIA KONKURENCIESCHOPNOSTI LETECKÝCH DOPRAVCOV EÚ A ASEAN V KONKTEXTE NOVEJ BILATERÁLNEJ DOHODY O SLUŽBÁCH LETECKEJDOPRAVY	84
ORGANIZÁCIE POSKYTUJÚCE SLUŽBY POZEMNÉHO ODBAVENIA LIETADIEL, CESTUJÚCICH, BATOŽINY A NÁKLADU (GND HDL) A ICH CERTIFIKÁCIA V SR	86
OPTIMISATION OF AIRPORT AIRSIDE OPERATIONS AND REDUCTION OF AIRCRAFT DELAYS	93
PROPOSAL OF THE TRAINING PLAN FOR SIMULATOR PILOTS IN THE ENVIRONMENT OF LPS SR, Š.P.....	100
COMPENSATION SCHEMES FOR PASSENGERS IN THE CONTEXT OF OVERBOOKING IN SELECTED COUNTRIES (REGIONS) OF THE WORLD	106
NÁVRH A REALIZÁCIA SOFTVÉROVÉHO A HADRVÉROVEHO VYBAVENIA SIMULÁTORA PRACOVISKA LETOVEJ PREVÁDZKY PRE POTREBY KATEDRY LETECKEJ DOPRAVY.....	113
LETISKOVÉ SLOTS A TRHOVÝ MECHANIZMUS	119
INOVATÍVNE TECHNOLOGIE A NÁSTROJE V PROCESSE ÚDRŽBY LIETADIEL.....	128
INTEGRATION OF VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY ELEMENTS INTO THE TRAINING OF FUTURE PILOTS	132
VYUŽITIE PALÍV VYROBENÝCH Z ODPADOVÝCH ZDROJOV UHĽOVODÍKOV V LETECTVE.....	138
ANALÝZA EFEKTÍVNOSTI VYUŽITIA IOT NA LETISKÁCH.....	143



SÚČASNÝ STAV A ROZVOJ SYSTÉMU POHYBOVÝCH PLÔCH NA LETISKU M. R. ŠTEFÁNKA

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

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

Abstract

In view of the dynamic development of air transport, it is essential that airport infrastructure is adapted to the requirements of modern aircraft. The thesis analyses the historical development of the infrastructure of M. R. Štefánik Airport (BTS). This research involves guided interviews and questionnaires with seven experts of practice who provided insight into the current state of the BTS airport. These experts were selected from five different areas, including BTS Airport, Air Navigation Service Provider (LPS), noise and vibration assessment (Euroakustik company), runway systems capacity, and the perspective of the Bratislava Metropolitan institute. The aim of the thesis is to propose appropriate recommendations for BTS Airport, the main proposal being the use of one runway (RWY) in 'mix mode' instead of using both RWYs at the same time. This proposal is supported by the cost of the RWY reconstruction, which has been compared with other airports in Europe and North America. To validate the capacity of a single RWY, the Airfield Capacity Spreadsheet Prototype Model (ACRP 79) will be used, in which several inputs have been adjusted according to BTS airport operations such as: aircraft operating from BTS airport, aircraft separations, aircraft approach speeds, and RWY occupancy time. The model simulates operations in August and December 2023 and projected operations in 2028. Other recommendations include modification of some taxiways (TWY), apron modifications, and analysis of the use of jetways on the apron stands. Finally, the impacts of a possible restriction of airport Curfew at BTS are also being examined.

Keywords

Airport, Aircraft, Runway, Simulation model, Infrastructure, Recommendations

1. Úvod

Od samotného počiatku leteckej dopravy na Slovensku bolo zrejme, že najrušnejšie letisko bude v blízkosti hlavného mesta Bratislavy. Vývoj letísk v tejto oblasti bol poznačený mnohými zmenami od roku 1923, kedy bolo zahájené prvé letecké spojenie, až po súčasnosť. Pôvodné letisko bolo v roku 1947 nahradené dnešným letiskom M. R. Štefánika.

V súčasnosti sa letisko M. R. Štefánika (BTS) stretáva s výzvou rastúcej konkurencie viacerých okolitých letísk. S cieľom prilákať nové letecké spoločnosti je nevyhnutné zhodnotiť, či infraštruktúra letiska BTS vyhovuje požiadavkám súčasných lietadiel. Analyzovaná je aj história letiska BTS a prevádzka leteckých spoločností a ich lietadiel z tohto letiska.

Na získanie aktuálneho obrazu situácie na letisku boli uskutočnené riadené rozhovory a zber informácií pomocou dotazníkov prostredníctvom siedmich odborníkov z praxe. Tieto rozhovory boli zamerané na viaceré aspekty, ktoré ovplyvňujú prevádzku letiska BTS. V každej oblasti boli prezentované podrobné názory, myšlienky a odporúčania uvedených odborníkov v súvislosti s jednotlivými otázkami.

Cieľom tejto práce je preskúmať súčasný stav letiska a navrhnúť vhodné odporúčania pre jeho budúcnosť, ktoré by mohlo letisko BTS zväziť. Analyzované je používanie iba jednej vzletovo pristávacej dráhy (RWY) namiesto súčasného využitia dvoch RWY. Popísaný je harmonogram prác spojených s rekonštrukciou RWY. Okrem toho sú porovnávané náklady spojené s rekonštrukciou RWY na rôznych letiskách. Na overenie tohto predpokladu je použitý kapacitný model s názvom

Prototype Airfield Capacity Spreadsheet Model (ACRP 79), ktorý bol upravený tak, aby zodpovedal aktuálnej a predpokladanej prevádzke na letisku BTS.

Odporúčania sa týkajú aj ďalších oblastí letiska BTS, akými sú odbavovacia plocha (APN), rolovacie dráhy (TWY) a ďalšie. Okrem toho je skúmaný aj vplyv obmedzenia nočných prevádzkových hodín na letisku BTS.

2. Metodika a metódy skúmania

Pri vypracovaní diplomovej práce boli posudzované viaceré výskumné metódy. Optimálnymi metódami pre túto tému boli dotazníky a rozhovory (interview).

Výhodou dotazníka je možnosť poslať ho viacerým respondentom, nie je primárne určený iba pre určitú skupinu ľudí. V porovnaní s rozhovorom má daný respondent čas na premyslenie si odpovedí. Nevýhodou dotazníka je to, že daný expert z praxe nemusí pochopiť danú otázku a nebude schopný na ňu odpovedať [1].

V diplomovej práci ide o „riadený rozhovor“, pri ktorom je vopred vymedzený okruh otázok a tém podobne ako v dotazníku. Výhodou je, že „anketár“ (interviewer) môže reagovať na odpovede respondenta [1].

V diplomovej práci bol zvolený hybridný spôsob výskumných metód. Dotazník slúžil ako osnova otázok, ktorý bol posielaný daným respondentom pred rozhovorom. Tým sa zabezpečila možnosť prípravy respondenta na otázky, prípadne si respondent pripravil doplňujúce materiály k zodpovedaniu danej otázky. Po dohodnutí termínu stretnutia nasledoval

samotný rozhovor. Posledný bod výskumnej metódy bola samotná analýza rozhovorov.

Oslovení boli experti z piatich oblastí. Prvá oblasť sa týka rozvoja a prevádzky samotného medzinárodného letiska BTS. Druhou oblasťou je poskytovateľ letových navigačných služieb na Slovensku (LPS). Tretia oblasť je zameraná na znižovanie a hodnotenie hluku a vibrácií, štvrtá sa týka kapacity dráhového systému a piata pohľadov Metropolitného inštitútu Bratislavy na rozvoj letiska BTS.

3. História letiskovej infraštruktúry na letisku M. R. Štefánika

3.1. Letisko Vajnory

Prvé bratislavské letisko vzniklo v roku 1919. Slúžilo pre potreby Prvej Česko – slovenskej armády (ČSA). Zo začiatku sa na letisku nachádzali bombardovacie a stíhacie lietadlá francúzskeho letectva. Dôvodom ich umiestnenia na území Česko – Slovenska (ČSR) bol vpád Maďarskej republiky rád na Slovensko [2] [3].

3.2. Výstavba nového letiska

Prípravné práce na výstavbu nového bratislavského letiska začali v roku 1947. Prvá fáza výstavby sa rozbehla v roku 1948 vybudovaním RWY 04/22 s počiatočnou dĺžkou 1 900 m a RWY 13/31 s dĺžkou 1 500 m. V priebehu nasledujúcich 20 rokov sa rozbehla druhá fáza výstavby letiska. Vybudoval sa nový terminál s vylepšenou cestnou infraštruktúrou, pomocné energetické zariadenia a hlavná trafostanica [4].

V 80. rokoch dvadsiateho storočia bola vykonaná rekonštrukcia dráhového systému letiska. V rámci rekonštrukcie sa predĺžila RWY 04/22 na dĺžku 2 900 m a RWY 13/31 na dĺžku 3 190 m. Počas týchto rokov začal na letisku pôsobiť štátny podnik Slov Air. Ten vybudoval aj nový veľký opravárenský hangár C. Slov Air zabezpečoval leteckú, chemickú a poľnohospodársku činnosť [4].

4. Súčasný stav pohybových plôch na letisku M. R. Štefánika

4.1. Dotazník verzia 1

Na účel tejto práce boli vyhotovené tri dotazníky s otázkami pre expertov z praxe, ktorí odpovedali na jednotlivé otázky na základe vlastných skúseností. Prvá verzia dotazníka je primárne určená pre expertov z medzinárodného letiska BTS, LPS a experta z firmy Euroakustik. Druhá verzia dotazníka sa zameriava na kapacitu dráhových systémov. Tretia verzia je určená pre stanoviská z oblasti rozvoja letiska BTS a pohľadu Metropolitného inštitútu Bratislava. Všetky dotazníky sú uvedené v časti prílohy.

V nasledujúcej podkapitole sú prezentované jednotlivé názory expertov z praxe na vybranú otázku.

4.1.1. Aké existujú významné obmedzenia prevádzky, ktoré vyplývajú z konfigurácie RWY?

Najvýznamnejšie obmedzenie systému pohybových plôch podľa názoru pána Feketa je kapacitné, ktorého hranicu ešte letisko

BTS nedosiahlo. Ďalšie obmedzenie vzniká pri rekonštrukcii určitých častí RWY a to najmä „križovatiek“ RWY, kedy je nutné zatvoriť celé letisko. Z tohto dôvodu bolo v minulosti letisko uzavreté počas šiestich týždňov, kedy sa rekonštruovala križovatka dráh [5].

Podľa názoru pána Primusa konfigurácia RWY v súčasnej dobe nepredstavuje výrazné obmedzenia s výnimkou núdzových situácií. Dôvodom obmedzení je križovanie sa RWY (konkrétne ich stredné časti). Počas núdzových situácií musia byť pozastavené všetky ostatné prílety, resp. odlety až do pristátia lietadla v tiesni [6].

4.2. Dotazník verzia 2

Pri dotazníku verzii 2 sú vysvetlené jednotlivé názory experta z praxe, pána Straku, na dotazník druhej verzii z oblasti kapacity dráhového systému. Daný expert z praxe riešil projekty na väčších letiskách (Dublin, Londýn Gatwick).

4.2.1. Aké modely sa v súčasnosti používajú?

K vyšisleniu reálnej kapacity RWY existujú rôzne dokumenty, napríklad Federal Aviation Administration (FAA) AC 150/5060-5 Airport Capacity and Delay, tento dokument je staršieho vydania [7] [8]. Viacero vecí, obsiahnutých v danom dokumente, sa už zmenilo, prípadne sa už nepoužívajú. V súčasnosti existuje viac aktuálnych dokumentov, jedným zo zásadných je IATA Airport Development Reference Manual [7].

Tento manuál sa používa na plánovanie letísk a nachádza sa v ňom všetko od veľkosti parkoviska až po veľkosť odletovej haly. Tak isto sa v ňom nachádzajú odporúčania, ako postupovať pri hodnotení existujúcej infraštruktúry a pri plánovaní tej budúcej. Uvádza, na čo je potrebné sa zamerať, ako tieto veci na seba vplyvujú, čo je odporúčané a akým veciam sa treba vyhnúť. Pri niektorých letiskách sú uvádzané aj implementácie nových vecí, spojené s ich výsledkami z praxe [7].

4.3. Dotazník verzia 3

V nasledujúcej podkapitole je vysvetlený názor pána Berežného na dotazník tretej verzii z oblasti rozvoja letiska BTS a pohľadu Metropolitného inštitútu Bratislava.

4.3.1. Ako vnímate budúcnosť letiska BTS z pohľadu koexistencie mesta a jednotlivých mestských častí?

Medzinárodné letisko na území mesta je hospodárskym a ekonomickým prínosom pre mesto a predstavuje medzinárodnú vstupnú bránu do mesta, čo je pre mesto prínosné a predstavuje zatiaľ veľký ekonomický potenciál. Kapacita letiska nie je v súčasnosti naplnená, ani plánovaný územný rozvoj letiska o tretiu pristávaciu dráhu nie je realizovaný. Pre lepšie zapojenie letiska do organizmu mesta je potrebné realizovať dopravné napojenie letiska na ostatné časti mesta a najmä na centrum mesta. Možnosťami by boli či už električková trasa v smere na letisko alebo zapojenie železničnej dopravy [9].

5. Odporúčania

Zber informácií a analýza odpovedí respondentov poslúžili ako základ pre rozbor a vysvetlenie konkrétnych odporúčaní pre letisko BTS.

Pri analýze súčasného stavu konfigurácie RWY, viacerí odborníkov z praxe sa vyjadrilo, že súčasná konfigurácia je vyhovujúca a nepredpokladá sa, že by sa zmenila. S trvalým uzavretím jednej zo súčasných RWY sa tiež nepočíta, s výnimkou obdobia zimnej prevádzky, kedy je používaná iba jedna RWY z dôvodu šetrenia finančných prostriedkov.

Jednou z možných alternatív v snahe optimalizovať pohybové plochy je použitie konfigurácie RWY v takzvanom "mix móde". Tento prístup zahŕňa využitie iba jednej RWY namiesto dvoch RWY súčasne. V praxi to znamená, že sa používa len jedna RWY. V prípade zmeny smeru vetra sa používaná RWY uzavrie a aktivuje sa druhá RWY. Implementáciou "mix módu" je možné znižovať náklady spojené s prevádzkou a údržbou RWY a predĺžiť súčasnú únosnosť a životnosť RWY, čím sa minimalizuje degradácia oboch RWY.

5.1. ACRP 79 - Prototype Airfield Capacity Spreadsheet Model

Pre porovnanie kapacít – súčasných dvoch RWY a jednej RWY bol vybraný prototyp Airfield Capacity Spreadsheet Model. Analyzovaná je prevádzka za mesiace august a december roku 2023 a predpokladaná prevádzka v roku 2028. Výsledky kapacity jednej RWY sú porovnané aj s údajmi, ktoré sa nachádzajú na stránke letiska BTS.

Model bol vytvorený v rámci projektu ACRP 03 – 17 (Hodnotenie kapacity letísk) a funguje ako prototyp modelového nástroja. Jeho účelom je slúžiť ako podpora pri plánovaní letísk a odhadovaní ich kapacity. Kapacita je definovaná ako celkový počet pohybov lietadiel za určitý čas a za určitých meteorologických podmienok [10].

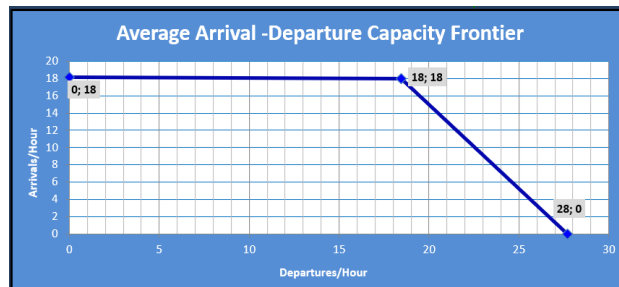
Faktory ovplyvňujúce tento model zahŕňajú predpokladané kategórie a typy lietadiel, minimálne rozostupy medzi lietadlami, meteorologické podmienky a technické vybavenie jednotlivých, letísk prípadne konfiguráciu pohybových plôch na letisku [10].

5.1.1. Simulácia pre august 2023

Tento mesiac bol vybraný z dôvodu najvyššej zaznamenatej prevádzky počas celého roku 2023. Letné prázdniny sú typické veľkým počtom charterových a výcvikových letov.

Tabuľka 1: Simulovaná kapacita jednej RWY na BTS august 2023. Zdroj: [Autor]

Simulovaná kapacita jednej RWY na BTS august 2023			
Počet pohybov za 60 min:	Prílety:	Odlety:	Celkom:
RWY 13/31	18	18	36
RWY 04/22	14	18	32



Graf 1: Pareto Frontier graf pre august 2023. Zdroj: [Autor]

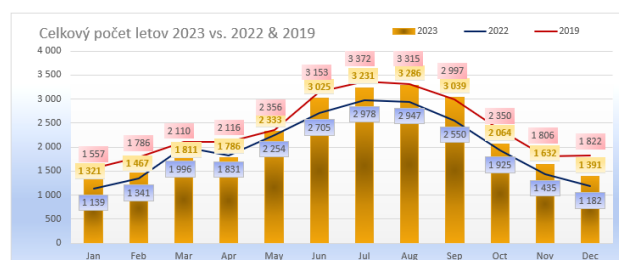
Výsledky zo simulácii sú zobrazené v tabuľke 1 a sú doplnené Pareto Frontier grafom pre RWY 13/31 (graf 1). Podľa simulácií je celková kapacita jednej RWY vyššia ako súčasná kapacita dráhového systému. Výnimku predstavujú prílety, ktoré sú na nižších hodnotách.

5.2. Simulácia pre rok 2028

Na určenie očakávanej prevádzky na letisku vplýva viacerých faktorov vrátane leteckých spoločností a ich flotily lietadiel, výcvikových letov leteckých škôl, dopytu biznis cestujúcich na letisko (BTS), zavedenia nových leteckých spojení (obnovenia), vývoja nových lietadiel a samotnej letiskovej infraštruktúry.

Pokiaľ ide o letiskovú infraštruktúru predpokladá sa, že nedôjde k jej úprave, keďže viacerí experti z praxe naznačili, že aktuálna konfigurácia vyhovuje lietadlám prevádzkovaným z BTS. Z tohto dôvodu sa neplánuje vybudovanie druhej paralelnej RWY k RWY 13/31.

Po zvážení všetkých faktorov a analýze vývoja prevádzky na letisku BTS som si určil očakávanú prevádzku. Celkový počet letov sa navýšil na 3 786 letov. Pre porovnanie v auguste 2023 bol celkový počet letov 3 286.



Graf 2: Celkový počet letov 2023 vs. 2022 a 2019. Zdroj: [Autor]

Pri určovaní celkového počtu letov za mesiac som vychádzal z grafu 2, ktorý porovnáva roky 2023 s 2022 a 2019. Číselné hodnoty na osiach predstavujú počet letov za daný mesiac pre konkrétny rok. Z grafu 2 je možné určiť, že celkový rozdiel v počte letov za rok 2023 a 2019 je v niektorých mesiacoch minimálny, pohybuje sa v rozmedzí +/- 50 letov.

Tabuľka 2: Rozloženie prevádzky pre rok 2028 .Zdroj: [Autor]

Druh prevádzky	Kategória FAA	Typ lietadla	Zastúpenie jednotlivých FAA kategórií (%)	Počet letov 2028	Percentuálne zastúpenie 2028 (%)
Výšobecár-Interviu	Small - S	Diamond DA20 KATANA	30%	1429	38%
		Cessna 441 Skyhawk			
		Uper SR - 4			
	Arcepsud Dyanall WT - 9				
	Phenom 100				
Small - T	Piper PA - 34 Seneca	8%			
Neprevádzka	Small +	Diamond DA20 KATANA	23%		
		BE ECH 300 Super King Air			
		Tecnam P2006T			
	BE E CHAVY TRIGAN 400 Beechdel				
	Bombardier Learjet 55				
Large - TP	Cessna Citation X	7%			
Prevádzka	Large - Jet	Boeing 737	24%	1211	32%
		Airbus A320			
		Airbus A320neo			
	Large - 757	Airbus A320neo	3%		
		Airbus A320neo			
		Airbus A320neo			
	Heavy	Airbus A350-900	5%		
		Airbus A330-300			
		Airbus A350-900			
		Airbus A330-300			

Zastúpenie jednotlivých kategórií FAA bolo určené na základe analýzy spomenutých faktorov. Pre porovnanie s rokom 2023 došlo k percentuálnemu navýšeniu zastúpenia v kategórii „Small – S“, predpokladá sa navýšenie výcvikových letov.

Došlo k zníženiu kategórie „Small – T“, predpokladá sa, že prevádzkovatelia lietadiel typu Piper Seneca sa z ekonomického hľadiska rozhodnú pre prevádzku úspornejších jednomotorových lietadiel ako PC-12NG alebo Diamond DA50 [11]. Výnimku predstavujú lietadlá Diamond DA42 a Tecnam P2006T, ktoré sú používané na výcvik.

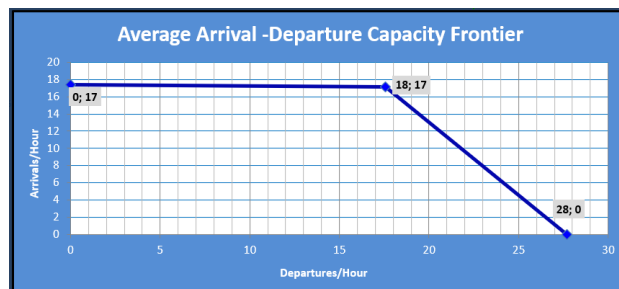
Pri kategórii „Small +“ sa percentuálne zastúpenie zvýšilo, keďže sa očakáva mierny nárast biznis letov. Predpokladané zastavenie nárastu po dopyte biznis letov sa očakáva v roku 2030 [12]. Z dôvodu menšieho využívania lietadiel kategórie „Large – TP“ na letisku BTS sa znížilo percentuálne zastúpenie ich kategórie. Primárne sa táto kategória používa na nepravidelné nákladné lety, prípadne počas letnej sezóny na charterové lety.

Pre posledné kategórie sa očakáva nárast letov s kódovým písmenom C, s výnimkou kategórie „Large - 757“. V tejto kategórii došlo k zníženiu percentuálneho zastúpenia, pretože lietadlá tohto typu už lietajú do BTS len ako nákladné lietadlá. V posledných rokoch viaceré letecké spoločnosti v Európe oznámili vyradenie lietadiel tohto typu. Napríklad letecká spoločnosť Condor oznámila v marci 2024 plánované vyradenie Boeingu 757 do roku 2025 [13].

Menší nárast sa očakáva aj v kategórii „Heavy“, pričom tento nárast bude závisieť od rozhodnutí leteckých spoločností a cestovných kancelárií. Dôležitým parametrom bude vyhodnotenie ukončenia pravidelnej dopravy World2Fly s lietadlom Airbus A350 – 900 z BTS do exotických destinácií a nasadenie Boeingu 787 – 9 Dreamliner na linku spájajúcu BTS s Mauríciom [14].

Tabuľka 3: Simulovaná kapacita jednej RWY na BTS pre rok 2028. Zdroj: [Autor]

Simulovaná kapacita jednej RWY na BTS pre rok 2028			
Počet pohybov za 60 min:	Prílety:	Odlety:	Celkom:
RWY 13/31	17	18	35
RWY 04/22	14	17	31



Graf 3: Pareto Frontier graf pre rok 2028. Zdroj: [Autor]

Ako ilustruje tabuľka 3, pri výbere ľubovoľnej RWY sa nedostaneme pod hodnotu využívania dvoch RWY súčasne. Tieto hodnoty závisia od viacerých parametrov, ako sú meteorologické podmienky, obmedzenia na RWY v podobe údržby, poruchy niektorého zo systému priblíženia, atď. Pre detailnejšie výsledky by bolo vhodné urobiť analýzu využívania jednej RWY pomocou sofistikovanejších softvérových nástrojov.

Graf 3 znovu ilustruje pomer príletov/odletov za jednu hodinu pre RWY 13/31.

6. Záver

Hlavným cieľom práce je navrhnúť odporúčania pre samotné letisko BTS z hľadiska letiskovej infraštruktúry a prevádzky.

Na dosiahnutie čo najpresnejšieho aktuálneho obrazu a podrobnejšieho pochopenia problémov na letisku BTS som sa rozhodol využiť výskumnú metódu formou dotazníkov a riadených rozhovorov. Pre tento účel bolo oslovených celkovo sedem expertov z praxe, ktorí ochotne zdieľali svoje názory a myšlienky, týkajúce sa súčasného stavu a budúceho rozvoja systému pohybových plôch na letisku BTS.

Skúmaná bola aj história letiska BTS a jeho predchodcu, letiska Vajnory. Obe letiská boli analyzované z viacerých zdrojov, akými sú archívne články na internete, historické fotografie a videá. Rovnako bol analyzovaný aj dopad určitých lietadiel na infraštruktúru letiska. Pri vyhodnocovaní sa zistilo, že pôvodná plánovaná konfigurácia letiska z roku 1947 stále umožňuje prevádzku súčasných lietadiel s kódovým písmenom C, ktoré sú bežne využívané vo väčšine európskych leteckých flotíl.

Pre odborníkov z praxe boli vytvorené tri verzie dotazníkov, zamerané na ich špecializované oblasti. Prvá verzia dotazníka bola určená pre expertov z medzinárodného letiska BTS, LPS a zástupcu firmy Euroakustik. Tento dotazník sa zamerával na hodnotenie súčasnej konfigurácie RWY, pričom experti v ňom diskutovali o jej optimálnosti z hľadiska súčasnej prevádzky a budúcich potrieb obdobia nasledujúcich desiatich rokov. Jedným z najväčších obmedzení RWY bolo ich vzájomné križenie, najmä počas rekonštrukcie križiacej sa časti, ktorá vyžaduje uzatvorenie celého letiska. Z meteorologického hľadiska sa súčasná konfigurácia RWY ukázala ako vhodná. Pri prevádzke perspektívnych typov lietadiel predstavovali obmedzenia lietadiel s kódovým označením E (napríklad Airbus A350-900), pri ktorých bolo potrebné obmedziť ich MTOM a MLM. Pri prevádzke súčasných typov lietadiel sa spomenul nedostatok rýchloodbočiek (RTWY) na letisku BTS, čo má za následok zväčšené rozstupy medzi lietadlami pri pristávaní. Letisko BTS sa aktívne snaží riešiť problém s voľne žijúcim živočíchom,

predovšetkým s vtáctvom. Zníženie rýchlosti približovania sa lietadiel pomohlo znížiť riziko stretov medzi lietadlami a vtákmi. Takisto sa rieši problematika súvisiaca s LVP, v ktorej sú bližšie popísané podmienky vyhlásenia LVP a vyhodnotené sezóny od roku 2021 do roku 2023. Diskutuje sa aj o úpravách pohybových plôch, akými sú certifikácia svetelných návěstidiel na TWY F pre LVP, inštalácia SMR, presun RTWY G do väčšej vzdialenosti, aby ju mohli využívať lietadlá s kódovým písmenom C a zvýšenie únosnosti niektorých TWY. Dotazník zahŕňa aj dodatočné otázky, ktoré riešia rolovanie lietadla Airbus A350-900 s grafickým zobrazením niektorých častí rolovania v softvérovom riešení AviPLAN. Jednou z týchto otázok je aj problematika, týkajúca sa tréningových letov a časových referenčných období pre aktuálnu nočnú prevádzku.

Druhá verzia dotazníka sa zaoberá kapacitou dráhových systémov. Konkrétny expert vyjadril názor, že nepovažuje za nevyhnutné prevádzkovať obidve RWY súčasne. Tento dotazník sa podrobnejšie zameriava na kapacitu RWY a faktory, ktoré ju ovplyvňujú. V práci sú tiež uvedené modely a typy simulácií, ktoré sa v súčasnosti používajú. Ďalej sa rieši oblasť slotovej koordinácie, pričom letisko BTS sa momentálne nachádza na úrovni Level 2. V prípade zvýšenia kapacity bude nutné zvážiť prechod na Level 3, aby bolo možné uspokojiť dopyt po leteckej prevádzke. V tejto časti sú tiež uvedené ďalšie druhy optimalizácie, akými sú RECAT-EU a A-CDM.

Tretia verzia dotazníka je zameraná na oblasť rozvoja letiska BTS a jeho perspektívy z pohľadu Metropolitného inštitútu Bratislava. Medzinárodné letisko na území mesta predstavuje významný hospodársky a ekonomický prínos a má značný ekonomický potenciál. Kapacita letiska v súčasnosti nie je plne využitá. Pokiaľ ide o obmedzenia, prevádzka letiska obmedzuje rozvoj východnej časti mesta, predovšetkým v súvislosti s ochrannými pásmami. Mesto neurčuje letisku žiadne limity a v plnej miere rešpektuje limity stanovené prevádzkovými požiadavkami letiska a jeho dlhodobými rozvojovými plánmi. S prihliadnutím na očakávaný demografický vývoj Bratislavy do roku 2050 nie je nutné vnímať letisko a jeho prevádzku ako obmedzujúci faktor na území mesta.

Po vyhodnotení všetkých dotazníkov a uskutočnených rozhovorov som dospel k záveru a formulácii odporúčaní, ktoré by mohli prispieť k optimalizácii prevádzky letiska BTS. Jedným z hlavných odporúčaní je optimalizácia systému pohybových plôch, konkrétne využívanie jednej RWY v tzv. "mix móde". Toto odporúčanie bolo motivované snahou o zníženie častého využívania a opotrebovania oboch RWY súčasne. Súčasťou práce je tiež popis typického harmonogramu rekonštrukcie RWY na letisku Jackson Hole v USA. Vzhľadom na rozdiely v cenách rekonštrukcie, ktoré sú spôsobené geografickou polohou letiska, bola vytvorená tabuľka, ktorá porovnáva ceny rekonštrukcie RWY na desiatich letiskách v Európe a Severnej Amerike.

Na určenie kapacity v prípade jednej RWY bol využitý model ACRP 79, ktorý bol pôvodne navrhnutý pre letiská v USA. Pre adaptáciu na letisko BTS bolo nevyhnutné upraviť niektoré hodnoty, aby sa dosiahol čo najpresnejší výsledok. Jednou z hlavných úprav bolo zmenenie kategórie lietadiel prevádzkovaných na letisku BTS a úprava približovacích rýchlostí. V modeli bolo analyzovaných 15 rôznych priletov, pri ktorých sa určoval čas obsadenia RWY. Ďalšie úpravy v modeli boli realizované s ohľadom na separáciu lietadiel. Na overenie

správnosti simulácií bol výsledok porovnaný s údajmi, uvedenými na webovej stránke letiska BTS. Simulácie boli vykonané samostatne pre každú RWY. Na začiatku bola uskutočnená simulácia prevádzky letiska BTS v auguste a decembri 2023. V auguste 2023 bola simulovaná kapacita jednej RWY vyššia, než súčasná kapacita letiska. V decembri bol v simulácii zaznamenaný pokles kapacity priletov a odletov, najmä pre RWY 04/22, čo môže poukazovať na prevádzkové obmedzenia. Finálna simulácia bola vykonaná pre predpokladanú prevádzku v roku 2028. Prevádzka bola odhadnutá na základe niekoľkých faktorov, vrátane prevádzkových výsledkov za roky 2022 a 2023, obnovenia určitých leteckých liniek, zvýšeného využívania širokotrupých lietadiel na linkách do exotických destinácií, príchodu nízkonákladových leteckých spoločností zameraných na diaľkové lety a očakávaného nasadenia Airbusu A321XLR. Pri výbere ľubovoľnej RWY sa nedostaneme pod hodnotu využívania dvoch RWY súčasne.

Ďalším odporúčaním je zhodnotiť možnosť vybavenia letiska nástupnými mostami, pričom by sa letisko zameriavalo iba na vybavenie dvoch až troch stojísk, nie na všetky. Príkladom môže byť model využívania nástupných mostov na letisku v Miláne - Bergamo.

V Európe sa momentálne stretávame s trendom zavádzania obmedzení nočnej prevádzky na letiskách. Ak by sa na letisku BTS zaviedli obmedzenia nočnej prevádzky, najmä počas letnej sezóny, kedy sa často uskutočňujú charterové lety a nákladné lety spoločnosti DHL, bol by to závažný problém. Pre nákladné letecké spoločnosti je totiž dôležité, aby letisko nemalo obmedzenia nočnej prevádzky. Bratislavské letisko by sa malo rozhodnúť, aký typ leteckej dopravy (pravidelnú, charterovú, nákladnú) bude v budúcnosti preferovať.

Medzi ďalšie odporúčania patrí úprava TWY A tak, aby bola vhodná pre širokotrupé lietadlá a taktiež úprava APN. V prípade APN by sa mohlo zvážiť využitie multifunkčnej TWY, ktorá by bola rozdelená na dve menšie TWY.

Referencie

- [1] ELEKTRONICKÁ UČEBNICA PEDAGOGICKÉHO VÝSKUMU, „ELEKTRONICKÁ UČEBNICA PEDAGOGICKÉHO VÝSKUMU,“ 1. Marec 2024. [Online]. Dostupné: <http://www.emetodologia.fedu.uniba.sk/index.php/kapitoly/vyskumne-metody.php?id=i10>.
- [2] GONZO Aviation, „GONZO Aviation,“ 2. Marec 2024. [Online]. Dostupné: GONZO Aviation.
- [3] TASR, „teraz.sk,“ 28. Október 2022. [Online]. Dostupné: <https://www.teraz.sk/slovensko/vznik-csr-z-roku-1918-si-slovensko-prip/670373-clanok.html>.
- [4] AIRPORTS - WORLDWIDE, „Airports - Worldwide,“ 2. Marec 2024. [Online]. Dostupné: https://www.airports-worldwide.com/slovak_republic/m_r_stefanik_slovak_republic.php.
- [5] I. R. FEKETE, Respondent, Súčasný stav a rozvoj systému pohybových plôch na letisku M. R. Štefánika. [Rozhovor]. 27. November 2023.

- [6] I. R. PRIMUS, Súčasný stav a rozvoj systému pohybových plôch na letisku M. R. Štefánika, 2023.
- [7] I. P. STRAKA, Respondent, Súčasný stav a rozvoj systému pohybových plôch na letisku M. R. Štefánika. [Rozhovor]. 23 Január 2024.
- [8] F. A. P. A. E. DIVISION, „AC 150/5060-5, Airport Capacity and Delay,“ 16 Apríl 2003. [Online]. Dostupné: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150_5060_5.pdf. [Cit. 15 September 2010].
- [9] I. A. M. BEREŽNÝ, Súčasný stav a rozvoj systému pohybových plôch na letisku M. R. Štefánika, 2024.
- [10] N. A. O. SCIENCE, „Supplemental Material to ACRP Report 79: Prototype Airfield Capacity Spreadsheet Model ACRP Project 03 - 17,“ 2012. [Online]. Dostupné: <file:///C:/Users/Legion/Documents/UNIZA/Diplomov%C3%A1%20pr%C3%A1ca/Pr%C3%A1ca/N%C3%A1vod%20na%20excel%20-%20moje%20pozn%C3%A1mky.pdf>.
- [11] DIAMOND AIRCRAFT, „Diamond Aircraft,“ 16 Apríl 2024. [Online]. Dostupné: <https://www.diamondaircraft.com/en/private-owners/aircraft/da50/overview/>.
- [12] R. JAWOROWSKI, „Flight Plan Civil Aerospace Insights from Forecast International,“ 16 Október 2023. [Online]. Dostupné: <https://flightplan.forecastinternational.com/2023/10/16/business-jet-market-poised-for-sustained-recovery/>.
- [13] R. EWING, „Airline Geeks,“ 29 Marec 2024. [Online]. Dostupné: <https://airlinegeeks.com/2024/03/29/condor-finalizes-boeing-757-fleet-exit/>.
- [14] AKTUALITY.SK, „aktuality.sk,“ 16 Apríl 2024. [Online]. Dostupné: <https://www.aktuality.sk/clanok/IVOKXpm/na-bratislavskom-letisku-hlasia-velke-novinky-lety-do-dovolenkovych-rajov-so-supermodernym-lietadlom/>.



VÝPOČET A OPTIMALIZÁCIA VENCA LOPATIEK PLYNOVEJ TURBÍNY EXPERIMENTÁLNEHO MOTORA

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

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

Abstract

The thesis deals with the calculation and optimization of the stage of the gas turbine distributor vanes of an experimental engine. The aim is to create an experimental turboshaft engine by combination of the Saphir 5 auxiliary power unit and a free gas turbine with a gearbox, derived from the TS-21 turbine starter. Through calculations, it is necessary to determine the optimal geometric parameters and the resulting number of stator vanes in order to design a 3D model of the gas turbine stator shroud as a connecting element between the Saphir 5 and the free gas turbine, which consists only of the rotor blades. The results of the work and the evaluation consists of calculations of the thermodynamic circulation of Saphir 5 and calculations of gas turbines. It also contains the design of the stator ring of a free gas turbine, as an intermediate member or flange of two aggregates creating an experimental engine. The 3D model and optimization is created using the Creo 7.0 program, which are based on the calculation of the gas turbine itself. In the end, we will get to the answers and to the summary of the results that created the exact design of the experimental engine.

Keywords

gas turbine, free gas turbine with gearbox, auxiliary power unit, turboshaft engine, APU Saphir 5

1. Introduction

The topic of the calculation and optimization of the stator casing of the gas turbine distributor blades in an experimental engine, drawing from knowledge of aircraft power units, which has always interested me. Additionally, this topic captivated my interest in exploring the Saphir 5 auxiliary power unit and proposing a new experimental engine. The introduction to the issue discusses the possibilities of utilizing small turbine power units, which were once used as APU on aircraft but are now decommissioned. Given their non-operational status, there is potential for utilizing these turbine APUs as experimental engines with innovative features. Gas turbines are subject to high demands such as reliability, durability, and precision, as any damage or malfunction can adversely affect the investor's financial aspect. Requirements for gas turbines include small size, low weight, high reliability, long lifespan, high efficiency, among others. The goal of my thesis is to focus on the Saphir 5 auxiliary power unit, representing a turbine device known as an air generator. My aim is to transform this air generator into a turboshaft engine by integrating a free gas turbine with a gearbox from the TS-21 turbine starter, with the possibility of adding a propeller afterward. This would result in a small turboprop power unit. The free gas turbine consists only of a rotor casing without the stator casing of the distributor blades. However, to efficiently deliver hot gases before the rotor casing, it is necessary to integrate the stator casing into the system. The work consists of four chapters, each describing individual steps. The first chapter, titled "Current State of the Issue," discusses the theory of aircraft turbine power units, followed by the principles of turbine operation and its constituent parts. The second chapter deals with theoretical knowledge of the issue, focusing on turboshaft and turboprop power units, auxiliary power units, their functions, and classification. This chapter concludes with a focus on the Saphir 5 APU and its technical

modifications. The third chapter comprises the practical part, including the methodology of work, the design of the experimental engine, and enhancements to the Saphir 5 schemes for implementing the new design and its functionality. The fourth chapter includes the calculation of the thermodynamic cycle of the Saphir 5 APU and subsequent calculation of parameters for three stages of gas turbines. These data serve as input values for designing the stator blades and, consequently, the stator casing of the free gas turbine, derived directly from the calculations. For this purpose, the Creo 7.0 software is used for 3D modeling of the structural components. After creating the stator casing model, the next step is a structural analysis using Creo 7.0 software. Upon completing the stator design, the thesis concludes with the description and evaluation of the results. Finally, the answers and final findings are provided.

2. Work methodology

Work methodology is an essential element of scientific or research efforts, which defines the sequence of steps and ways to achieve the goal. It consists of a systematic approach that aims to ensure reliable results. In connection with the work methodology, two main methods are used. The theoretical method of the work is based on the analysis of concepts and theory. The second method of work is the empirical method, which is based on experience, observations and analysis of real data [12].

In my diploma thesis, I used an archival form of data collection, such as renovated sources, especially book publications. I worked with measurements, with calculations and used software tools to make analysis and design. The methodology of my thesis consists of a literature search, with the help of which I created a comprehensive overview of available sources, such as book sources and internet publications. Another method, which is comparison, consists of evaluating and especially comparing relevant information and sources for the thesis. The collection of information was carried out through the method of information processing, with the help of which I systematically collected relevant data for individual areas of work.

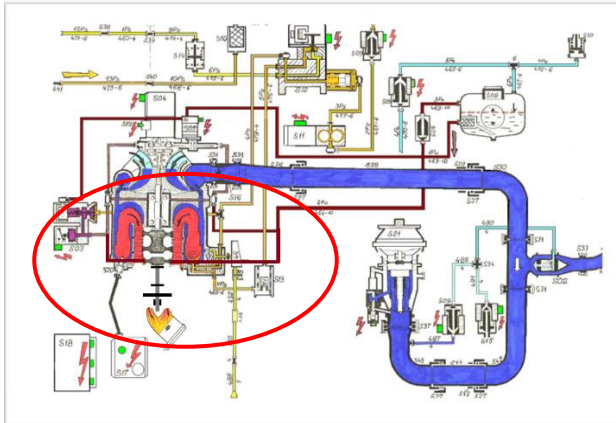


Figure 1. Scheme of free gas turbine and its new oil system [10]

The diagram shows the oil inlet and outlet, which must be secured from the outside. The proposed connection consists in the connection of the free gas turbine with the oil pump, which ensures the oil supply. The rest of the oil is then diverted back to the Saphir-5 oil return branch.

Subsequently, the oil from the return branch is transferred to the cleaner, where it is filtered and proceeds to the oil tank as a closed cycle. This system ensures constant lubrication and cooling of the free gas turbine with a reducer, which is effective for its long-term reliability.

The supply of the air system to the free gas turbine with a reducer is realized by taking air from the existing Saphir-5 air system and supplying it to the stator ring of the free gas turbine. In picture no. 2, the air intake is only partially shown due to limited space, but more detailed information about the air intake routing is shown by the red arrow.

This design eliminates the need for the original starter air system, allowing a maximum air intake of 25 kg/min for experimental turboshaft engine purposes [7].

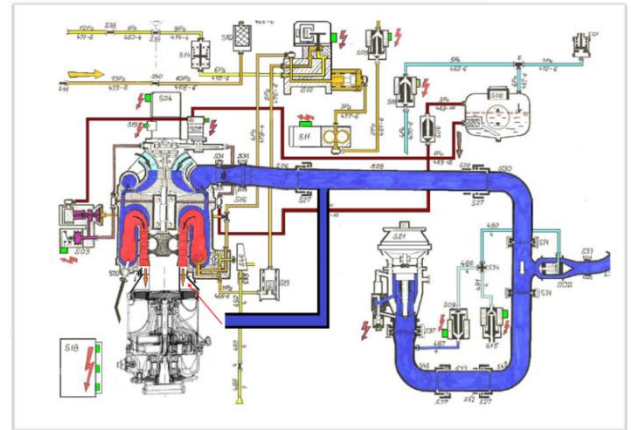


Figure 2. Scheme of Saphir-5 system and its new air system [10]

2.1. Experimental engine design

In the third chapter, Methodology of work in the Design of an experimental engine, I deal with the creation of an experimental engine as it continues in the fourth chapter, which are connected to each other. The experimental engine consists of a Saphir-5 auxiliary energy unit and a free gas turbine with a reducer. The aim of the thesis is to create a turboshaft drive unit from the Saphir-5 structure and a free gas turbine. The Saphir-5 auxiliary power unit comes from the Aviation Museum in Košice and, as mentioned, it represents part of an experimental engine in my diploma thesis. The free gas turbine, which comes from the TS-21 turbine starter, is located at the airport in Žilina and serves as a teaching aid for students. The free gas turbine from the TS-21 turbine launcher that we have available in the airport classroom has a 160 mm diameter rotor and its design is based on a gas turbine disc with grooves for the attachment of blade tree locks, which is an unusual technique for such small turbines. Mostly in such a case, "bisk" rotors are preferred, where the blades are part of the turbine disc and are cast as a single unit [6].

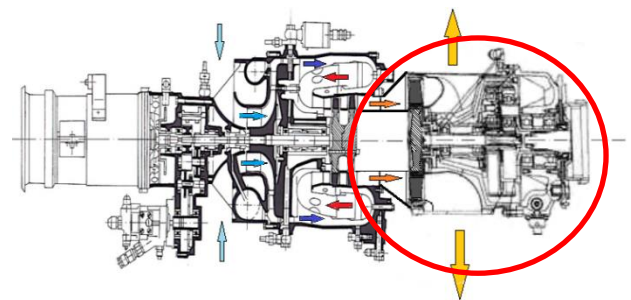


Figure 3. Prototype of experimental turboshaft engine [11]

The subject of picture no. 3 is a turboshaft experimental engine, which is set as a goal to achieve in the diploma thesis. Two main parts can be identified from its construction. The left part consists of a gas generator, where the mixture of fuel and air is burned and the subsequent creation of hot gases. These exhaust gases continue to the right side of the engine. The first part houses a free gas turbine together with a reducer. This section of the engine is focused on using the energy of hot gases and converting them into mechanical energy.

3. Work results and evaluation

The following sections of the fourth chapter deal with calculations of thermodynamic circulation and gas turbines of the first, second and free gas turbine stages. Next follows the design of the stator ring, for the production of which I obtain the results from the calculations. At the end of this chapter, I evaluated the results of the work [10].

3.1. Calculation of thermodynamic circulation Saphir-5

It contains the specified parameters and input values for the calculation of the APU Saphir-5 thermodynamic cycle. The aforementioned thermodynamic cycle calculation includes parameter values such as temperature, pressure before and after the output device, before and after the compressor, after the main combustion chamber, after the gas turbine and free gas turbine. It also analyzes the work of the gas turbine, the work of the compressor, the overall degree of expansion, engine power and fuel consumption. An important aspect is that the calculation of the thermodynamic cycle refers to the Saphir-5 auxiliary power unit, which makes it possible to determine the indicated parameters for further calculations of the gas turbine and further continuation of the design of the experimental engine. I use the Microsoft Excel program for all thermodynamic circulation and gas turbine calculations [10].

Table 1. Results of thermodynamic circulation

VELIČINA	HODNOTA	JEDNOTKA
p_{0c}	101 325,6	Pa
p_{1c}	99 299,1	Pa
p_{2c}	307 827,2	Pa
p_{3c}	286 279,3	Pa
p_{4c}	157 577,3	Pa
p_{5c}	104 998,04	Pa
p_{6c}	104 669,3	Pa
T_{0c}	288,15	K
T_{1c}	288,15	K
T_{2c}	427,4	K
T_{3c}	973,15	°C
T_{4c}	849,9	K
T_g	729,5	K
$T_{5c'}$	7774,9	K
T_g	768,7	K
$\Delta \bar{w}_{PTC}$	0	$N \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$
W_{Kc}	177 083,5	$J \cdot kg^{-1}$
W_{pc}	102 131,2	$J \cdot kg^{-1}$
W_{TKc}	142 751,02	$J \cdot kg^{-1}$
$W_{VPT'}$	86 760,7	$J \cdot kg^{-1}$
π_{VPT}	1,50	1
P_{ekv}	102 637,9	W
q_{pal}	0,0004871	$kg \cdot h^{-1} \cdot W^{-1}$

3.2. Calculation of gas turbine

The next step in this chapter is the gas turbine calculation, which includes a detailed calculation of the gas turbine rotor and stator. In table no. 1 the data are entered for the continuation of the calculation. In the design of the experimental engine, we use a free gas turbine with a reducer, which consists of a rotor ring, but the stator ring is missing. Therefore, it is important to focus on the calculations of the stator blades, for the further continuation of their design and application on the experimental

engine. Based on the obtained results, I will design the stator ring of the gas turbine [10].

3.3. Stator ring design

In the fourth chapter, I also focus on the construction of the stator blades and the design of the flange connection of the free gas turbine, which is related to the stator. The main reason is to prevent the hot exhaust gases from passing directly to the turbine rotor, which could lead to energy losses, since this free gas turbine consists only of the rotor. It is necessary to direct the gases correctly and accelerate them as much as possible in the stator vanes. The material used for the design of the stator blades consists of stainless-steel sheet. In order to achieve this goal, it is necessary to implement a distribution ring that will correctly direct the output hot gases from the stator to the rotor. This design is crucial for optimal efficiency and reliability of the free gas turbine.

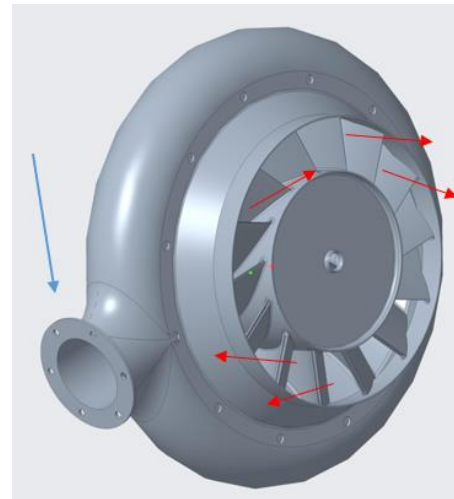


Figure 4. Draft of the stator ring

One of the components is a flange that allows connection from both sides between the individual parts of the Saphir-5 and the free gas turbine with the reducer, thus ensuring a solid and tight integration between these components. Hot exhaust gases from the Saphir-5 enter the stator ring from the right side. The flange on the left shows the exiting hot gases from the stator, which are also mixed with the supply air from the air system.

The design of the 3D model of the stator ring as an intermediate member and connection of the APU Saphir-5 with a free gas turbine with a reducer is a complex technical solution that integrates several important functional elements. The stator ring, which forms this intermediate part and the connection, has several tasks that affect the performance and reliability of the entire system.

The stator ring is composed of stator vanes which are hollow and are the key components ensuring the efficient distribution and control of the airflow and hot gases in the gas turbine. Supplying air to the inside of the stator ring taken from the air system enables cooling of the stator blades. Subsequently, the supplied air rises into the stream of gases and increases the amount of gases that enter the rotor of the free gas turbine. It serves for

cooling purposes, which is important for reducing heat loads and increasing blade life [11].

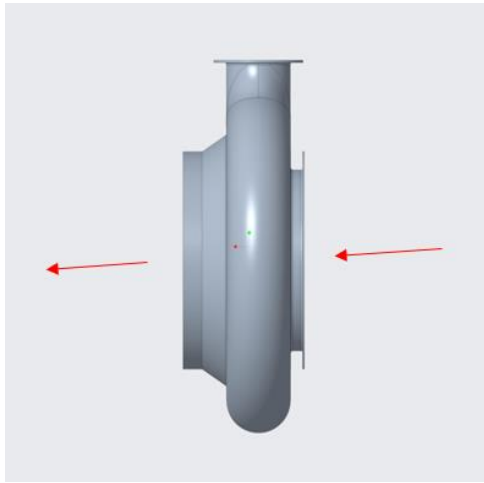


Figure 5. Draft of the stator ring

3.4. Strength analysis

The main purpose of the strength analysis is to assess certain properties of the material, whether it meets the necessary requirements. These requirements apply to the strength, resistance of the material and its safety against dynamic, static and thermal loads. Strength analysis provides certain techniques and procedures for identifying the maximum load, weak points of the structure, material, and subsequently proposing changes to increase strength and durability.

I used the Creo 7.0 software again for the strength analysis. I performed an analysis of the strength of the stator ring, which identified the more critical points of the material and the overall structure. Smaller loads were recorded around the circumference of the stator ring, as it is not directly under the influence of the exiting hot gases. This condition is shown by blue color, which represents a value from 80 MPa to 154 MPa. Greater stress concentration is shown successively in green, yellow and orange from approximately 191 MPa to 451 MPa. A higher stress concentration was found in the areas of the stator mounting flange from both sides, where material weakening can occur [11].

From the point of view of stress concentration, the stator ring withstands the loads, which confirms that the structural design is safe. The results of the strength analysis show that the design is strong enough to withstand these types of loads acting in the area.

3.5. Summary of results

Using the Saphir-5 thermodynamic circulation calculation, I acquired temperature and pressure parameters, which I applied to the next process to achieve gas turbine calculations and especially to achieve strength analysis. Saphir-5 gas turbines were calculated based on certain parameter values. It provides an idea of the individual speeds, geometric dimensions and state variables of the gas turbine. I calculated that the determination of the spacing of the rotor blades of the first stage of the gas turbine is based on 0.008 m, and at the same time, in terms of

the number, approximately 35 blades are needed. For the second stage, the spacing result is 0.0052 m and the number of rotor blades is 40. The determined free gas turbine stage spacing is based on 0.014 m and 30 rotor blades to determine the number.

After processing the calculations, I assembled a 3D model of the stator ring. To make it, the obtained data were needed, as already mentioned, that is, the outer diameter and the inner diameter of the rotor impeller, as well as the angle of inclination and the magnitude of the relative velocity, which shows the entry of gases into the blade grid. Another necessary data is the number of rotor blades. Based on the rotor parameters found in the calculations, the stator parameters are subsequently determined. This is because the stator properties are based on the rotor properties. As part of the simulations of the strength analysis of the stator ring, the voltages show slightly higher values than expected. However, despite this increase in tension, sufficient strength and resistance of the material remains, which is included among the advantages of the design.

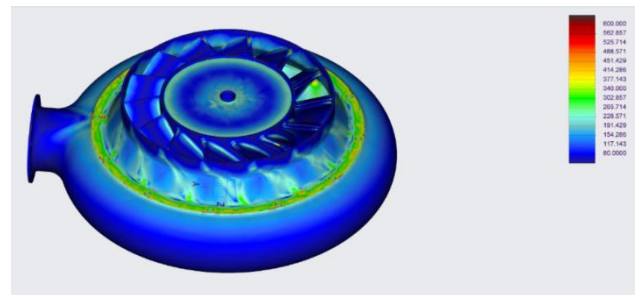


Figure 6. Strength analysis

4. Conclusion

In the final thesis, I focused on the calculation and optimization of the crown of the free gas turbine blades in order to create a new experimental turboshaft engine. The theoretical part of my work is divided into two chapters, which deal, for example, with turbine propulsion units. Aircraft jet engines have undergone some development, with their performance, high speeds, efficiency and reliability being their specific characteristics. In these chapters, I brought the theory about the components that make up the jet engine and their functions. I focused in more detail on the gas turbine, which is of key importance in the operation of the engine. By passing a hot stream of gases through a turbine, thermal energy is converted into mechanical work. The gas turbine thus drives the compressor and other aggregates, which leads to the production of the necessary thrust for the movement of the aircraft. In addition, I dealt with the theory of auxiliary energy units, their distribution, functions and specifically analyzed APU Saphir-5 and its technical parameters.

When preparing the theoretical part of my work, I mainly used book publications, which represented an important source of information. In addition, I also used Internet resources that provided me with other relevant data and information. In order to ensure the correct work methodology, I developed a system that helped me organize material and resources. This system enabled me to effectively apply the acquired knowledge not

only in the creation of the theoretical part, but also in practical applications.

The third and fourth parts of my diploma thesis make up the practical part, which deals with the design of an experimental engine. At the same time, he deals with the design of the stator ring as a flange to connect the Saphir-5 and the free gas turbine with the reducer, including the corresponding calculations for the design. In the creation of this practical part, I was helped by resources that provided me with the necessary information for calculations and the subsequent design of the stator ring. The design of the experimental engine in this section describes in detail the concept of a turboshaft power unit and illustrates what such a power unit should look like. This image includes that Saphir-5 connection with a free gas turbine and reducer. To create the design of the stator ring, I used the 3D software Creo 7.0, which enables the creation of digital three-dimensional objects through three-dimensional modeling. In this process, basic geometric shapes such as points, lines, surfaces and objects are defined to achieve the desired stator ring design.

For calculations, I used documents containing calculation exercises that provided me with the necessary formulas. I used the Microsoft Excel program directly to apply these calculations, which allowed me to effectively process and analyze the results and optimize the design of the stator ring according to the necessary criteria.

At the end of the fourth chapter of my thesis, there is an evaluation of the results that confirm the successful outcome of the final work, namely the test turboshaft engine. After analyzing the achieved results, it is possible to confirm that at the maximum revolutions of the free gas turbine and after applying the measured ratio of revolutions of the gas turbine to the shaft, it was possible to achieve the desired revolutions of the output shaft. This result indicates that the engine is also capable of driving a propeller and operating as a turboprop engine.

The test prototype from APU Saphir-5 has the potential to serve as an experimental engine for testing different fuels. These fuels include LPG, ethanol, methanol, or hydrogen or vegetable oil. This engine can also be used for further research purposes or as a basis for future work in this area. In addition, it can serve as a teaching aid at Žilina Airport.

References

- [1] Doc. Ing. Josef Kříž, LETOUNY A JEJICH SYSTÉMY, III. ČÁST
- [2] doc. Ing. Jozef Čerňan, „Plynová turbína“.
- [3] „SKYbrary Turboshaft engine,“ [Online]. Available: <https://skybrary.aero/articles/turboshaft-engine>.
- [4] doc. Ing. Jozef Čerňan, „DPM, Turbovrtuľové a turbohriadelové LTKM“.
- [5] P. I. M. H. P. doc. Ing. Jozef Čerňan, TURBÍNOVÝ MOTOR I.: Teória a konštrukcia, 2020.
- [6] doc. Ing. Jozef Čerňan, „UDF - regenerácia - rekuperácia“.
- [7] NAUKA SPOUŠŤEČÍ JEDNOTKY SAPHIR 5, Vojenský útvar Piešťany, 1975.

- [8] Czech Jet, „FLIGHT MANUAL L39C AIRCRAFT,“ [Online]. Available: <http://lockon.spb.ru/files/L-39/Aero-L-39-Flight-Manual.pdf>.
- [9] „Russian APU TS-21“.
- [10] Ing. Marián Hocko, „VÝPOČTOVÉ CVIČENIE Z TEÓRIE LETECKÝCH MOTOROV (Približný výpočet plynovej turbíny),“ Košice, 2009.
- [11] *Vlastný zdroj.*
- [12] L. F. L. M. M. B. R. Andoga, „Semantic scholar,“ [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/Hybrid-concepts-of-analytic-modeling-of-the-MPM-20-Andoga-Madar%C3%A1sz/5d4cc582a09af41954fe79acaaf1544073c395b8>.
- [13] Z. u. v. Plzni, „Zadani-seminarky.cz,“ [Online]. Available: <https://www.zadani-seminarky.cz/semestralni-prace/kontrolni-vypocet-radialniho-kompresoru-saphir-5/12965>.
- [14] „FL360aero,“ [Online]. Available: <https://fl360aero.com/detail/how-to-take-care-of-cabin-air-conditioning-odours-originating-from-an-aircraft-apu-during-ground-operations/212>.



TRHOVÉ STRATÉGIE V BA SO ZAMERANÍM NA SPOJENÉ ŠTÁTY AMERICKÉ

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

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

Abstract

This paper discusses market strategies in business aviation with a focus on the United States. The first part of the paper is devoted to the definition, origins, and historical evolution of business aviation. It also includes an appraisal of the global significance of BA with an emphasis on Europe and the United States. The second part of the paper explains why it is beneficial to analyse market strategies in BA in the United States. Close attention is given to two highly important market strategies. The third, practical part of the paper provides essential data on the nineteen business airlines discussed by the author, along with an analysis of their fleet structure. In this part, the paper also focuses on the market tenure of the individual BA companies, offers a comparative analysis of their product portfolios, investigates acquisitions and collaborations, and characterizes the United States business aviation segment using Porter's Five Forces analysis. The last part of the paper is dedicated to the interpretation of the main findings. The analyses conducted in the paper were based on business airline websites, aviation internet magazine articles and a research website that concentrates on the business aviation sector.

Keywords

Market strategies. Business aviation. Product portfolio. Acquisitions.

1. Úvod

V súčasnom svete prenikajú technológie a jej inovácie do každej sféry nášho života. Napriek nesmiernemu pokroku a neoceniteľnému prínosu týchto technológií v mnohých oblastiach je potrebné uvedomovať si, že čas je stále jedným z najvzácnejších zdrojov, ktorý má každý z nás k dispozícii v obmedzenom množstve. Pre dnešnú uponáhľanú dobu sa stal segment biznis letectva ikonou maximalizácie efektivity času a symbolom luxusu. Cieľom príspevku je vyzdvihnúť kľúčovú spoločensko-ekonomickú úlohu segmentu biznis letectva a detailne opísať strategické aktivity prebiehajúce v tomto odvetví. Okrem toho príspevok poskytuje čitateľovi jednoduchý súhrnný prehľad najväčších biznis leteckých spoločností na území Spojených štátov. V poslednej časti sa príspevok venuje Porterovej analýze piatich síl, s cieľom charakterizovať segment biznis letectva v USA a vyhodnotiť jeho strategickú pozíciu na trhu.

2. Zhrnutie súčasného stavu poznania

Rozdelenie letectva do základných segmentov umožňuje úradom vykonávať dohľad a regulovať odvetvie tak, aby sa zabezpečila čo najvyššia bezpečnosť. V Spojených štátoch amerických zodpovedá za bezpečnosť leteckého priemyslu Federálny letecký úrad Ministerstva dopravy USA (FAA), v Európskej únii zase Európska agentúra pre bezpečnosť letectva (EASA).

2.1. Klasifikácia leteckej prevádzky podľa ICAO a FAA

Medzinárodná organizácia pre civilné letectvo (ICAO) definuje a uznáva tri základné druhy prevádzky:

- Komerčná letecká prevádzka – prevádzka lietadla na prepravu cestujúcich alebo tovaru za odplatu alebo prenájom. Tento druh prevádzky umožňuje

cestujúcim cestovať podľa cestovného poriadku. V niektorých krajinách sa delí na hlavnú, národnú a regionálnu prevádzku.

- Všeobecné letectvo – prevádzka lietadla, ktorá je iná než komerčná prevádzka alebo vojenské lety.
- Letecké práce – prevádzka lietadla používaná na špecializované služby. Medzi špecializované služby patria napríklad lety pátrania a záchran, prepravy zdravotníckeho materiálu, lety humanitárnej pomoci, hasenie lesných požiarov, lety na poľnohospodárske a stavebné účely, geodézia či letecká reklama [1] [2] [3].

Federálny letecký úrad Ministerstva dopravy USA (FAA) rozdeľuje prevádzkovú špecifikáciu na:

- Part 91 – sú v ňom uvedené všeobecné prevádzkové pravidlá pre civilné lietadlá so zameraním na nekomerčnú prevádzku, pri ktorej sa nevažuje o vyplácaní či finančnej kompenzácii za prepravu cestujúcich alebo nákladu (súkromné a korporátne lety). V tomto Parte 91 nájdeme aj podčasť Part 91K. Tá sa venuje prevádzkovým modelom frakčného vlastníctva, ktoré je v súčasnosti veľmi obľúbeným a preferovaným spôsobom prevádzkovania biznis lietadiel po celom svete.
- Part 121 – vzťahuje sa na pravidelnú leteckú prevádzku – prepravu cestujúcich a tovaru leteckým dopravcom.
- Part 135 – zaoberá sa komerčnou prevádzkou a (charterovou) prevádzkou lietadla na vyžiadanie ako napríklad letecké taxi či charterové lety. Patria sem všetky BA lietadlá, turbopvrtuľové a súkromné prúdové lietadlá s kapacitou do 30 cestujúcich či vrtuľníky slúžiace potrebám BA [4] [5] [6] [8].

2.2. Definícia business aviation (BA)

Business aviation, resp. biznis letectvo možno definovať ako využitie akéhokoľvek lietadla všeobecného letectva na obchodné účely. Podľa FAA je všeobecné letectvo akýkoľvek let, ktorý nevykonáva armáda alebo pravidelná letecká spoločnosť. Ide teda o súčasť všeobecného letectva so zameraním na súkromné, obchodné a korporátne účely [7].

Medzinárodná rada obchodného letectva (IBAC) definuje biznis letectvo ako oblasť letectva, v ktorom sa lietadlo prevádzkuje a využíva spoločnosťami na prepravu cestujúcich a tovaru ako efektívny prostriedok pri vykonávaní svojej podnikateľskej činnosti a pre potreby, ktoré sa vo všeobecnosti nepovažujú za verejné. Takéto lety sú vykonávané pilotmi, ktorí majú platnú licenciu pre lety podľa prístrojov [1].

2.3. Vznik a história BA

Prvé náznaky biznis, respektíve súkromného lietania boli už v 20. rokoch minulého storočia. V 30. rokoch sa začali lietadlá využívať na súkromné účely podnikateľmi z dôvodu prístupu na letiská, ktoré neboli obsluhované komerčnými lietadlami či z dôvodu úspory času [9].

Lietadlá ako Piper J-3 Cub, Cessna Airmaster či Beechcraft Model 18 boli prvými predchodcami súkromných prúdových lietadiel. Začiatkom 50. rokov sa začali lietadla zdokonaľovať po stránke komunikačných a navigačných zariadení, čím sa zvýšila bezpečnosť letu aj za zlého počasia. Okrem technologického pokroku bolo možné pozorovať aj zabudovanie pretlakových kabín a toaliet na palube. Ďalší medzník prišiel v roku 1958, keď sa začalo predávať lietadlo Grumman Gulfstream I ako prvé biznis lietadlo [9] [10].

Uvedenie lietadla Lockheed JetStar, ktorého výroba bola inšpirovaná nemeckým stíhacím lietadlom na trh, bolo najväčším historickým momentom v danom segmente. Zrodila sa tak nová éra v odvetví súkromného letectva. Začiatkom 70. rokov bolo po celom svete vyrobených približne 1 000 biznis prúdových lietadiel. V tej istej dekáde vstúpil na trh aj výrobca Embraer, ktorý v súčasnosti patrí k jedným z najväčších výrobcov súkromných lietadiel na svete. Na počiatku 80. rokov spoločnosť Boeing vytvorila najväčšie súkromné lietadlo Boeing 747 VIP Private Jet, ktoré bolo špeciálne upravené tak, aby spĺňalo potreby zákazníkov súkromného lietania [9] [10] [11] [12].

Pred finančnou krízou v 80. rokoch sa výrobcovia súkromných lietadiel zameriavali viac na úpravu už existujúcich konštrukcií lietadiel než na veľké finančné investície do kompletne nových. Za skutočne prelomové v tomto odvetví možno považovať lietadlo Embraer Legacy 600, ktoré inšpirovalo aj iných výrobcov k produkcii podobných súkromných lietadiel. Je dôležité spomenúť, že v 90. rokoch sa objavilo frakčné vlastníctvo súkromných a biznis lietadiel, ktoré v súčasnosti aplikuje mnoho prevádzkovateľov, čím sa toto odvetvie stalo ešte prístupnejším [12] [13].

Nové storočie sa nesie v znamení výrazných pokrokov v technológiách. Spoločnosť Gulfstream uviedla na trh v roku 2008 model Gulfstream G650, ktorý mal v danej dobe najvyšší dolet spomedzi všetkých súkromných lietadiel na trhu a vstúpil do prevádzky ako najrýchlejšie biznis lietadlo na svete. Jedna z ďalších príčin trendu biznis letectva bola globalizácia

podnikania. Mnoho podnikov začalo pôsobiť aj na národnej a medzinárodnej úrovni, a preto sa stali cesty súkromným biznis lietadlom vysoko postavených manažérov nevyhnutnosťou pre trvalo udržateľné podnikanie [13].

2.4. Súčasný stav a význam BA

Biznis letectvo je v dnešnej dobe pre mnohé spoločnosti užitočným a veľmi nápomocným nástrojom na budovanie, prevádzkovanie a riadenie ich podnikateľských činností. Mimo súkromných firiem túto formu dopravy využívajú vlády, univerzity, charitatívne firmy a iné subjekty.

K postupnej transformácii dopytu po biznis lietadlách dochádza v dôsledku rastúceho významu geografických trhov mimo Spojených štátov amerických a Európy. Blízky východ, najmä štáty Perzského zálivu zaznamenávajú od roku 2019 prudký nárast obchodnej leteckej dopravy. Za prvotný impulz po zvyšujúcom objeme obchodnej leteckej dopravy na území Blízkeho východu môže byť, podobne ako to bolo v prípade USA, nielen pandémie, ale aj investičné programy podporované vládou v Saudskej Arábii. Významný vplyv na biznis letectvo majú aj veľké celosvetové športové podujatia (Majstrovstvá sveta vo futbale v Katare či Super Bowl v USA či nastávajúce Letné olympijské hry v Paríži). Globálni prevádzkovatelia a dodávatelia obchodných lietadiel profitujú z rozvoja strategických uzlov na Blízkom východe a v dôsledku užšej spolupráce týchto krajín.

Podľa rozsiahlej analýzy [15] a prognózy trhu obchodného letectva na obdobie 2023 - 2030 malo odvetvie obchodného letectva v roku 2022 hodnotu 40,21 miliardy eur. Pre rovnaké obdobie sa očakáva zložená ročná miera rastu (CAGR) na úrovni 4,72 %. Rastúca globalizácia podporuje medzinárodný obchod, čím rastie potreba efektívnej, spoľahlivej, pohodlnej a bezpečnej prepravy osôb a tovaru po svete. V roku 2019 bolo na celom svete 21 979 aktívnych súkromných prúdových lietadiel a počas nasledujúcich 10 rokov sa očakáva nárast v rozmedzí 6 362 – 7 300 nových prúdových lietadiel v celkovej hodnote 204 – 236 miliárd amerických dolárov.

Analýza ďalej predpovedá najvyššiu mieru rastu obchodného letectva na území Ázie a Tichomoria, predovšetkým v krajinách ako Čína a India. Kým v súčasnosti dominujú na trhu malé biznis lietadlá, očakáva sa, že v budúcnosti bude dominovať segment veľkých biznis lietadiel s viac ako 50 % podielom na trhu. Najsilnejším regiónom zostane Severná Amerika, na ktorom sa predá viac ako 40 % všetkých predaných biznis lietadiel.

2.4.1. Strategické činnosti v odvetví BA

Medzi základné stratégie využitia biznis lietadla patria:

- Strategická mobilita manažmentu a zamestnancov – biznis lietadlo nachádza širokú škálu uplatnenia v oblasti prepravy vlastných zamestnancov v spoločnosti, vďaka čomu podniky dokážu maximalizovať efektívnosť svojich ľudských zdrojov.
- Preprava zákazníkov – V rámci konkurenčného boja na trhu sa stále viac firiem obracia k využitiu biznis lietadla na prepravu svojich zákazníkov. Spoločnosť tak môže prezentovať produkt a službu zákazníkovi už počas letu, urýchliť obchodný proces a vybudovať silné obchodné vzťahy.

- Preprava dodávateľov – Efektívnou prepravou dodávateľov služobným lietadlom spoločnosti nielen zefektívňujú a zlepšujú dodávateľský reťazec, ale aj zvyšujú povedomie dodávateľov o svojich výrobných kapacitách a procesoch. Takýto druh dopravy takisto umožňuje dopravu viacerých dodávateľov na obchodné stretnutie so zákazníkmi a prispieva aj k rýchlejšiemu uzatvoreniu rokovaní medzi dodávateľmi.
- Transport nákladu, súčiastok a pošty – Preprava v sebe zahŕňa aj prepravu nákladu, strojových dielov a pošty. Buď hovoríme o preprave medzi internými zložkami spoločnosti alebo externe medzi dodávateľmi a (potenciálnymi) zákazníkmi. V závislosti od objemu nákladu sa znižujú náklady na prepravu. Firmy uplatňujú dve základné stratégie – preprava dielov na vzdialené a odľahlé miesta, pričom sú odľahlé pobočky a prevádzky zásobované potrebnými dielmi alebo rýchla dodávka núdzových súčiastok na to, aby sa znížila doba nečinnosti alebo úplne zachovala plynulosť (výrobných) procesov firmy.
- Preprava na humanitárne a charitatívne účely – Využitie firemného lietadla na dobročinné a humanitárne účely predstavuje špecifický segment v biznis letectve. Podniky sa usilujú o podporu komunity, v ktorej pôsobia a s ktorou sú úzko späté. Humanitárna činnosť sa zameriava na prepravu kvalifikovaného zdravotníckeho personálu a materiálu do oblastí postihnutých katastrofou, ktoré sú v mnohých prípadoch letecky prístupné len s využitím biznis lietadiel.
- Iné využitie – Využívajú sa na aktivity ako napr. mapovanie terénu či letecké fotografovanie. Niektoré spoločnosti poskytujú svoje lietadlo na prenájom tretím stranám s cieľom zlepšenia finančnej výkonnosti podniku [16].

2.5. Význam BA v Európe

Európa je druhým najrozšírenejším trhom v oblasti obchodného letectva. Biznis letectvo predstavuje približne 8 % z celkovej európskej leteckej prevádzky. Každý deň je vykonaných viac ako 2 000 biznis letov (90 % z nich je v rámci Európy) a 70 lekárskeho letov využívajúcich biznis lietadlo. Ročná hrubá pridaná hodnota sa pohybuje na úrovni 87 miliárd eur. Celkovo približne 374 000 pracovných miest je priamo alebo nepriamo závislých na tomto odvetví. V porovnaní s alternatívnou komerčnou dopravou (pravidelné letecké linky) ušetrí cestujúci pri biznis letoch typu „z bodu do bodu“ v priemere 127 minút a jeho denná produktivita práce sa zvýši o 15 minút. Sieť leteckých spojení je na území Európy hustá. Obchodná letecká doprava prepája viac ako 25 280 párov miest alebo oblastí, ktoré nie sú prepojené priamymi letmi bežnej komerčnej leteckej dopravy. Vďaka biznis leteckej doprave vzniklo v Európe viac ako 120 000 unikátnych leteckých spojení a 1 400 navzájom prepojených letísk. Na 500 z nich je možné dostať sa komerčnou leteckou dopravou a zvyšných 900 je prepojených len biznis letectvom [17] [18].

2.6. Význam BA v Spojených štátoch amerických

Biznis letectvo prežíva najväčší rozmach v Spojených štátoch amerických a predstavuje jeden z významných pilierov americkej ekonomiky. V roku 2018 sa obchodné letectvo podieľalo na HDP USA sumou 128,3 miliárd amerických dolárov. Tento sektor ponúka na území USA viac ako 1,1 milióna pracovných miest a má výrazný podiel na hospodárskom raste všetkých štátov USA. Napriek dominancii na tomto trhu však len 3 % z 500 najväčších amerických korporácií podľa hrubého obratu (Fortune 500) využíva firemné lietadlá [15]. Pre mnohé z týchto spoločností sa však stali nevyhnutným nástrojom a konkurenčnou výhodou na trhu, kde je kľúčová rýchlosť, flexibilita a efektivita. V porovnaní s komerčnou leteckou dopravou obsluhuje biznis letectvo v USA 10-násobne viac letísk (5 000 nekomerčných verejných letísk) a umožňuje dopravu aj do oblastí bez pravidelných leteckých liniek. Väčšina biznis lietadiel na území USA lieta na vzdialenosti, ktoré sú kratšie ako 1 000 míľ s maximálnou kapacitou 6 pasažierov. K nárastu nových užívateľov v biznis letectve prispela aj pandémia COVID-19. Mnohí z nich sa v snahe ochrániť svoje zdravie rozhodli pre lety biznis lietadlami, čím sa vyhlili ľuďom a radom na letiskách a znížili osobný kontakt s nimi. Vďaka pozitívnym vyhlídkam do budúcnosti sa očakáva, že toto odvetvie vytvorí na území USA do roku 2025 viac ako 1,5 milióna pracovných miest a prispeje k HDP vo výške viac ako 150 miliárd amerických dolárov [19].

3. Teoretické východiská pre návrh cieľov a metodiky vlastného výskumu

Hoci v súčasnosti existuje mnoho odborných článkov a vedeckých publikácií o témach leteckej dopravy, Pantelaki a Papatheodorou [20] vo svojej štúdií tvrdia, že podobné vedecké výskumy v oblasti biznis letectva neboli uskutočnené, a to aj napriek tomu, aký má odvetvie biznis letectva silný ekonomický a sociálny vplyv. Z toho dôvodu sa autori vo svojom vedeckom článku zaoberali systematickým prehľadom literatúry o biznis letectve s dôrazom na trend publikovania, pôvod autorov, výber kľúčových slov a tém. V analyzovanej štúdií absentuje komplexný rozbor trhových stratégií v segmente biznis letectva. Kľúčové pojmy ako "segment" a "stratégia" sa v práci nenachádzajú a neboli predmetom skúmania. Z tohto dôvodu sa v nasledujúcej časti práce zameriame na zdôraznenie dôležitosti trhových stratégií v odvetví BA na území Spojených štátov amerických.

Trh (z anglického „market“) je podľa Foreta [21] dynamickým systémom, v ktorom sa stretáva ponuka predávajúcich s dopytom subjektov kupujúcich. Ponuka prechádza na trhu dvojistou selekciou. Najskôr sa zistí, do akej miery je ponuka v súlade s potrebami, príranniami, požiadavkami a možnosťami potenciálneho zákazníka a či je ponuka relevantná a uspokojuje dopyt cieľovej skupiny. Následne sa takáto ponuka porovnáva s ponukou konkurencie. Ak dokáže uspokojiť potreby a želania zákazníkov a zároveň predbehne konkurenciu, dochádza k výmene, teda k predaju. Foret uvádza, že sa stratégia javí ako komplexný nástroj riadenia činností podniku tak, aby sa dosiahli vopred stanovené ciele. Strategické plánovanie preniká do všetkých oblastí fungovania podniku a spadá do kompetencie vrcholového manažmentu. Ten je zodpovedný za dlhodobé, resp. strategické ciele, vymedzenie smerov rozvoja a hľadanie adekvátnych metód a postupov (stratégií) na ich dosiahnutie. Kľúčovou požiadavkou na strategické ciele je ich stabilita aj v

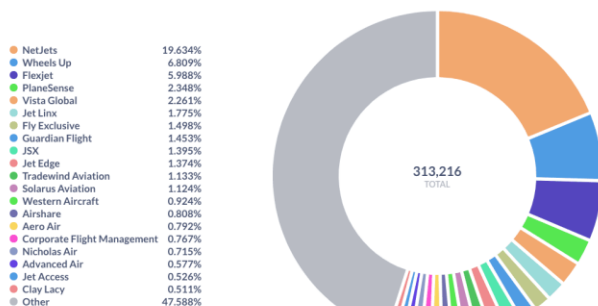
období prebiehajúcich zmien. Zároveň je nevyhnutné, aby sa s nimi stotožnili všetci manažéri v rámci podniku.

Trhové stratégie tak môžeme definovať ako komplexný súbor nástrojov riadenia činnosti konkurencieschopného podniku. Ich cieľom je uspokojiť potreby, prania a požiadavky zákazníkov. Na dosiahnutie tejto úlohy sa využívajú vhodné metódy a postupy navrhnuté vrcholovým manažmentom, ktoré vedú k stretu ponuky a dopytu a následnému uzatvoreniu výmenného obchodu, resp. predaju.

Každá organizácia pôsobí v špecifických sociálno-ekonomických podmienkach. Stanovením vlastnej trhovej, resp. marketingovej stratégie sa usiluje o dosiahnutie jedinečných cieľov. Vzhľadom na rozmanitosť organizácií existuje množstvo rôznych marketingových stratégií. Pre potreby našej práce sa zameriame na dva základné, najznámejšie a najrozšírenejšie typy:

- **Stratégia diferenciacie produktu (produktová stratégia)** – podnik sa usiluje vytvoriť čo najlepší produkt. V praxi ale nemusí ísť len o snahu podniku vyrobiť čo najkvalitnejší a najvýkonnejší produkt, ale aj ponúknuť atraktívnu výhodu zákazníkovi formou takzvaného rozšíreného produktu. Stratégia diferenciacie produktu je obzvlášť vhodná pre stredné a malé podniky. Tieto subjekty obvykle disponujú obmedzenými finančnými zdrojmi, čo im znemožňuje priamu konfrontáciu s konkurentmi na trhu, a to z hľadiska produktového portfólia a cenovej politiky.
- **Stratégia trhovej orientácie (geografická stratégia)** – pri implementácii tejto stratégie sa firma orientuje na jeden, prípadne viacero menších trhových segmentov. Často sa zameriava na úzko vymedzené medzery na trhu, čím sa odlišuje od konkurencie. Cieľom podniku nie je ovládnuť celý trh, ale dosiahnuť dominantné postavenie v zvolenom segmente

Pri analýze dát sa práca zameriava na celkovo 19 najväčších leteckých dopravcov v odvetví biznis letectva v USA, ktorí mali v období 1. júl 2021 – 31. august 2021 väčšinový 52 % trhový podiel počtu letov.



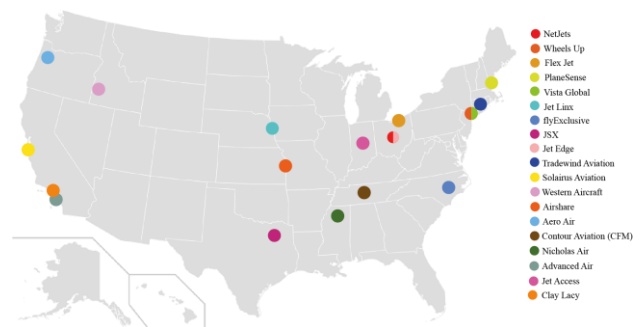
Obrázok 1. Trhový podiel 20 najväčších biznis leteckých dopravcov podľa počtu letov v USA za obdobie 1. júl 2021 – 31. august 2021. Zdroj: [22]

4. Realizácia výskumu

Prvá časť výskumu sa zaoberá základnými informáciami o analyzovaných biznis leteckých spoločnostiach, ako sú sídlo a veľkosť spoločnosti.

4.1. Základné informácie o analyzovaných BA spoločnostiach

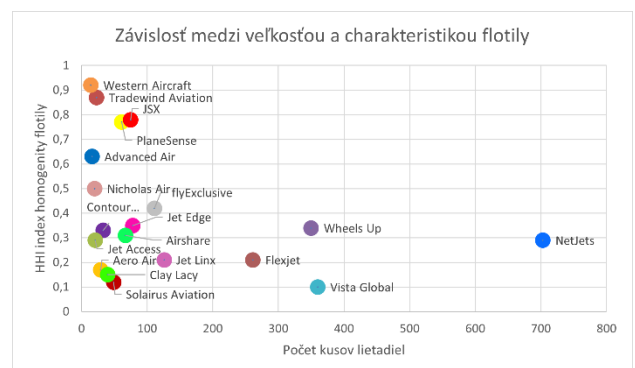
Sídla analyzovaných BA spoločností sa nachádzajú predovšetkým na západnej časti USA s výnimkou Kalifornie. Sumarizáciou základných informácií o spoločnostiach bolo zistené, že najväčšou biznis leteckou spoločnosťou je NetJets (viac ako 8 000 zamestnancov a 700 lietadiel) a najstaršou Aero Air (založená v roku 1956).



Obrázok 2. Sídla analyzovaných 19 BA spoločností na území USA Zdroj: [Vlastné spracovanie]

4.2. Analýza štruktúry lietadlového parku analyzovaných BA spoločností

Veľkosť flotily a jej charakteristika má výrazný vplyv na poskytované služby. Väčšie lietadlá s dlhým doletom umožňujú spoločnostiam rozšíriť svoju pôsobnosť aj do iných, viac vzdialených štátov či krajín. HHI index, respektíve index homogenity flotily určuje, do akej miery spoločnosť využíva rôzne typy lietadiel. Unifikácia flotily znižuje prevádzkové náklady. Náročné podmienky zákazníkov v segmente biznis letectva však nie je často možné uspokojiť len jedným typom lietadla, preto dochádza k rozširovaniu lietadlového parku. Miera diverzifikácie flotily môže závisieť aj od trhovej stratégie spoločnosti. Pokiaľ poskytuje vo svojom produktovom portfóliu správu lietadiel iných vlastníkov, spoločnosť môže disponovať viac heterogénnou flotilou.



Graf 1. Závislosť medzi veľkosťou a charakteristikou flotily Zdroj: [Vlastné spracovanie]

Analýzou devätnástich biznis leteckých spoločností popisujeme na grafe 1 závislosť medzi veľkosťou a charakteristikou flotily. Pri nižších objemoch spravovaných lietadiel sa vyskytuje u niektorých dopravcov aj homogénna flotila, ktorá prináša výhodu v podobe minimalizácie nákladov na údržbu a výcvik pilotov. Táto stratégia je vhodná pre menšie spoločnosti, ktoré sa zameriavajú na špecifické segmenty trhu a nepotrebujú tak širokú ponuku lietadiel. Na druhej strane, snaha o diverzifikáciu flotily umožňuje biznis leteckým spoločnostiam uspokojiť širšie spektrum požiadaviek klientov. Diverzifikácia flotily je typická pre veľké spoločnosti, ktoré pôsobia na globálnych trhoch a ponúkajú širokú škálu služieb. Záujem o diverzifikáciu flotily zároveň stimuluje výrobcov lietadiel k vývoju inovatívnych, technologicky vyspelých a komfortných lietadiel. Ponuka širokého výberu lietadiel umožňuje biznis leteckým spoločnostiam osloviť širší okruh klientov a ponúknuť im služby šité na mieru. Táto stratégia je kľúčová pre udržanie konkurencieschopnosti v dynamickom prostredí biznis letectva.

4.3. Analýza doby pôsobenia na trhu BA spoločností

Button [23] vo svojej knihe hovorí, že v segmente dopravy sa v súčasnosti dostáva do popredia takzvaný koncept „učenia sa praxou“, ktorý môže viesť k zníženiu nákladov a v niektorých prípadoch ovplyvniť aj dopyt ako taký. Tieto takzvané „úspory zo skúseností“ sú v oblasti dopravy zatiaľ nedostatočne preskúmané a je potrebné im venovať väčšiu pozornosť. Úspory z technického hľadiska vznikajú vtedy, keď sa s rastúcim objemom produkcie znižujú jednotkové náklady, alebo ak dodávateľ pôsobí na trhu už dlhšie obdobie. Tento novodobý fenomén úspor zo skúseností môže mať viaceré rozmerov:

- **Dobré meno** – Pri konfrontácii s viacerými dopravcami disponujú potenciálni cestujúci rôznou úrovňou informácií, najmä o kvalite poskytovaných služieb. Neochota podstúpiť riziko neznámeho podporuje výber už existujúcich dodávateľov. Boj proti takejto mentalite reklamou a propagáciou zvyšuje náklady novým účastníkom na trhu.
- **Znalosti** – Existujúci dopravcovia, alebo takzvaní „incumbenti“, disponujú rozsiahlejšími informáciami o trhu, na ktorom pôsobia a dokážu tak svoje služby efektívnejšie prispôbiť špecifickým požiadavkám rôznych skupín zákazníkov. Noví účastníci sú nútení vynaložiť značné finančné zdroje na získanie a spracovanie takýchto cenných informácií.
- **Organizácia** – Noví účastníci na trhu si musia osvojiť požiadavky nových zákazníkov v rámci celej svojej siete, čo si vyžaduje náklady na vzdelávanie a adaptáciu v rámci celej organizácie.

Z nami realizovaného výskumu vyplynulo, že nie je možné s istotou určiť, do akej miery ovplyvňuje „učenie sa praxou“ fungovanie spoločností v segmente biznis letectva. Na zistenie toho, či v skutočnosti má, a do akej miery „učenie sa praxou“, resp. dobré meno spoločnosti a jej znalosti, vplyv na úsporu zo skúsenosti, by bol potrebný ďalší výskum tejto problematiky v segmente biznis letectva.

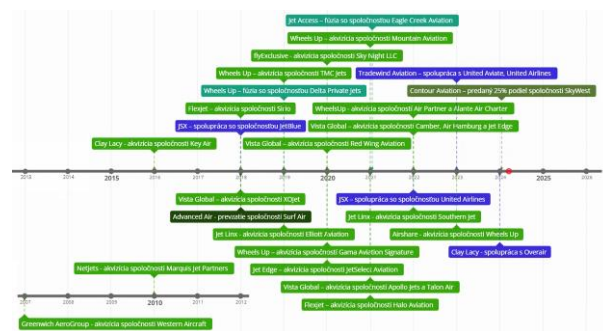
4.4. Analýza produktového portfólia BA spoločností

Medzi kľúčové produkty BA spoločností patrí napríklad program frakčného vlastníctva, ktorý umožňuje klientom vlastniť podiel na lietadle a využívať ho na základe predplatených hodín. Niektoré spoločnosti naopak ponúkajú charterovú dopravu či dlhodobý alebo krátkodobý prenájom. O programe spoločného vlastníctva hovoríme vtedy, ak si skupina klientov spoločne zakúpi lietadlo a delí sa o náklady na jeho prevádzku. Jet cards sú populárne predplatené programy, ktoré klientom umožňujú využívať lietadlá za vopred stanovenú fixnú cenu. Prevádzka pevnej základne (označovaná aj ako Fixed-Base Operator – FBO) je založená na ponuke širokej škály služieb pre biznis letectvo na zemi ako je hangárovanie lietadla, jeho plánovanie, údržba či tankovanie.

Analýzou produktového portfólia 19 biznis leteckých spoločností bolo zistené, že medzi najrozšírenejšie služby patria ponúkané charterové lety a ponuka jet cards. Okrem týchto služieb sa môžeme stretnúť v produktovom portfóliu aj s ponúkaním frakčného vlastníctva, FBO služieb, empty legs alebo iných doplnkových služieb v podobe predaja lietadla, úpravy interiéru či pravidelnej leteckej linky.

4.5. Analýza akvizícií a spoluprác spoločností

Akvizície a spolupráce BA spoločností sú efektívnym spôsobom, ako expandovať na nové, zahraničné trhy či získať nových zákazníkov v konkurenčnom segmente biznis letectva.



Obrázok 3. Prehľad akvizícií, fúzií a spoluprác analyzovaných spoločností od roku 2007 až po súčasnosť
Zdroj: [Vlastné spracovanie na základe databázy [24]]

Z obrázku 3, ktorý znázorňuje prehľad akvizícií, fúzií a spoluprác analyzovaných biznis leteckých spoločností od roku 2007 až po súčasnosť, vyplýva, že trend akvizícií nastáva až v roku 2018, kedy sa ich počet zvyšuje. Do roku 2018 bolo uskutočnených len niekoľko akvizícií.

4.6. Charakteristika segmentu biznis letectva v USA Porterovou analýzou piatich síl

Na charakteristiku segmentu biznis letectva budeme využívať Porterovu analýzu piatich síl. Tento model je často používaný na jasné definovanie segmentu, identifikáciu kľúčových hráčov, posúdenie strategických silných stránok segmentu, analýzu štruktúry odvetvia či zhodnotenia spomínaných piatich Porterových síl, ktorými sú konkurencia v segmente, hrozba a potenciál nových spoločností na trhu, vyjednávacia sila dodávateľov, vyjednávacia sila zákazníkov a hrozba substitútov [25].

4.6.1. Konkurencia v segmente

Konkurencia v segmente má svoje výhody a nevýhody. Boj medzi konkurenčnými spoločnosťami na trhu môže viesť k cenovým vojnám, narušeniu stability trhu. Napriek tomu je zdravá konkurencieschopnosť jedným zo základných stimulov spoločnosti k výrobe a poskytovaniu lepších produktov. Spravidla platí, že čím je konkurenčných podnikov v segmente viac, tým výraznejšia je aj ich vzájomná rivalita. Pokiaľ trh expanduje rýchlo, konkurencia v odvetví je menej výrazná, rast trhu je taký rýchly, že konkurujúce podniky nemajú potrebu bojovať o zákazníkov [25]. Nami analyzovaná časť segmentu nie je koncentrovaná. Trh je fragmentovaný, čo podnecuje segment biznis letectva k vysokej konkurencii a vo výsledku k vyššej kvalite poskytovaných služieb, väčšiemu výberu pre zákazníka a neustálym inováciám v oblasti technológií a konštrukcii lietadiel.

4.6.2. Hrozba a potenciál nových spoločností na trhu

Za posledných 5 rokov bola z analyzovaných 19 spoločností založená len jedna spoločnosť v segmente biznis letectva. Napriek tomu si dokázala za toto obdobie vybudovať silné postavenie na trhu. Potenciál na založenie nových biznis spoločností na trhu je, a to hlavne na menšej, regionálnej úrovni. Takéto regionálne biznis letecké spoločnosti však nepredstavujú pre tých najväčších hráčov v segmente hrozbu. Dobré meno popredných spoločností a absencia know-how je ďalším faktorom, ktorý môže ovplyvniť založenie novej spoločnosti. Výhodou dlhšie pôsobiacich spoločností môžu byť taktiež úspory zo skúseností. Odvetvie leteckej dopravy v mnohých ohľadoch podlieha prísny reguláciám a bezpečnostným štandardom, čo môže odradiť potenciálne nové spoločnosti vstúpiť na trh. V súčasnosti sa navyše dostáva do popredia trend akvizícií v odvetví. Je preto otáznne, či by nedošlo v priebehu pôsobenia na trhu k akvizícii či fúzii inou spoločnosťou z dôvodu expanzie na nové trhy či získania nových lietadiel.

4.6.3. Vyjednávacia sila dodávateľov

Zatiaľ čo je segment biznis letectva z pohľadu spoločností fragmentovaný, trh výrobcov biznis lietadiel je vysoko konsolidovaný. Indikujúci vysoký trhovú podiel najväčších výrobcov BA lietadiel [26] zvyšuje ich vyjednávaciu silu, a to aj vďaka tomu, že segment biznis letectva je jedinečný svojimi špecifickými požiadavkami na lietadlá. Okrem faktorov ako počet dodávateľov na trhu, výška nákladov na zmenu dodávateľa, ktoré ovplyvňujú vyjednávaciu silu, zohráva kľúčovú úlohu aj jedinečnosť lietadla. Ak dodávateľ poskytuje jedinečné lietadlo alebo nie je možné zaň nájsť adekvátnu náhradu, je dominantnejší, čo znemožňuje spoločnostiam ľahko prejsť k iným výrobcom. O tom, akú veľkú vyjednávaciu silu majú popredný výrobcovia svedčí aj fakt, že cena tých najmodernejších biznis lietadiel sa pohybuje v desiatkach miliónov dolárov [27].

4.6.4. Vyjednávacia sila zákazníkov

V segmente biznis letectva je vyjednávacia sila zákazníkov vysoká. Takáto sila zákazníkov môže vyvíjať tlak na spoločnosti vytvárať a ponúkať lepšie produkty. Zákazník využíva biznis leteckú dopravu z troch hlavných dôvodov – výrazná úspora času, väčší komfort a flexibilita lietania. Veľa biznis leteckých spoločností ponúka lety na lietadlách majetných ľudí v čase, keď

ich nevyužívajú. Vlastníkom lietadla nie je spoločnosť ale zákazník, ktorý má právo diskutovať o podmienkach, cene prenájmu a výhodách, ktoré z toho pre zákazníka vyplývajú. Vysokú vyjednávaciu silu zákazníkov v segmente biznis letectva posilňuje aj faktor nákladov na zmenu dodávateľa. Vďaka širokej dostupnosti biznis spoločností si zákazník môže bezplatne a s minimálnym úsilím vybrať z ponuky tú, ktorá mu v daný deň najviac vyhovuje. Nízke náklady na zmenu dodávateľa tak dávajú zákazníkom silnú pozíciu pri vyjednávaní o cenách a podmienkach služieb [25].

4.6.5. Hrozba substitútov

V kontexte biznis letectva substitúty nevnímame ako priamo konkurujúce služby či produkty, ale skôr ako alternatívy, ktoré by ich mohli nahradiť. Biznis letectvo sa však v priebehu desaťročí vyvinulo do špecifického odvetvia, ktoré sa prispôbilo individuálnym požiadavkám a preferenciám náročných klientov. V súčasnosti spočíva jeho najväčšia sila vo flexibilita, komforte, bezpečnosti, dostupnosti a rýchlosti. Žiadny z alternatívnych dopravných prostriedkov (vrátane pravidelnej leteckej dopravy) nedokáže ponúknuť komplexný balík týchto výhod, čím si biznis letectvo udržiava a v budúcnosti udrží silnú a nenahraditeľnú pozíciu na trhu [28].

5. Záver

Napriek nespornému ekonomickému a spoločenskému prínosu segmentu biznis letectva vo svete a jeho veľkosti, je dôležité zdôrazniť, že ide stále o segment nepreskúmaný. Dostupnosť informácií o BA spoločnostiach na území USA je značne obmedzená a ťažko prístupná. Biznis letecké spoločnosti si svoje nadobudnuté skúsenosti a know-how v segmente chránia, mnohé z nich neposkytujú informácie o ponúkaných programoch verejne.

Medzi analyzovanými spoločnosťami v segmente biznis letectva sa nachádzali aj také, ktoré mali flotilu unifikovanú – išlo predovšetkým o biznis spoločnosti s menším typom lietadiel. Vo väčšine spoločností však prevládala flotila diverzifikovaná.

Na základe analýzy a komparácii produktového portfólia analyzovaných spoločností sme zistili, že najviac rozšíreným produktom je ponuka charterových služieb a FBO. Niektoré spoločnosti poskytujú prístup k svojej flotile len prostredníctvom frakčného vlastníctva či zakúpením programu jet cards. V produktovom portfóliu spoločností sme našli aj ponuku empty legs a iných služieb ako predaj a úprava interiéru lietadiel. Kým v minulosti nebol trend akvizícií, fúzií a spoluprác spoločností v segmente biznis letectva tak silný, analýzou sme zistili, že od roku 2018 došlo k výraznému nárastu takýchto aktivít. Spomínané aktivity predstavujú efektívny nástroj na rozšírenie svojho produktového portfólia, základne zákazníkov a expanziu na zahraničné trhy.

Segment biznis letectva na území Spojených štátov amerických charakterizujeme ako trh nekoncentrovaný, teda fragmentovaný s vysokou konkurenciou. Takáto konkurencia podnecuje k vyššej kvalite poskytovaných služieb, neustálemu boju o udržanie si starého a získanie nového zákazníka, väčšiemu výberu ponúkaných služieb biznis spoločnosťami a inováciám v oblasti technológií a konštrukcii lietadiel.

Segment biznis letectva je najväčší v Spojených štátoch amerických. Vďaka rastúcemu dopytu po leteckej doprave sa očakáva medzinárodná expanzia segmentu biznis letectva aj na zahraničných geografických trhoch, najmä v Európe a Ázii. Pre komplexnú štúdiu o stave BA vo svete by bolo potrebné zrealizovať podobné analýzy aj pre tieto svetové regióny, pretože ide z pohľadu produktovej a cenovej politiky a geografickej stratégie o veľmi inovatívny a málo preskúmaný segment.

Referencie

- [1] EBAA. Icao Definition of Business Aviation. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.ebaa.org/app/uploads/2018/01/About-business-aviation-.pdf/>>. [cit. 2024-01-31].
- [2] ICAO. Study on International General and Business Aviation Access To Airports. [online]. Dostupné na internete: <https://www.icao.int/sustainability/Documents/Study_BusinessAviationAccess.pdf/>. [cit. 2024-01-31].
- [3] National Aviation Academy. Sectors of Aviation. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.naa.edu/sectors-of-aviation/>>. [cit. 2024-01-31].
- [4] FAA. Types of Operations. [online]. Dostupné na internete: <https://www.faa.gov/hazmat/air_carriers/operations/>. [cit. 2024-01-31].
- [5] WIEAND, Feff. The Whole Truth About Part 91 And Part 135. In: *bjtonline.com*. [online]. Dostupné na internete: <<https://bjtonline.com/business-jet-news/the-whole-truth-about-part-91-and-part-135/>>. [cit. 2024-01-31].
- [6] DAVID, Jessica (2023). Part 91 vs 135 vs 121: What Are The Differences? (Complete Guide). In: *PilotMall.com*. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.pilotmall.com/blogs/news/part-91-vs-135-vs-121-what-are-the-differences-complete-guide/>>. [cit. 2024-01-31].
- [7] NBAA. What is Business Aviation?. [online]. Dostupné na internete: <<https://nbaa.org/business-aviation/>>. [cit. 2024-02-01].
- [8] JETNET. JetNet IQ Pulse. [online]. Dostupné na internete: <https://www.jetnet.com/assets/uploads/iq-pulse/JETNET_iQ_Pulse_-_September_21_2023.pdf/>. [cit. 2024-02-01].
- [9] Charter Jet. The History of Private Jets: Private Aviation History. [online]. Dostupné na internete: <<https://charterjetone.com/history-of-private-jets-aviation/>>. [cit. 2024-02-01].
- [10] POPE, Stephen (2010). Editor's Desk: What business aviation's history tells us about its future. In: *bjtonline.com*. [online]. Dostupné na internete: <<https://bjtonline.com/business-jet-news/editors-desk-what-business-aviations-history-tells-us-about-its-future/>>. [cit. 2024-02-01].
- [11] Gulfstream. Gulfstream historical highlights. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.gulfstreamnews.com/en/history/>>. [cit. 2024-02-01].
- [12] JSSI. The Historical Journey of Business Aviation. [online]. Dostupné na internete: <<https://jetsupport.com/the-historical-journey-of-business-aviation/>>. [cit. 2024-02-01].
- [13] Sky Aviation Holdings. The History of Private Jet Luxury. [online]. Dostupné na internete: <<https://skyaviationholdings.com/the-history-of-private-jet-luxury/>>. [cit. 2024-02-01].
- [14] JETNET. JetNet IQ Pulse. [online]. Dostupné na internete: <https://www.jetnet.com/assets/uploads/iq-pulse/JETNET_iQ_Pulse_-_Issue_46_-_February_1_2024.pdf/>. [cit. 2024-02-02].
- [15] UnivDatos. Business Aircraft Market: Current Analysis and Forecast (2023-2030). [online]. Dostupné na internete: <https://univdatos.com/report/business-aircraft-market/?trk=article-ssr-frontend-pulse_little-text-block/>. [cit. 2024-02-02].
- [16] ROBERTS, Tony (2013). Business Aviation: Utilization, Benefits, and Value. In: *All Graduate Plan B and other Reports*. [online]. Dostupné na internete: <https://univdatos.com/report/business-aircraft-market/?trk=article-ssr-frontend-pulse_little-text-block/>. [cit. 2024-02-02].
- [17] EBAA (2018). European Business Aviation; Economic Value & Business Benefits. [online]. Dostupné na internete: <https://www.ebaa.org/app/uploads/2018/01/EBAA-Economic-report_2017_compressed.pdf/>. [cit. 2024-02-05].
- [18] EBAA (2020). European Business Aviation; Economic Value & Business Benefits. [online]. Dostupné na internete: <https://www.ebaa.org/app/uploads/2020/06/Advocacy_Roadmap_Final-1.pdf/>. [cit. 2024-02-05].
- [19] National American University. Why Is the Aviation Industry So Important?. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.national.edu/2021/06/23/why-aviation-industry-important/>>. [cit. 2024-01-31].
- [20] PANTELAKI, Evangelina a PAPTODOROU, Andreas (2022). Behind the scenes of glamour: A systematic literature review of the business aviation sector. In: *Journal of Air Transport Management*. [online]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2022.102299>. Dostupné na internete: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969699722001181/>>. [cit. 2024-02-07].
- [21] FORET, Miroslav (2011). Marketing pro začátečníky. 3. vyd. Brno. Computer Press, a. s., 184 s. ISBN 978-80-251-3763-5.
- [22] FlightBI. Top Business Aviation Companies in the US. [online]. Dostupné na internete: <<https://flightbi.com/top-business-aviation-companies-in-the-us/>>. [cit. 2024-02-07].

- [23] BUTTON, Kenneth (2010). Transport Economics. 3. vyd. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Company. 528 s. ISBN 978-1-84064-189-9.
- [24] Private Jet Card Comparisons. Private Jet Card Comparisons. [online]. Dostupné na internete: . [cit. 2024-02-10].
- [25] GRATTON, Peter (2024). Porter's Five Forces Explained and How to Use the Model. In: investopia.com. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.investopedia.com/terms/p/porter.asp/>>. [cit. 2024-04-04].
- [26] MEMON, Omar (2024). The Top 5 Private Jet Manufacturers By Market Share In The USA. In: simpleflying.com. [online]. Dostupné na internete: . [cit. 2024-04-05].
- [27] Mordor Intelligence Business Jet Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts Up To 2030. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/business-jet-market/>>. [cit. 2024-04-05].
- [28] DEPERISIO, Greg (2022). Analyzing Porter's 5 Forces Model on Delta Air Lines. In: investopia.com. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.investopedia.com/articles/markets/012816/analyzing-porters-five-forces-delta-airlines-dal.asp/>>. [cit. 2024-04-06].



PODNIKANIE V CIVILNOM LETECTVE V SR A JEHO ŠPECIFIKÁ

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

Alena Novák Sedláčková
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Abstract

*The paper deals with business activities in Slovak civil aviation from the point of view of connecting international legislation with national legislation. There are described the conditions of business activities, the requirements associated with the receiving of licenses and approximates the connection of general legal regulations of business and labor law to civil aviation. It defines the key European Union regulations and their relationship to national legislation. It analyzes business relations and their impact on the development of aviation, as well as the impact on business activities and the Commercial Code general conditions as *lex generalis*. In order to define specifics, it compares the commercial law legislation of the Slovak Republic with the Czech Republic in the primary features of establishing legal entities of airlines or airports. The paper is focused on the labor relations in aviation, as well as the issue of established trade unions. It deals in detail with the analysis of the impact of the pandemic caused by the spread of the disease COVID-19 on the civil aviation labor market as well as changes in legislation. The last part of the paper tried to identify all necessity procedures for an airline licensed in the Slovak Republic.*

Keywords

international legislation, national legislation, aviation business, business relations, labor relations, airline licensing

1. Úvod

Práca sa zameriava najmä na oblasť podnikania v civilnom letectve a požiadaviek kladených na jednotlivé vybrané oblasti. Opisuje podmienky právnej úpravy na území Slovenskej republiky v prepojení na európske právo, ako aj kritériá pre získavanie vybraných licencií. Cieľom práce je popísať prepojenie všeobecných právnych predpisov z oblasti obchodného práva a pracovného práva na civilné letectvo. Štruktúra práce postupuje od všeobecného prehľadu predpisov potrebných pre založenie a prevádzku leteckých a letiskových spoločností k detailnému rozboru predpisov pre prístup na trh v leteckej doprave. Hlavným cieľom práce je poskytnúť komplexný pohľad na podnikanie v civilnom letectve a poukázať na dôležité aspekty, ktoré ovplyvňujú civilné letectvo a jeho rozvoj.

2. Metodika a metódy skúmania

Pre komplexný prehľad témy bolo nevyhnutné priblížiť najdôležitejšie predpisy Európskej únie, ktoré sú štátnymi následne implementované do národného práva a doplnené o konkrétne požiadavky, ktoré definuje každý štát samostatne. Pre vymedzenie medzinárodného právneho rámca v oblasti civilného letectva, bolo potrebné vytvoriť základné princípy, ktorých predmetom je umožnenie medzinárodnej leteckej dopravy [1].

Podnikanie v civilnom letectve je súhrn špecifických požiadaviek a kritérií upravujúcich prevádzku letísk, zakladanie leteckých a letiskových spoločností, prístup na trh so službami ako aj ich poskytovanie (ako napr. pozemné odbavenie cestujúcich, catering, odmrazovanie..) a ďalšie činnosti spojené s prevádzkou, ale aj licencovaním, či získavaním osvedčení.

S ohľadom na medzinárodne ustanovené pravidlá je slovenská právna úprava tejto oblasti v súlade s Európskou, ktorej

základné podmienky sa zhodujú s podmienkami národnej legislatívy, ktorá ich dopĺňa o národné špecifiká. Právnu základňu pre oblasť podnikania leteckých spoločností tvorí Nariadenie (ES) č. 1008/2008 o spoločných pravidlách prevádzky leteckých dopravných služieb v Spoločenstve a Nariadenie komisie (ES) č. 965/2012, ktoré ustanovuje technické požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa leteckej prevádzky v súlade s Nariadením Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008 o spoločných pravidlách v oblasti civilného letectva a zriadení Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva. V oblasti letísk je to Nariadenie komisie (EÚ) č. 139/2014, ktorým sa stanovujú požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa letísk cestujúcich a nákladu a pozemnej obsluhy lietadiel.

3. Pravidlá prevádzky leteckých dopravných služieb v Spoločenstve

V snahe o vytvorenie jednotnej legislatívy v oblasti leteckej dopravy, bolo prijaté Nariadenie č. 1008/2008 o prevádzke leteckých dopravných služieb v Spoločenstve (pojem spoločenstvo v súvislosti nariadenia a v kontexte práce je myslené územie Európskej únie). Nariadenie bolo prijaté za účelom zjednotenia a zharmonizovania právnych predpisov v oblasti leteckej dopravy v rámci EÚ aj za účelom jednoduchšej aplikácie do národnej legislatívy členských štátov. Upravuje monitorovanie financií, dohľad nad leteckými dopravcami a osvedčeniami leteckých prevádzkovateľov, ako aj dodržiavanie požiadaviek, podmienky poistenia, reguláciu prenájmu techniky a ďalšie oblasti súvisiace s podnikaním leteckých spoločností a vykonávaním ich hlavnej činnosti [2].

3.1. Obchodná letecká prevádzka

Je definovaná Nariadením komisie EÚ č. 965/2012, ktorým sa ustanovujú technické požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa leteckej prevádzky, pod ktoré spadá úprava ďalších

oblastí ako inšpekcií na odbavovacích plochách, ak je prevádzkovateľ z iného štátu a ich právny rámec je rozličný od práva vyhradeného týmto Nariadením. Definuje podrobný opis v súvislosti s osvedčeniami prevádzkovateľov, lietadiel (ich oprávnenia a zodpovednosť) s jeho vydávaním, zachovávaním, pozmeňovaním, obmedzeniami, pozastavovaním alebo rušením osvedčenia. Tiež popisuje podmienky pre prevádzku, s ohľadom na bezpečnosť a to práve vymedzením, čo je zakázané, obmedzené alebo nejakým spôsobom podriadené podmienkam [3].

Civilné letectvo je význačné striktnými požiadavkami na bezpečnosť. Na dosiahnutie vysokej úrovne bezpečnosti, vykonávanej obchodnej leteckej dopravy tj. leteckých dopravných služieb bolo potrebné zaviesť bezpečnostné predpisy pre letiská a to jednotne na území EÚ. Cieľom Nariadenia komisie (EÚ) č. 139/2014, ktorým sa stanovujú požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa letísk je zadefinovanie legislatívy v súlade s konceptom bezpečnosti a jeho následná jednotná aplikácia členskými štátmi EÚ. Nariadenie špecifikuje pravidlá podmienok osvedčovania letísk, za akých podmienok je možné vydať, zachovávať, pozmeniť, obmedziť, pozastaviť či zrušiť osvedčenie vydané pre letisko. Vymedzuje podmienky zodpovednosti pre osoby s osvedčením, uznávania, alebo prevodu osvedčenia členských štátov a naopak aj prípady v ktorých je zakázaná, alebo obmedzená prevádzka [4].

3.2. Prístup na trh služieb na území SR

Všeobecné podmienky a pravidlá pre prístup na trh služieb pozemnej obsluhy v rámci EÚ je aplikovaný na letiskách s ročnou prepravou (za predchádzajúci kalendárny rok) minimálne dvoch miliónov cestujúcich alebo v prípade prepravy 50 tisíc ton nákladu. Každý takýto poskytovateľ služieb, ktorý splnil jednu prípadne obe podmienky a má sídlo v členskom štáte EÚ má automaticky prístup na trh. Pokiaľ splní len jednu podmienku napríklad prepraví viac ako 50 tisíc ton nákladu prístup na trh služieb pozemnej obsluhy sa nevzťahuje na kategórie služieb určené výhradne pre cestujúcich a naopak.

V podmienkach SR je táto oblasť upravená nariadením vlády Slovenskej republiky č. 641/2005 Z.z. o prístupe na trh služieb na vybavenie cestujúcich a nákladu a pozemnej obsluhy lietadiel, sú definované kritéria vybavenia cestujúcich, nákladu a pozemnej obsluhy verejných letísk prevádzkovaných v Slovenskej republike [5].

4. Všeobecná právna úprava podnikania na území SR

Pre podnikanie v civilnom letectve je nevyhnutné dodržať podmienky zakladania obchodných spoločností, s ktorými sa v leteckej doprave najčastejšie stretávame (s. r. o. pri leteckých spoločnostiach, a. s. pri letiskových spoločnostiach). Tieto kritéria sú popísané v zákone č. 513/1991 Z.z. Obchodný zákonník v znení neskorších predpisov, ktorý upravuje postavenie podnikateľov, obchodné záväzkové vzťahy a iné vzťahy súvisiace s podnikaním [6].

4.1. Letiskové spoločnosti so sídlom na území SR

Jedným z primárnych záväzných predpisov pre letiská je zákon č. 136/2004 Z.z. o letiskových spoločnostiach v znení neskorších predpisov, ktorým sa popisuje spôsob a právne pomery

zakladania letísk ako akciových spoločností. Ide o letiská v majetku štátu, ktorý spravovala Slovenská správa letísk.

4.2. Základná právna úprava podnikania v SR v civilnom letectve

Kľúčovým pre oblasť podnikania v civilnom letectve je zákon č. 143/1998 Z.z. o civilnom letectve v znení neskorších predpisov. Zo zákona vyplývajú primárne podmienky, ktorými sú:

a. osvedčenie leteckého prevádzkovateľa

b. licencia na vykonávanie obchodnej leteckej dopravy

Národná úprava je v súlade s európskou, kde je predmetom sekundárneho práva (nariadenia, smernice) a tie sú implementované do právneho systému SR. Letecký zákon vymedzuje pravidlá pre vykonávanie letov na území SR v súlade s pravidlami lietania pre civilné letectvo. Popisuje spôsobilosť, ako aj oprávnenia leteckého personálu a lietadlovej techniky. Ustanovuje aj vedenie registra lietadiel, zakladanie a prevádzkovanie letísk a s ním súvisiacich pozemných zariadení, ale aj výkon leteckej dopravy ako takej a ďalšie formy podnikania. Zákon sa vzťahuje aj na prevádzku lietadiel, ktoré sú v registri lietadiel vedenom v SR, ktoré dočasne nie sú na území SR [17]. Na území Slovenskej republiky dohliadajú, vydávajú osvedčenia a povolenia, ale aj udeľujú sankcie Dopravný úrad a Ministerstvo dopravy SR.

4.3. Letiská

Ministerstvo dopravy spolu s orgánmi štátnej správy a obcí na základe dohody vydá súhlas na zriadenie, vykonávanie zmien (zmena spôsobu/účelu využitia) a rušenie civilného letiska. Vo vyjadrení ministerstva je uvedený účel, za ktorým je letisko zriadené, jeho podmienky a prípadné obmedzenia pre bezpečný chod leteckej prevádzky. Zároveň sa tým zaručuje ochrana životného prostredia spojená s hlukom a emisiami. Pre vydanie súhlasu zabezpečuje ministerstvo konanie o udelení súhlasu. Prevádzka letiska je podmienená povolením od Dopravného úradu, ktorý vymedzuje užívateľov letiska, určenie letov (medzinárodne, vnútroštátne) a kategorizáciu prevádzkovo technických špecifik. Je nutné dodržiavať všetky podmienky uvedené Dopravným úradom pre zaistenie bezpečnosti a ochrany životného prostredia. Povolenie je vydané po preskúmaní aspektov, ako prepojenie letiska a jeho infraštruktúry, vybavenie letiska a akým spôsobom je zabezpečená letecká prevádzka so zamýšľanou prevádzkou letiska. Ak nie sú splnené všetky podmienky, Dopravný úrad má právo prerušiť, či obmedziť prevádzku letiska. Prevádzka letiska je podmienená rozhodnutím ministerstva, ktoré môže z hľadiska plynulosti prevádzky regulovať pridelovanie intervalov využívania letiska. Zároveň je oprávnené ministerstvo poveriť inú osobu ako prevádzkovateľa na koordináciu činnosti. Ministerstvo vedie evidenciu platných povolení, ktoré sú k nahliadnutiu po preukázaní právneho záujmu

4.4. Prevádzková licencia

Tuzemský letecký dopravca môže vykonávať leteckú dopravu za odplatu len na základe ministerstvom udelennej prevádzkovej licencie, ktorá je neprenosná. Licencia umožňuje vykonávať obchodnú leteckú dopravu za odplatu. Letecký dopravca preukazuje bezúhonnosť, ktorá je preukázaná výpisom z registra

trestov, ktorý nie je starší ako šesť mesiacov. Je potrebné preukázať, že žiadateľ o licenciu nebol nijakým spôsobom spájaný s trestným činom súvisiacim s civilným letectvom, ale aj akýmkoľvek iným trestným činom. Podnikaním právnických osôb vzniká táto povinnosť pre všetkých členov štatutárneho orgánu. Splnenie odbornej spôsobilosti sa preukazuje dokladom o ukončenom stredoškolskom alebo vysokoškolskom vzdelaní v oblasti dopravného, ekonomického, technického alebo právneho zamerania. Zároveň je potrebná najmenej trojročná odborná prax v civilnom letectve (v prípade právnickej osoby podmienku odbornej spôsobilosti spĺňa štatutárny orgán, alebo minimálne jeden člen zo štatutárneho orgánu). Finančná spôsobilosť na vykonávanie zmysluplnej leteckej dopravy. Podmienky sú prepojené s Nariadením Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1008/2008 o spoločných pravidlách prevádzky leteckých dopravných služieb v Spoločenstve a preukazuje sa vypracovaním obchodného plánu na dva roky a dostatočným finančným kapitálom bez ohľadu na príjmy v období minimálne troch mesiacov. Fyzické osoby preukazujú trvalý pobyt a občianstvo SR, pri právnických osobách je potrebné mať sídlo na SR a zápis v obchodnom registri SR. Je potrebné preukázať, že podiel majetkových práv spoločnosti je vo väčšinovom vlastníctve fyzických osôb so štátnym občianstvom SR. Žiadateľ o udelenie licencie čestným vyhlásením preukazuje, že jeho majetok v posledných piatich rokoch nebol v konkurznom konaní. Nevyhnutné je preukázanie, že hlavný predmet podnikania je letecká doprava samostatne alebo obchodná letecká doprava s iným využívaním lietadiel alebo ich údržbou či opravou. Pre získanie licencie je potrebné mať AOC a poistenie zodpovednosti prevádzkovateľa lietadla.

4.5. Osvedčenie leteckého prevádzkovateľa (AOC)

Umožňuje fyzickým a právnickým osobám prevádzku lietadla ako letecký dopravca. AOC definuje typ lietadla, rozsah povolenej činnosti a podmienky pre vykonávanie povolenej činnosti. Pre leteckých dopravcov je potrebné na účely obchodnej prevádzky, prepravu cestujúcich alebo nákladu. AOC na území SR vydáva Dopravný úrad.

Na vydanie AOC je potrebné preukázať:

- vlastnícke/užívacie právo na aspoň jedno lietadlo, ktoré je zapísané do registra lietadiel,
- primeraný systém vnútri organizácie a činnosť, ako bezpečne prevádzkovať lietadlá pri vykonávanej leteckej doprave/činnosti,
- definovať aj akým spôsobom je zachovaná letová spôsobilosť lietadlovej techniky a odbornú spôsobilosť leteckého personálu a návrh predložený na bezpečnostný program ochrany pred činnými protiprávnymi zasahovaniami,
- pokiaľ je vydané AOC povolené v rozsahu, ktorý dovoľuje vykonávať údržbu a opravu lietadiel môže držiteľ osvedčenia leteckého prevádzkovateľa vykonávať tieto činnosti,
- ministerstvo vydá všeobecný záväzný predpis, ktorý určuje podmienky, ďalšie potrebné údaje a spôsob preukázania na predloženie pre vydanie AOC,

- prevádzkovateľ lietadla má povinnosť uzatvoriť zmluvu o poistení, kde sa definuje zodpovednosť za škodu, ktorá vzniká prevádzkou lietadla [17].

4.6. Konkrétne špecifiká právnej úpravy podnikania v oblasti leteckej dopravy v SR oproti právnej úprave Českej republiky

Na vymedzenie špecifik slovenskej právnej úpravy (podľa Obchodného zákonníka) v oblasti podnikania je v práci na tento účel spracované porovnanie primárnych charakteristických znakov zakladania spoločností s právnou úpravou Českej republiky. Toto porovnanie je spracované z pohľadu všeobecnej terminológie v zákone č. 89/2012 Zb. Občiansky zákonník, ktorý od roku 2012 prevzal pôsobnosť aj v oblasti obchodného práva a lex specialis k zákonu č. 90/2012 Sb. zákon o obchodných spoločnostiach a družstvách (zákon o obchodných korporáciách) v znení neskorších predpisov [18]. Tieto rozdiely sú zamerané na spoločnosti s ručením obmedzeným a akciové spoločnosti, práve kvôli ich najpočetnejšiemu zastúpeniu v leteckej doprave.

V národnej legislatíve oboch štátov je možné nájsť mnoho spoločných znakov. Celkový proces zakladania spoločností s ručením obmedzeným (založenie spoločnosti s ručením obmedzeným, ktoré v letectve majú zastúpenie práve pri podnikaní leteckých spoločností) je v SR v porovnaní s Českou republikou zdĺhavejší nakoľko sa v ČR návštevu notárskej kancelárie dá kompletne vybaviť založenie, ako aj zápis do OR. Z uvedených bodov vyplýva aj, že je finančne náročnejší proces zakladania spoločnosti na území SR.

Pre akciové spoločnosti boli na základe ďalšej analýzy slovenskej a českej legislatívy v tejto oblasti identifikované niektoré rozdiely, ktoré viedli k vytýčeniu špecifik slovenskej legislatívy. Medzi vyššie uvedené patrí rozdielnosť založenia akciových spoločností, ktoré v letectve majú zastúpenie práve pri podnikaní letiskových spoločností, ktoré prevádzkujú letiská. Naprieč dlhému a zložitému procesu zakladania a. s. sú špecifiká zamerané len na niektoré z hlavných rozdielov právnej úpravy [20]. Samotné založenie je podmienené zakladateľskou zmluvou/listinou vo forme verejnej listiny.

5. Pracovnoprávne vzťahy v letectve

Týkajú sa právnych predpisov a zásad, ktoré definujú vzťah medzi zamestnávateľmi a zamestnancami. V praxi sa tieto vzťahy najčastejšie formujú uzatvorením pracovnej zmluvy, ktorá tvorí zmluvný vzťah medzi zamestnávateľom a zamestnancom. V civilnom letectve však máme aj špecifické inštitúty a vzťahy, ktoré vznikajú a neradia sa pracovnoprávnymi ani obdobnými predpismi a to je napr. činnosť pilota, ktorý podniká na základe živnostenského oprávnenia a poskytuje službu pilota, kedy uzatvára s leteckou spoločnosťou obchodnoprávny záväzkový vzťah. V takomto prípade je letecká spoločnosť objednávateľom služby a pilot je podnikateľ na základe živnostenského oprávnenia, ktorý poskytuje službu pilota. Môže ísť aj o obchodnú leteckú spoločnosť, ktorá má poskytovanie služieb pilotovania lietadla v predmete svojho podnikania. Niektoré letecké spoločnosti majú vnútornú politiku podniku nastavenú práve týmto smerom. Ide najmä o zbavenie sa zodpovednosti zamestnávateľa voči zamestnancovi, kedy pri objednaní služby pilota získavajú určité výhody. Rozdiel medzi týmito dvomi prístupmi výkonu činnosti je popísaný nižšie v tabuľke.

Okrem vyššie uvedených príkladov, je v civilnom letectve mnoho pozícií, kedy zamestnanci uzatvárajú pracovnoprávny vzťah na základe *lex specialis* (= uplatniteľnosť osobitných zákonov pre jednotlivé pozície) k zákonu č. 311/2001 Z.z. Zákonníku práce v znení neskorších predpisov (ďalej len „Zákonník práce“), ktorým sú zákon o štátnej službe alebo zákon o výkone práce vo verejnom záujme. To sa týka povolanií ako štátny radca na ministerstve dopravy kde je pracovnoprávny vzťah podmienený zákonom č. 55/2017 Z.z. o štátnej službe v znení neskorších predpisov. Piloti, technici údržby, administratívni pracovníci na Leteckom útvare Ministerstva vnútra SR (vládna letka) majú pracovnoprávny vzťah upravený zákonom č. 552/2003 Z.z. o výkone práce vo verejnom záujme v znení neskorších predpisov, rovnako v postavení *lex specialis* k zákonníku práce.

5.1. Odbory v letectve ako súčasť pracovnoprávných vzťahov

V prípadoch kedy zamestnanci, alebo skupina zamestnancov má snahu zlepšiť svoje postavenie v danej spoločnosti pre prospech všetkých alebo zastáva názor viacerých zamestnancov, ich združením sa vytvárajú odbory. Odbory sú prínosné najmä v prípadoch dojednávania zlepšenia pracovných podmienok (zvyšovanie miezd, benefity, ochrana práv zamestnancov...). Veľmi dôležitým faktorom v tomto ohľade je kolektívna sila, čo môže pôsobiť ako silnejší hlas v rokovaní s vedením spoločnosti.

6. Výsledky

Podnikanie v civilnom letectve patrí medzi veľmi špecifický druh výkonu podnikateľskej činnosti. Spadá pod právnu reguláciu na medzinárodnej úrovni, ktorú štáty implementujú do svojho národného práva a dopĺňajú ho.

6.1. Letecké spoločnosti zakladané na území Slovenskej republiky

Samotné zakladanie leteckej spoločnosti je podmienené viacerými zákonmi. Primárnu právnu základňu tvorí Obchodný zákonník, na základe ktorého, si potenciálny podnikateľ zvolí právnu formu podniku – s. r. o. alebo a. s., ktoré sú najviac zastúpené v oblasti civilného letectva. Je na osobných preferenciách, ktorú formu si podnikatelia vyberú. Z praxe je známe, že letecké spoločnosti majú zväčša formu spoločností s ručením obmedzeným. Je to najmä kvôli ručeniu v spoločnosti, ktoré je v tomto prípade vymedzené na ručenie spoločníkov do výšky svojho nesplateného vkladu, naopak pri a. s. je ručenie spoločnosti do výšky nominálnej hodnoty akcií (maximálna hodnota akcií).

Európska právna úprava popisujúca túto oblasť je uvedená v prvej časti tohto článku. Ďalším záväzným predpisom na úrovni národného práva je Letecký zákon a ním stanovené podmienky uvedené v tretej časti tohto článku. Proces osvedčovania je však veľmi komplexný, a je v súlade s legislatívou, ktorá je priamo popísaná aj na stránkach Dopravného úradu. Popisuje štyri etapy počas ktorých sa posudzuje splnenie kritérií kladených na prevádzkovateľa.

6.2. Zakladanie leteckej spoločnosti

Primárne je nevyhnutné stanoviť podnikateľský zámer v rámci celého kolektívu podieľajúceho sa na vytváraní dokumentov

pred založením leteckej spoločnosti, so zreteľom na analýzu trhu a konkurencie, voči cieľovému trhu, na ktorom bude letecká spoločnosť pôsobiť. Po zadeinovaní hlavných cieľov a analýze informácií je potrebné vypracovať podnikateľský plán, ktorého obsahom je financovanie, politika podniku, nákup techniky, získanie osvedčení a marketing. Štúdia uskutočniteľnosti predstavuje počiatočnú fázu pred samotným projektom, vyhotovenie dokumentov, ktoré hodnotia realnosť podnikateľského zámeru. Je potrebné prehodnotiť všetky údaje vrátane kalkulácií, technických aspektov, ekonomických a následne poskytnúť odporúčania pre realizačný tím. V ďalšom kroku, je potrebné stanoviť personál pre každú oblasť týkajúcu sa leteckej spoločnosti, zakladania, riadenia, štruktúry, ale aj financovania, techniky, marketingu a ostatných aspektov, týkajúcich sa prevádzky. Je nevyhnutné posúdiť všetky riziká a splniť súlad s predpismi.

6.3. Osvedčovanie a udelenie licencie

Na základe prepojenia požiadaviek na letecké spoločnosti v spojitosti s podnikaním z Nariadení, ktorými sú Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1008/2008 o spoločných pravidlách prevádzky leteckých dopravných služieb a Nariadenie Komisie (EÚ) č. 965/2012, ktorým sa ustanovujú technické požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa leteckej prevádzky a ich právnou úpravou pre podnikanie leteckých spoločností na území SR v Leteckom zákone, vyplýva povinnosť byť držiteľom osvedčenia leteckého prevádzkovateľa a licencie na vykonávanie obchodnej leteckej dopravy na to, aby bola letecká spoločnosť klasifikovaná ako letecký dopravca.

6.4. Osvedčenie leteckého prevádzkovateľa

Pre získanie osvedčenia je potrebné splniť všetky požiadavky legislatívy v súlade s Nariadením Komisie (ES) č. 965/2012. Na verejne dostupných stránkach Dopravného úradu je popísaný proces prerokovania, posúdenia a udelenia osvedčenia, avšak nepopisuje nevyhnutné kroky, ktoré je potrebné vykonať pred začatím tohto procesu. Žiadateľ o osvedčenie leteckého prevádzkovateľa pred zaslaním žiadosti o osvedčenie, vykonáva množstvo krokov. Umožňuje prevádzkovať lietadlo ako letecký dopravca. Zároveň potvrdzuje, že prevádzkovateľ má dostatočné profesijne znalosti a vnútornú organizáciu leteckej spoločnosti, ktorá je schopná vykonávať činnosť špecifikovanú v osvedčení v súlade s bezpečnosťou.

Po predložení svojho projektu a konzultácii s Dopravným úradom prevádzkovateľ podá žiadosť o vydanie AOC. V druhej etape sa predkladá AOC a príslušné EASA formuláre. Všetky potrebné dokumenty v tomto kroku sú zverejnené na stránkach Dopravného úradu. Do 90 dní pred začiatkom prevádzky žiadateľ doručí Dopravnému úradu žiadosť o vydanie AOC a prevádzkové príručky (OM-A, OM-B, OM-CM OM-D) do 60 dní pred začiatkom prevádzky. Súčasne s predložením žiadosti o vydanie AOC je nevyhnutné deklarovat registráciu minimálne jedného lietadla, ktoré bude letecká spoločnosť využívať. Do tretej etapy spadá vyhodnocovanie procesu, kde Dopravný úrad preveruje všetky predložené dokumenty a ich súlad s požiadavkami príslušných legislatív a technických noriem a predpisov. Poslednou štvrtou etapou Dopravný úrad vydá osvedčenie leteckého prevádzkovateľa po splnení všetkých podmienok a odstránení náleзов. Po splnení a overení všetkých vyššie spomenutých požiadaviek je vystavené AOC na dobu neurčitú [27].

6.5. Prevádzková licencia

Prevádzková licencia je vydaná iba v prípade ak sa dodržia všetky podmienky Európskej a národnej legislatívy. Oprávňuje leteckú spoločnosť poskytovať letecké dopravné služby, čím sa myslí preprava cestujúcich, nákladu a pošty za odplatu. Prevádzkovú licenciu vydáva v SR Ministerstvo dopravy – odbor civilného letectva. Pri žiadosti o vydanie prevádzkovej licencie je potrebné predložiť:

- opis leteckej dopravnej činnosti, spolu s určením lietadiel, ktoré majú k leteckej doprave slúžiť,
- opis leteckej dopravnej činnosti, spolu s určením lietadiel, ktoré majú k leteckej doprave slúžiť. To je zabezpečené dokumentmi, ktoré sú vypracované v rámci podnikateľského plánu spolu s technickým manažérom, ktorý sa zaoberá flotilou lietadiel – hlavný cieľ projektu,
- základné informácie o spoločnosti – popisujú vnútornú vlastnú štruktúru podniku v ktorej sú uvedené aj základné informácie o leteckej spoločnosti ako sídlo, konatelia, miesto zápisu do obchodného registra (musí byť v registri slovenskej republiky) a ďalšie. V súvislosti s poskytnutím informácií o spoločnosti je potrebné predložiť aj zakladateľskú listinu. základnými informáciami o spoločnosti sa zaoberá projektový manažér,
- osvedčenie leteckého prevádzkovateľa
- organizačná štruktúra leteckej spoločnosti – kde sídlia hlavné prevádzky, funkcie a povinnosti zodpovedných vedúcich pracovníkov pre udržanie požadovanej odbornej starostlivosti o cestujúcich, bezpečnosť a celkovom chode prevádzky – manažment podniku, hlavná báza,
- prepravné podmienky určenie reklamačného poriadku spolu s popisáním kompenzácie pre cestujúcich v prípade neuskutočnenia prepravy,
- vzor prepravného dokladu, ktorý chce letecká spoločnosť predávať,
- pozemné zabezpečovanie leteckej dopravy, ktoré popisuje údaje domovského letiska (priestory, odhavovanie cestujúcich nákladu a kópie zmlúv na základe ktorých budú tieto služby poskytované,
- systém riadenia kvality, spôsob akým budú informovať cestujúcich s letovým poriadkom, tarifami a prepravnými podmienkami,
- plán obchodnej činnosti, ktorým sa zaoberá obchodný manažér a vytvára obchodný plán,
- preukázanie finančnej spôsobilosti na základe vypracovaného finančného plánu. predkladajú sa aj dokumenty na preukázanie poistenia zodpovednosti prevádzkovateľa lietadla a poistenie zodpovednosti zo zmluvy o preprave.

Letecká spoločnosť podá žiadosť o vydanie prevádzkovej licencie. Následne ministerstvo preverí obsah žiadosti spolu so všetkými informáciami o leteckej spoločnosti kde sa uvádzajú informácie o jej štruktúre, prevádzkových plánoch, lietadlovej technike, zodpovedných vedúcich, financovaní a bezpečnostných postupoch. Pri preverovaní obsahu informácií,

ktoré je potrebné poskytnúť ministerstvu sa kontroluje či boli doručené všetky dokumenty potrebné na udelenie licencie a to pre prípad, ak je potrebné doručiť chýbajúcu dokumentáciu. Ministerstvo môže vykonať kontrolu leteckej spoločnosti za účelom preverenia splnenia požiadaviek spojených s udelením licencie. Posudzujú sa dokumenty, kontrola lietadiel a zariadení spojených s prevádzkou. Za podmienky splnenia všetkých podmienok v súlade s požiadavkami príslušných legislatív a kontrole leteckej spoločnosti ministerstvo vydá prevádzkovú licenciu [28].

7. Záver

Založenie leteckej alebo letiskovej spoločnosti predstavuje komplexný proces, ktorý je nevyhnutné zhodnotiť, aplikovať a splniť pre úspešné založenie podniku. Predstavuje mnoho predpisov a podmienok od Európskeho práva po národné právo štátu a ďalšie špecifikácie, odvíjajúce sa od hlavného sídla podniku. To isté platí aj v prípade podnikateľských aktivít, ako prístupu na trh v oblasti civilného letectva, ktorý taktiež podlieha striktnnej regulácii. Všetky podmienky a povinnosti sú navzájom prepojené a dopĺňajú sa. Neoddeliteľnou súčasťou podnikania sú aj obchodné vzťahy s ostatnými spoločnosťami a štátmi, ktoré vytvárajú prepojenie medzi jednotlivými územiaми a ich vzájomnú spoluprácu s posilnením postavenia na trhu. Obchodné vzťahy sú kľúčové pre úspešné fungovanie leteckých, ale aj letiskových spoločností. Špecifiká vytyčené legislatívou na území Slovenskej republiky sú definované Leteckým zákonom, ktorý tvorí právnu základňu podnikania v civilnom letectve. Dôležitý je aj Obchodný zákonník pre vytyčenie základných povinností pri zakladaní podniku. Obchodným právom sa popisujú aj podmienky pre obchodné vzťahy medzi jednotlivými spoločnosťami, ale aj postavenie zamestnanca voči zamestnávateľovi a opačne. Pracovnoprávne vzťahy určujú základné práva a povinnosti zamestnancov a popisujú ich pravidlá. Nakoľko sa v civilnom letectve vyskytuje aj podnikanie na živnosť je potrebné sa oboznámiť aj so základnými povinnosťami a právami v tejto oblasti. Legislatívny rámec popisuje podmienky a povinnosti podnikateľov pri samotnom zakladaní podniku. Pred samotným založením leteckej, alebo letiskovej spoločnosti je nevyhnutné zvážiť a analyzovať rôzne aspekty zmysľaného projektu. Na vytvorenie fungujúcej spoločnosti je potrebná dôkladná príprava, splnenie prísnych legislatívnych požiadaviek a budovanie strategických partnerstiev. Z tohto hľadiska je potrebné priblížiť jednotlivé kroky, ktoré sú neoddeliteľnou súčasťou pred samotným požiadanim o vydanie osvedčenia leteckého prevádzkovateľa a prevádzkovej licencie.

Referencie

- [1] ICAO, „The History of ICAO and the Chicago Convention,“ [Online]. Available: <https://www.icao.int/about-icao/History/Pages/default.aspx>. [Cit. 3 4 2024].
- [2] „Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1008/2008 o spoločných pravidlách prevádzky leteckých dopravných služieb v Spoločenstve,“ 24 9 2008. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/SK/ALL/?uri=CELEX%3A32008R1008>. [Cit. 3 4 2024].
- [3] „Nariadenie Komisie (EÚ) č. 965/2012 ktorým sa ustanovujú technické požiadavky a administratívne

- postupy týkajúce sa leteckej prevádzky podľa nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 216/2008,“ 5 10 2012. [Online]. Available: <https://eurlex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=CELEX%3A32012R0965>. [Cit. 3 4 2024].
- [4] „Nariadenie Komisie (EÚ) č. 139/2014, ktorým sa ustanovujú požiadavky a administratívne postupy týkajúce sa letísk podľa nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) č 216/2008,“ 12 2 2014. [Online]. Available: <https://eurlex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/?uri=CELEX%3A32014R0139#d1e32-31-1>. [Cit. 14 4 2024].
- [5] „Nariadenie vlády Slovenskej republiky číslo 641/2005 Z.z. o prístupe na trh služieb na vybavenie cestujúcich a nákladu a pozemnej obsluhy lietadiel vznení neskorších predpisov,“ [Online]. Available: <https://www.slovlex.sk/pravnepredpisy/SK/ZZ/2005/641/>. [Cit. 3 4 2024].
- [6] „Zákon č. 513/1991 Z.b. Obchodný zákonník v znení neskorších predpisov,“ [Online]. Available: <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/1991/513/>.
- [7] P. Pohorelá, „podnikajte.sk, právne formy,“ 31. 10. 2020. [Online]. Available: <https://www.podnikajte.sk/pravne-formy/fyzicka-pravnicka-osoba>. [Cit. 14. 04. 2024].
- [8] M. Hrebík, „foaf.sk, Obchodný register,“ [Online]. Available: <https://foaf.sk/clanky/obchodny-register-co-je-ako-funguje-a-co-tam-najdete/>. [Cit. 14. 04. 2024]. Diplomová práca 98
- [9] PROFESIA, „§ 60 Živnostenský register,“ 10. 07. 2020. [Online]. Available: <https://www.profesia.sk/kariera-v-kocke/legislativa/455-1991/60-zivnostenskyregister/>. [Cit. 14. 04. 2024].
- [10] „Slov-lex, vlastnícke právo,“ 08. 09. 2020. [Online]. Available: <https://www.slovlex.sk/zoznam-tezaurov/-/tezaurus/koncept/-SK-tezaury-1-1-koncepty-198>. [Cit. 14. 04. 2024].
- [11] P. Vargicová, „podnikajte.sk,“ 22. 12. 2023. [Online]. Available: <https://www.podnikajte.sk/obchodne-pravo/zvysenie-sudnych-a-spravnychpoplatkov-od-1-4-2024>. [Cit. 14. 04. 2024].
- [12] s. SroOnline, „S.R.O. alebo akciová spoločnosť,“ [Online]. Available: https://www.sroonline.sk/blog_clanok_sro-alebo-akciová-spolocnost. [Cit. 14. 04. 2024].
- [13] „Zákon č. 455/1991 Zb. o živnostenskom podnikaní (živnostenský zákon) v znení neskorších predpisov,“ [Online]. Available: <https://www.slovlex.sk/pravnepredpisy/SK/ZZ/1991/455/>. [Cit. 4 4 2024].
- [14] J. Poljaková, Systém medzinárodného civilného leteckého práva, Brno: Právnická fakulta Masarykova univerzita, 2009.
- [15] A. NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, Svetové letecké aliancie a code-share spolupráca leteckých spoločností, Žilina: FPEDAS, Žilinská univerzita, 2014.
- [16] „Zákon číslo 136/2004 Z.z. o letiskových spoločnostiach v znení neskorších predpisov,“ [Online].
- [17] „Zákon číslo 143/1998 Z.z. o civilnom letectve (letecký zákon) v znení neskorších predpisov,“ [Online]. Available: <https://www.slovlex.sk/pravnepredpisy/SK/ZZ/1998/143/>. [Cit. 5 4 2024].
- [18] „Zákon číslo 90/2012 Sb. o obchodných spoločnostiach a družstevch (zákon o obchodných korporáciách),“ 22 3 2012. [Online]. Available: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-90>. [Cit. 10 4 2024]. Diplomová práca 99
- [19] O. HOUSE, „Rozdíly mezi založením s.r.o. v České republice a na Slovensku,“ 16. 07. 2021. [Online]. Available: <https://www.officehouse.cz/2021/07/16/rozdiily-mezizalozenim-s-r-o-v-ceske-republice-a-na-slovensku/>. [Cit. 14. 04. 2024].
- [20] A. Ukropec, „Komparácia niektorých aspektov akciovéj spoločnosti s českou právnou úpravou,“ 14 10 2014. [Online]. Available: <https://www.epi.sk/odbornyclanok/komparacia-niektorych-aspektov-akciovéj-spolocnosti-s-ceskou-pravnouupravou.htm>. [Cit. 14 4 2024].
- [21] „Ministerstvo práce, sociálnych vecí a rodiny SR - zamestnanecká rada a dôverník,“ [Online]. Available: <https://www.employment.gov.sk/sk/praca-zamestnanost/vztahzamestnanca-zamestnavateľa/kolektivne-pracovnopravne-vztahy/zamestnaneckarada-dovernik/>. [Cit. 2024 4 20].
- [22] s. v. a. r. S. r. Ministerstvo práce, „Kolektívne pracovnoprávne vzťahy, kolektívne zmluvy,“ [Online]. Available: <https://www.employment.gov.sk/sk/pracazamestnanost/vztah-zamestnanca-zamestnavateľa/kolektivne-pracovnopravnevztahy/kolektivne-zmluvy/>. [Cit. 14. 04. 2024].
- [23] „Zákon číslo 462/2007 Z.z. o Organizácii pracovného času v doprave v znení neskorších predpisov,“ 13 9 2007. [Online]. Available: <https://www.slovlex.sk/pravnepredpisy/SK/ZZ/2007/462/>. [Cit. 14 4 2024].
- [24] A. T. A. Group, „AVIATION BENEFITS BEYOND BORDER,“ 30. 09. 2020. [Online]. Available: <https://aviationbenefits.org/downloads/aviation-benefits-beyond-borders2020/>. [Cit. 14. 04. 2024].
- [25] „Zákon číslo 213/2019 Z.z. o odplatách a o poskytovaní príspevku v civilnom letectve a o zmene a doplnení niektorých zákonov,“ 25 6 2019. [Online]. Available: <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2019/213/>. [Cit. 16 4 2024].
- [26] „Zákon číslo 341/2020 Z.z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon číslo 213/2019 Z.z. o odlatách a o poskytovaní príspevku v civilnom letectve v znení neskorších predpisov,“ 4 11 2020. [Online]. Available: <https://www.slovlex.sk/pravnepredpisy/SK/ZZ/2020/341/>. [Cit. 18 4 2024]. Diplomová práca 100

- [27] D. úrad, „Osvedčenie leteckého prevádzkovateľa,“ [Online]. Available: <http://letectvo.nsat.sk/letova-prevadzka/osvedcenie-letovejsposobilosti/monitorovanie-zachovania-letovej-sposobilosti/aoc/>. [Cit. 19. 4. 2024].
- [28] „Ministerstvo dopravy SR, Základné informácie vo vzťahu k získaniu licencie na vykonávanie obchodnej leteckej dopravy,“ 2. 5. 2023. [Online]. Available: <https://www.mindop.sk/ministerstvo-1/doprava-3/civilne-letectvo/leteckadoprava/ziskanie-prevadzkovej-licencie>. [Cit. 25. 4. 2024]



SYSTÉM RIADENIA INFORMAČNEJ BEZPEČNOSTI (ISMS) A NÁVRH JEHO IMPLEMENTÁCIE U PREVÁDZKOVATEĽA LETISKA

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

Denis Kontárová
Letové prevádzkové služby
Slovenskej republiky, štátny podnik
Ivanská cesta 93
823 07 Bratislava

Abstract

The thesis is mainly focused on solving the problem of information security management system, subsequent analysis of legislative requirements in the Slovak Republic and the EU and comparison of the current state of implementation of the information security management system in the selected area at the M. R. Štefánik Airport in Bratislava with the minimum requirements for the selected area specified in the legislation. The work is systematically divided, with the first part being devoted to introducing the reader to the issues of the information security management system. The second part is focused on the analysis of individual legislative requirements in the Slovak Republic and the EU respectively. The third part is devoted to the components of the information security management system itself. The following fourth part is the main one and deals with the elaboration of the proposal for the implementation of the information security management system at the airport operator and the comparison of the current state of implementation in the selected area at the M. R. Štefánik Airport with the minimum requirements for the given area.

Keywords

ISMS. Information Security Management System. Information Security. Risk Management. Components and Tools. Implementation Design. Airport Operator.

1. Úvod

Informačná bezpečnosť je jedným z najzaujímavejších odvetví, v ktorom sa dá pracovať. Aby ste sa však v tejto rozmanitej a náročnej profesii zorientovali, je dôležité pochopiť, ako sa za posledných niekoľko desaťročí vyvinula do dnešnej podoby a oboznámiť sa s jazykom, ktorý odborníci v tejto oblasti používajú na komunikáciu. Pred tridsiatimi alebo štyridsiatimi rokmi, keď boli informačné technológie ešte v plienkach, sa takmer vôbec nepočítalo so zamestnávaním špecializovaných pracovníkov v oblasti bezpečnosti IT. Namiesto toho boli v krízových situáciách mobilizovaní najznalejší a najskúsenejší systémoví architekti, administrátori a programátori, ktorí si museli poradiť so všetkým, čo sa na nich vrhlo. Ešte koncom 90. rokov minulého storočia neboli v netechnických podnikoch presne definované úlohy. Namiesto toho bola funkcia informačnej bezpečnosti prikrútená k iným pracovným pozíciám, ako napríklad vedúci prevádzky, správca systému, správca siete a dokonca aj manažér kvality (v závislosti od zamerania).

Cieľom článku je navrhnuť možnosť(i), ako aplikovať systém riadenia informačnej bezpečnosti v prostredí prevádzkovateľa letiska a to na základe zistení o súčasnom stave, podmienok stanovených v nariadeniach Európskej únie a odborníkov v odvetví informačnej bezpečnosti. Výstupom tak bude návrh spôsobu implementácie systému na letisku a porovnanie súčasného stavu implementácie systému riadenia informačnej bezpečnosti na letisku M. R. Štefánika v Bratislave.

2. Problematika informačnej bezpečnosti

Kybernetika sa v dnešných médiách stala všadeprítomným prívlastkom, ktorý označuje všetko, čo sa týka súkromia alebo bezpečnosti na internete. Málokedy sa stane, aby sme nepočuli alebo nečítali o kybernetickej vojne, kybernetických útokoch,

kybernetickej bezpečnosti, kyberšikane a kybernetickej bezpečnosti. Odkiaľ sa však vzal tento zvláštny prívlastok? [1]

Prvé dôkazy o používaní (okrem gréckeho koreňa znamenajúceho riadenie) pochádzajú zo 40. rokov 20. storočia, keď matematik Norbert Wiener písal o kybernetike ako o počítačových systémoch, ktoré by jedného dňa mohli fungovať na základe spätnej väzby a byť samosprávne. V 80. rokoch 20. storočia sa tento termín pridával k akémukoľvek slovu, aby znelo futuristicky alebo špičkovito, a nahradil menej cool termíny, napr. digitálny. V 90. rokoch 20. storočia sa kybernetika vyvinula v úplne novom význame, keď sa na scéne objavili erotické portály, ktoré sa vzťahovali na virtuálny chat s partnerom v dial-up IRCS a online fórach [1].

Ako roky plynuli a vyššie spomenuté portály boli do veľkej miery nahradené online pornografiou a zoznamkami, vláda si tento pojem vzala späť a armáda začala hovoriť o ďalšej zmene vojnových paradigiem, ktoré sa presunuli na bojisko kybernetiky. A s kybernetickou vojnou prišla aj kybernetická bezpečnosť, kybernetické útoky a kybernetická spravodajská služba [1].

Dnes sa kybernetika dá v podstate pripojiť k čomukoľvek, ale médiá zamerali jej používanie predovšetkým na bezpečnostný priemysel, a preto sme sa všetci stali odborníkmi na kybernetickú bezpečnosť, či sa nám to páči, alebo nie. Dôležité však je uvedomovať si rozdiely medzi jednotlivými druhmi bezpečnosti - či už sa jedná o kybernetickú alebo informačnú [1].

3. Metodika a metódy skúmania

Pri tvorbe článku boli použité viaceré metódy skúmania. V prvom rade bolo potrebné preštudovanie odbornej literatúry a legislatívy v oblasti informačnej bezpečnosti. V ďalších častiach

som využil metódu analýzy a komparácie jednotlivých legislatívnych požiadaviek na vytvorenie jednotného celku pravidiel na implementáciu systému riadenia informačnej bezpečnosti u prevádzkovateľa letiska ale aj metódu interview s bezpečnostným analytikom a interným audítorom na letisku M. R. Štefánika v Bratislave na zistenie aktuálneho stavu implementácie v mnou zvolenej oblasti a následnej komparácie s minimálnymi požiadavkami na systém riadenia informačnej bezpečnosti v určenej oblasti.

4. Výsledky

Systém ISMS je potrebné implementovať tak, aby zahŕňal tri kľúčové aspekty: riadenie, riziko a súlad (GRC). Tento rámec integruje rozmery bezpečnostného rizika a výkonnosti s cieľom určiť vhodné a vyhovujúce nástroje kontroly bezpečnosti informácií. Vhodne zvolené kontrolné nástroje účinne zabezpečujú potrebnú úroveň ochrany na dosiahnutie cieľov bezpečnosti letectva [2][3][4].

4.1. Perspektíva riadenia

Táto perspektíva kladie dôraz na zabezpečenie vedenia a riadenia na dosiahnutie cieľov organizácie. Kľúčové prvky zahŕňajú:

- Vyšší manažment preukazuje záväzky subjektu aktívnym definovaním a zabezpečením úzkej účasti na implementácii ISMS. Tým sa vytvára prístup „zhora nadol“.
- Ciele v oblasti bezpečnosti a ochrany informácií sú zosúladené a konzistentné s obchodnými cieľmi organizácie. Preskúmania vedením sú kľúčovým nástrojom na monitorovanie tohto zosúladenia.
- Stanovujú sa politiky informačnej bezpečnosti, v ktorých sa uvádzajú zásady a ciele, ktoré má subjekt dosiahnuť. Úlohy, zodpovednosti, kompetencie a zdroje sú jasne definované pre účinný systém ISMS. Okrem toho účinné komunikačné stratégie zabezpečujú jasné posielanie správ interným aj externým zainteresovaným stranám [2][3][4].

4.2. Perspektíva rizika

Riadenie rizík je v kontexte bezpečnosti letectva rozhodujúcim aspektom systému ISMS. Služi ako základ pre transparentné a efektívne rozhodovanie a stanovenie priorít kontrol a možností ošetrenia rizík. Táto perspektíva zahŕňa:

- Riziká informačnej bezpečnosti sa posudzujú, ošetrojú a monitorujú s cieľom podporiť riadenie rizík bezpečnosti letectva pre kľúčové procesy a informačné aktíva, od ktorých závisia. To zahŕňa definovanie požiadaviek na ochranu, zváženie vystavenia sa riziku a stanovenie kritérií akceptovateľnosti rizika na základe priemyselných noriem a metódik [2][3][4].

4.3. Perspektíva dodržiavania predpisov

Dodržiavanie regulačných, právnych a zmluvných požiadaviek je elementárne z pohľadu dôležitosti [2][3][4].

Z tohto hľadiska je potrebné definovať, implementovať a udržiavať potrebné ustanovenia o bezpečnosti informácií. Pravidelné monitorovanie a overovanie, ako napríklad interné audity, zabezpečujú účinnosť a súlad s týmito ustanoveniami [2][3][4].

Vychádzajúc z princípov riadenia, rizík a súladu (GRC), toto nariadenie identifikuje komplexný súbor procesov a tematických oblastí, ktoré sa považujú za nevyhnutné na vytvorenie účinného systému riadenia informačnej bezpečnosti (ISMS) [2][3][4].

Okrem týchto základných procesov je pre úspešnú implementáciu a prevádzku systému ISMS rozhodujúcich niekoľko ďalších faktorov:

- Systém ISMS by mal byť bezproblémovo integrovaný s existujúcimi procesmi organizácie, celkovou štruktúrou riadenia a bezpečnostnými opatreniami. V ideálnom prípade by mal byť čiastočne alebo úplne integrovaný so zastrešujúcim systémom riadenia zahŕňajúcim informačnú bezpečnosť, bezpečnosť letectva a riadenie kvality. To podporuje holistický prístup k riadeniu rizík a znižuje potenciálne siločary medzi týmito kritickými oblasťami.
- Pri navrhovaní procesov, postupov, systémov a kontrolných mechanizmov informačnej bezpečnosti by sa mali úvahy o informačnej bezpečnosti začleniť už v prvých fázach. Tento proaktívny prístup zabezpečuje bezproblémovú integráciu, maximalizáciu účinnosti, minimalizáciu narušenia existujúcich funkcií a optimalizáciu nákladov. Neskoršie dodatočné zavedenie opatrení na zabezpečenie informácií môže tieto výhody negovať.
- Proces riadenia rizík zohráva dôležitú úlohu pri určovaní vhodných vlastností preventívnych kontrol. Tieto kontroly by mali byť prispôbené tak, aby sa dosiahla a udržala prijateľná úroveň rizika informačnej bezpečnosti v kontexte bezpečnosti letectva.
- Efektívny proces riadenia incidentov umožňuje, aby organizácia mohla rýchlo odhaliť incidenty informačnej bezpečnosti. To si vyžaduje vopred definované úlohy, postupy, scenáre reakcie a plány, ktoré uľahčia koordinovanú, cieleňú a účinnú reakciu v prípade výskytu incidentov.
- Systém ISMS by mal byť dynamickým systémom, ktorý je neustále monitorovaný a prehodnocovaný. Zistené nedostatky a oblasti na zlepšenie by mali byť riešené prostredníctvom priebežných vylepšení. Tým sa podporuje kultúra neustáleho učenia sa a prispôsobovania, čím sa zabezpečí, že systém ISMS zostane účinný vzhľadom na vyvíjajúce sa hrozby a zraniteľnosti [2][3][4].

Vyššie uvedené základné zložky súvisia s požiadavkami v tomto nariadení, pre ktoré obrázok poskytuje vysokoúrovňové zobrazenie aspektov, ktoré sú výraznejšie vo fáze implementácie, a aspektov, ktoré charakterizujú prevádzkovú fázu, ako aj preskúmanie a možné zlepšenie, ak funkcie nefungujú podľa plánu [2][3][4].

Monitorovanie súladu

Pre účely posúdenia súladu s ustanoveniami by organizácia mala zaviesť funkciu pravidelného monitorovania miery zhody systému riadenia s príslušnými požiadavkami a primeranosti postupov vrátane zavedenia procesu vnútorného auditu a procesu riadenia rizík informačnej bezpečnosti. Ak organizácia už zaviedla funkciu monitorovania súladu podľa vykonávacieho predpisu pre svoju oblasť, takáto funkcia by mala zahŕňať monitorovanie systému riadenia s príslušnými požiadavkami v rámci rozsahu jej činností. Monitorovanie súladu by malo zahŕňať mechanizmus spätnej väzby zistení auditu zodpovednému manažérovi alebo v prípade projektových organizácií vedúcemu projektovej organizácie alebo povereným osobám, aby sa zabezpečilo vykonanie potrebných nápravných opatrení [2][3][4].

Na účely monitorovania súladu by sa mali v plánovaných intervaloch vykonávať interné audity, ktoré poskytnú vedeniu uistenie o stave ISMS a informácie o:

- súlade ISMS s požiadavkami nariadení a vlastnými požiadavkami organizácie, ktoré sú buď uvedené v politike, postupoch a zmluvách v oblasti informačnej bezpečnosti, alebo vyplývajú z cieľov informačnej bezpečnosti alebo z výsledkov procesu zaobchádzania s rizikami;
- účinnom zavádzaní a udržiavaní ISMS [2][3][4].

Vnútorné audity by sa mali riadiť nezávislým prístupom a rozhodovacím procesom založeným na dôkazoch. Okrem toho by sa pri zostavovaní programu auditu mala zohľadniť dôležitosť príslušných procesov a definície kritérií a rozsahov auditu. Mali by sa uchovávať zdokumentované informácie potvrdzujúce výsledky auditu, ich oznamovanie príslušnému vedeniu a program auditu [2][3][4].

Pri zisťovaní miery zhody s ustanoveniami by organizácia mala zaviesť a udržiavať procesy pre kontrolu bezpečnosti informácií tak, aby boli dostatočne spoľahlivé a účinné pri ochrane informácií, a zabezpečovali zásady "need-to-know" (t. j. obmedzenie prístupu k informáciám len na tie osoby, ktoré ich potrebujú na plnenie svojich povinností). Prevádzkovateľ (organizácia) by mal chrániť zdroj informácií v súlade s príslušnými ustanoveniami stanovenými v nariadení (EÚ) 2018/1139 [2][3][4].

4.4. Integrácia systému ISMS s existujúcimi systémami riadenia

Organizácia môže pri zavádzaní ISMS využiť existujúce systémy riadenia tým, že ho integruje s týmito existujúcimi systémami [2][3][4].

Integráciou ISMS s existujúcimi systémami riadenia môže organizácia znížiť úsilie a náklady potrebné na zavedenie a udržiavanie ISMS a zároveň zabezpečiť konzistentnosť a súlad s celkovým prístupom organizácie k riadeniu. Nižšie je uvedený neúplný zoznam potenciálnych synergii, ktoré možno využiť pri integrácii ISMS s existujúcim systémom riadenia:

- *Využitie existujúcich politík a postupov:* organizácia môže využiť svoje existujúce politiky a postupy ako základ pre svoj systém ISMS. To môže pomôcť

zabezpečiť konzistentnosť a minimalizovať potrebu dodatočnej dokumentácie.

- *Zosúladenie ISMS s inými systémami riadenia:* organizácia môže zosúladiť ISMS s inými systémami riadenia, ako sú systémy riadenia bezpečnosti (SMS, SeMS), aby sa zabezpečil súlad ISMS s celkovým prístupom organizácie k riadeniu.
- *Použitie existujúce procesy riadenia rizík:* organizácia môže použiť svoje existujúce procesy riadenia rizík na identifikáciu a posúdenie rizík informačnej bezpečnosti, ktoré môžu potenciálne viesť k ohrozeniu bezpečnosti leteckva.
- *Opätovné použitie existujúcich kontrolných mechanizmov:* organizácia môže opätovne použiť existujúce kontrolné mechanizmy, ako sú kontroly prístupu alebo proces riadenia incidentov, na implementáciu kontrolných mechanizmov informačnej bezpečnosti požadovaných v rámci ISMS.
- *Proces neustáleho zlepšovania:* organizácia môže využívať procesy neustáleho (kontinuálneho) zlepšovania existujúcich systémov riadenia na postupné zlepšovanie ISMS [2][3][4].

4.5. Hodnotenie rizík

Pri hodnotení rizík môžu sa použiť nižšie uvedené úrovne klasifikácie rizík pre možnosť výskytu scenára ohrozenia a závažnosť bezpečnostných následkov, to však nebráni organizácii vytvoriť ďalšie prechodné kategórie, ak to považuje za potrebné pre posúdenie rizík. Organizácia by mala špecifikovať a zdokumentovať aplikované, pre organizáciu špecifické, klasifikačné úrovne s presnou kvalitatívnou alebo kvantitatívnou definíciou v zmysle rozsahu alebo intervalu číselných hodnôt, aby sa umožnil dostatočne kalibrovaný, konzistentný odhad, hodnotenie a komunikácia v rámci organizácie alebo s prepojenými subjektmi. Potenciál výskytu scenára ohrozenia sa môže vyjadriť ako interval pravdepodobnosti vrátane trvania pozorovania [2][3][4].

Výraz „trvanie pozorovania“ sa vzťahuje na časové obdobie, počas ktorého sa scenár hrozby pozoruje alebo monitoruje. Má zásadný význam pri určovaní pravdepodobnosti výskytu scenára hrozby, pretože pravdepodobnosť výskytu sa môže meniť v závislosti od dĺžky obdobia pozorovania [2][3][4].

S cieľom uľahčiť vzájomnú porovnateľnosť metodík hodnotenia rizík medzi spolupracujúcimi organizáciami môže organizácia priradiť hodnotenie potenciálu výskytu scenára ohrozenia k jednej z týchto kategórií:

- *Vysoký potenciál výskytu:* scenár hrozby sa pravdepodobne vyskytne. Útok súvisiaci so scenárom hrozby je uskutočniteľný a podobné scenáre hrozby sa v minulosti vyskytli mnohokrát.
- *Stredný potenciál výskytu:* scenár hrozby sa pravdepodobne nevyskytne. Útok súvisiaci so scenárom hrozby je možný a podobný scenár hrozby sa mohol vyskytnúť v minulosti.
- *Nízky potenciál výskytu:* výskyt scenára hrozby je veľmi nepravdepodobný. Uskutočnenie scenára

hrozby je teoreticky možné, nie je však známe, že by k nemu došlo [2][3][4].

4.6. Vzťah medzi interným a externým ohlasovaním

Organizácie by mali interne zhromažďovať a oznamovať incidenty a zraniteľnosti. Pre úplný a účinný systém podávania správ je potrebné interné aj externé podávanie správ. Interné hlásenia by sa mali včas posúdiť a v prípade, že potenciálny vplyv na bezpečnosť predstavuje nebezpečný stav, organizácie by mali iniciovať nahlasovanie týchto interných hlásení [2][3][4].

4.7. Stratégia detekcie

Pri vypracúvaní stratégie detekcie by mala organizácia pre položky v rozsahu detekcie udalostí definovať podmienky, ktoré spúšťajú proces, ktorý by si napríklad vyžadoval zásah personálu a ďalšiu analýzu.

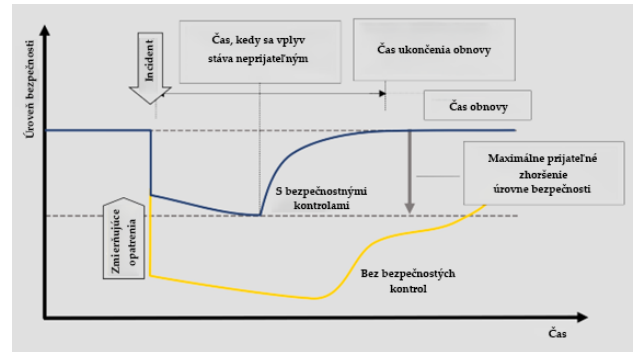
Mali by tak zohľadňovať abnormálne správanie, ako aj podstatné odchýlky od východiskových podmienok a relevantnú koreláciu viacerých nezávislých udalostí [2][3][4].

4.8. Ciele obnovy a načasovanie

Úroveň prevádzky a bezpečnosť môžu byť vzájomne prepojené, takže v niektorých prípadoch, keď je úroveň prevádzky ohrozená incidentom informačnej bezpečnosti a klesne, úroveň bezpečnosti urobí to isté. Je to napríklad prípad riadenia letovej prevádzky: ak sa zníži kvalitatívna úroveň poskytovaných letových prevádzkových služieb alebo sa stanú nespoľahlivými, veľmi pravdepodobne sa časom zníži aj bezpečnosť letov [2][3][4].

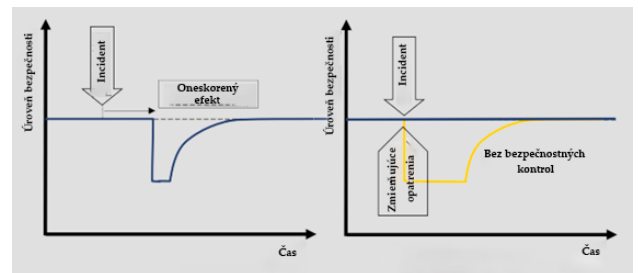
V iných prípadoch však môže byť vzťah medzi úrovňou prevádzky a bezpečnosťou opačný alebo môžu byť oddelené, takže keď dôjde k incidentu a úroveň prevádzky klesne, úroveň bezpečnosti sa zachová. Jedným z príkladov je ohrozenie procesu načítavania softvéru na palube lietadla. V tomto prípade by zistený incident, po ktorom by nasledovalo rozhodnutie prerušiť operáciu načítavania, zachoval existujúcu úroveň bezpečnosti [2][3][4].

Na obrázku č. 1 je znázornený koncepčný rámec, ktorý možno zvážiť pri definovaní cieľov reakcie a obnovy vrátane času obnovy. V najhoršom prípade znázorňuje, ako sa môže v čase meniť očakávaná úroveň prevádzkovej bezpečnosti procesu alebo činnosti, keď dôjde k incidentu informačnej bezpečnosti. V tomto scenári sa úroveň bezpečnosti najprv zníži v dôsledku incidentu a potom sa zhoršuje, kým plynie čas. Na obrázku je znázornený aj očakávaný účinok, ktorý by mali mať zmierňujúce opatrenia a kontrolné mechanizmy, a to: pri obmedzení poklesu prevádzkovej bezpečnosti hneď po vzniku incidentu a pri zlepšení obnovy, t. j. návratu na očakávanú úroveň bezpečnosti [2][3][4].



Obrázok 1. Očakávaný účinok, ktorý by mali mať zmierňujúce opatrenia a kontrolné mechanizmy

Ako už bolo spomenuté, medzi úrovňou prevádzky a bezpečnosťou môžu existovať rôzne vzťahy, ktoré by viedli k odlišnému zobrazeniu uvedeného obrázku. V určitých prípadoch môže mať incident oneskorený vplyv na úroveň bezpečnosti (napr. ohrozené vývojové prostredie), ako je znázornené na obrázku č. 8, alebo nemusí mať žiadny vplyv, ak je riadne kontrolovaný, ako v prípade už spomínaného ohrozeného procesu načítavania softvéru, ktorý je znázornený na obrázku č. 2 [2][3][4].



Obrázok 2. Oneskorený vplyv na úroveň bezpečnosti

Okrem toho je potrebné poznamenať, že ten istý incident sa môže riešiť rôznymi spôsobmi, pretože existuje niekoľko faktorov, ktoré môžu ovplyvniť bezpečnosť [2][3][4].

Postup obnovy alebo plán obnovy by mal opisovať opatrenia na obnovu po incidente a interné alebo externé zdroje, ktoré sa na tom podieľajú (napr. zamestnanci, IT, budovy, poskytovatelia) [2][3][4].

Zdroje potrebné na uplatnenie opatrení na obnovu by mali byť k dispozícii, aby bolo možné včas realizovať opatrenia na obnovu po vzniku incidentu. Tieto zdroje môžu byť k dispozícii interne alebo ich môžu poskytovať zmluvné organizácie. Zmluvné zabezpečenie činností obnovy by sa malo stanoviť pred vznikom incidentu (proaktívne) a zmluva by mala obsahovať ustanovenia o včasnej reakcii zmluvnej strany [2][3][4].

Návrat do bezpečného a chráneného stavu si môže spočiatku vyžadovať núdzové opatrenia, čo sú činnosti, ktoré sa iniciujú na základe najlepších informácií dostupných v danom čase, skôr ako sa dosiahne úplné pochopenie situácie, a tieto opatrenia môžu potenciálne (dočasne) zhoršiť úroveň služieb alebo funkcií. Návrat do bezpečného a chráneného stavu by sa mal vyhodnotiť na základe počiatočného posúdenia rizika a môže sa len dočasne líšiť od bežných prevádzkových podmienok. Každé zvýšenie zostatkového rizika a trvanie tohto zvýšeného rizika, t. j. v dôsledku zavedenia núdzových opatrení, by však malo byť

zdokumentované a akceptované na príslušnej úrovni zodpovednosti za riadenie [2][3][4].

Uvedené činnosti obnovy môžu byť tiež výsledkom reakcie na incidenty, v prípade ktorých organizácia dostala informácie, ktoré si vyžadujú zavedenie primeraných opatrení s cieľom reagovať na incidenty alebo zraniteľnosti v oblasti informačnej bezpečnosti s potenciálnym vplyvom na bezpečnosť letectva [2][3][4].

V takomto kontexte organizácia nemusí mať proces alebo plán obnovy pokrývajúci konkrétnu udalosť. Preto sa zvyčajne vyžaduje, aby organizácia definovala konkrétny plán obnovy a aby ho schválil príslušný orgán [2][3][4].

4.9. Neustále zlepšovanie

Proces neustáleho zlepšovania, by mal byť zameraný na neustále zlepšovanie účinnosti, vhodnosti a primeranosti ISMS. To by sa malo dosiahnuť aktívnym a systematickým hodnotením ISMS a všetkých jeho prvkov - vrátane jeho vyspelosti. Hodnotenie by malo zohľadňovať výsledky a závery iných procesov informačnej bezpečnosti vrátane zaistenia auditov, preskúmania manažmentom, hodnotenia výkonnosti, účinnosti a vyspelosti, ako aj výsledky odvodených nápravných opatrení a korekcií [2][3][4].

Kontext a rizikové prostredie organizácií nie sú nikdy statické, a preto si vyžadujú dynamické prispôsobovanie, vývoj a zmeny cieľov, architektúr, organizačných štruktúr a procesov organizácie, aby sa riziká informačnej bezpečnosti udržali na prijateľnej úrovni. V dôsledku toho by sa mal systém ISMS považovať za vyvíjajúcu sa a učiacu sa súčasť/element organizácie, ktorý je potrebné neustále monitorovať a zlepšovať, aby sa zabezpečil súlad s bezpečnostnými cieľmi a efektívnosťou organizácie [2][3][4].

Cieľom CIP je neustále zlepšovať účinnosť, vhodnosť, primeranosť a, ak sa to považuje za potrebné, efektívnosť ISMS. Organizácia môže integrovať CIP časti IS do niektorého iného už prevádzkovaného CIP a môže uplatňovať metódy, ako je cyklus PDCA alebo DMAIC [2][3][4].

CIP je založený na proaktívnom a systematickom hodnotení ISMS a všetkých jeho prvkov vrátane procesov a kontrol bezpečnosti informácií riadených ISMS. Posúdenie by sa malo vykonať na základe organizačných cieľov pre požadované úrovne výkonnosti, účinnosti a vyspelosti. Tieto ciele sa môžu okrem zabezpečenia dosiahnutia súladu s požiadavkami podľa tohto nariadenia zamerať aj na ciele stanovené politikou alebo normami organizácie a rozhodnutiami vedenia [2][3][4].

Uvedené hodnotenie vychádza z výsledkov hodnotenia výkonnosti, výstupov auditov, procesov rizík a incidentov, ako aj z už uplatnených nápravných a korekčných opatrení.

Možnosti zlepšenia môžu byť identifikované na základe výsledkov hodnotenia CIP alebo môžu byť predložené ako návrhy z iných zdrojov. Identifikácia často zahŕňa odchýlky alebo nápravné opatrenia, ako aj neúčinné procesy alebo kontroly, ktoré nie sú odstránené [2][3][4].

Návrhy na zlepšenie pochádzajú z týchto zdrojov:

- *Riadenie rizík:* výsledky pravidelnej analýzy rizík a následné ošetrenie rizík sú primárnym faktorom

zlepšovania ISMS, pričom proces ošetrenia rizík zahŕňa monitorovanie zavedených bezpečnostných opatrení a hodnotenie ich účinnosti.

- *Hodnotenie výkonnosti a účinnosti:* závery z ukazovateľov výkonnosti, ich meranie, analýza a priebežné monitorovanie, ako aj výsledok hodnotenia účinnosti vrátane výsledkov následne uplatnených korekcií a nápravných opatrení.
- Hodnotenie vyspelosti vrátane výsledkov následne uplatnených opráv a nápravných opatrení.
- Skúsenosti získané z procesu odhaľovania, riešenia a reakcie na bezpečnostné incidenty a z možného riešenia základnej príčiny.
- Výsledky interných auditov sa môžu použiť na overenie toho, či ISMS a kontroly v rámci rozsahu auditu spĺňajú požiadavky organizácie, a na určenie toho, kde existujú potenciálne oblasti na zlepšenie.
- Preskúmanie a vyhodnotenie aktuálneho akčného plánu manažmentom, stanovenie alebo revízia cieľov alebo rozhodnutie o možnostiach a opatreniach na zlepšenie.
- Program návrhov organizácie preskúmania, prieskumy alebo hodnotenia so zamestnancami alebo spätná väzba od dodávateľov alebo spolupracujúcich strán [2][3][4].

Všetky výsledky tohto procesu by mali byť zdokumentované. Výsledné opatrenia sa môžu začleniť do zastrešujúceho akčného plánu, ktorý sa centrálné konsoliduje a pravidelne reviduje podľa príslušných politík. Výsledný akčný plán môže byť ďalej rozdelený na taktický, krátkodobý/strednodobý akčný plán a strategický, dlhodobý akčný plán [2][3][4].

4.10. Implementácia ISMS na letisku M. R. Štefánika

Systém riadenia nie je z veľkej časti individualizovaný, ale je riadený na úrovni skupín. To znamená, že existuje užívateľ OCC, Ramp Control atď., pod ktorého spadá viacero individuálnych zamestnancov. Táto skupina má jednoznačne dané zloženie a existuje relačná väzba na zmenu, ktorá v danom čase dané zariadenia obsluhuje. V praxi to znamená, že je jasne definované podľa dochádzkového systému, akí zamestnanci majú aktuálne prístup k informačným systémom danej skupiny, a tí, ktorí potrebujú širšie oprávnenia a prístupy, majú individuálny účet (týka sa najmä riadiacích a administratívnych funkcií). U prevádzkovateľa letiska teda funguje tzv. hybridný systém riadenia digitálnych identít vo vzťahu k priamym užívateľom alebo tým, ktorí sú oboznamovaní s informáciami prostredníctvom tlače alebo formulárov.

Tieto identity, či už individuálne alebo skupinové, definujú oprávnenia do určitých informačných systémov pomocou Microsoft serveru, ktorý cez certifikát zariadenia overuje zariadenie a užívateľa na základe štandardnej alebo dvojfaktorovej autentifikácie a následne v rozsahu logických štruktúr nastavených v active directory. Ten má informáciu o tom, že daná osoba má prístup k tomuto priečinku, aplikácie, webovému portálu atď. a na základe tejto informácie sa danej identite udelí prístup.

Jednotlivé servery sú prepojené väzbami aj vo vzťahu k riadeniu bezpečnosti a sú zrkadlené tak, aby sa zabezpečila maximálna dostupnosť. Pomocou týchto serverov (vrátane firewallov) sú riadené a overované prístupy k identitám a zariadeniam.

Prístup k systémom, internetu a ďalším službám je odčlenený s priamou väzbou na poskytovateľa internetu tak, aby boli odtienené všetky ostatné siete, prvky a komponenty nachádzajúce sa na letisku kvôli riadeniu bezpečnosti. Takýmto spôsobom je riadený proces, aby človek, ktorý sa pripojí na wifi, či už vo verejnej alebo neverejnej časti terminálu, neohrozí interné informačné systémy, ktoré musia mať zaistenú požadovanú dostupnosť. Spôsob, ktorým sa tento systém nastaví, je už na prevádzkovateľovi základnej služby, v našom prípade na prevádzkovateľovi letiska, a je popísaný v internej dokumentácii v pravidlách používania a nakladania s IT prostriedkami. Z hľadiska bezpečnostných opatrení letisko využíva:

4.10.1. Zásadu čistého stola

- Na stole nesmú ostávať akékoľvek dokumenty, súvisiace so spoločnosťou alebo jej zákazníkmi a dokumenty, obsahujúce akékoľvek citlivé informácie,
- Dokumenty po vytlačení treba okamžite z tlačiarne odniesť

4.10.2. Zásadu čistej obrazovky

- V prípade aj krátkodobého opustenia pracoviska je potrebné zamedziť použitie PC jeho uzamknutím pričom každá pracovná stanica musí byť vždy uzamknutá alebo vypnutá, pokiaľ s ňou nikto nepracuje. Uzamknutie počítača bráni nielen neoprávnenému použitiu, ale aj k prípadnému prečítaniu citlivých informácií na obrazovke
- Musí byť nastavený šetrič obrazovky chránený heslom
- Na ploche operačného systému sa nesmú vyskytovať súbory, ktorých názvy obsahujú náznak hesla alebo heslo samotné. Taktiež na ploche nesmú ostať otvorené dokumenty, obsahujúce citlivé informácie
- V prípade skupinových identít je bezpečnosť zabezpečená prístupom do kancelárie len pre vyhradené osoby pomocou kľúčového systému.

Tieto opatrenia slúžia k zamedzeniu zneužitia digitálnej identity a sú implementované podľa potrieb prevádzkovateľa letiska. Prijímajú sa vo vzťahu k hodnoteniu a kategorizácii jednotlivých aktív.

Riadenie prístupov osôb k sieti a informačným systémom je postavené na logických štruktúrach Microsoft servera a active directory. Ten všetko centrálnie riadi a prostredníctvom neho sú riadené oprávnenia pre jednotlivé sieťové prvky pomocou doménového administrátora.

Prístup k sieťovým zariadeniam, zdieľaným dátam, informačným systémom ako aj pracovným staniciam je riadený a kontrolovaný a vychádza zo zásady „potreba vedieť“. Prístup k osobným údajom majú len poverené oprávnené osoby.

Celý systém od požiadavky na rozsah oprávnení, ktorá sa vybaví a odošle cez prihlasovacie meno a heslo, zabezpečuje prístupy na úrovni základného operačného systému, sieťových prvkov a jednotlivých informačných systémov. Ďalej sa tieto prístupy monitorujú pomocou rôznych prvkov.

Na riadenie zodpovednosti slúžia interné predpisy, ktoré určujú, čo má daný zamestnanec robiť a akým spôsobom zabezpečiť minimalizovať možnosť zneužitia prístupov do informačných systémov.

Existuje centrálna správa, ktorá využíva virtuálne oddelených definícií, cez ktorú je riadený prístup k daným sieťam. Ak je užívateľ zamestnancom prevádzkového dispečingu (napr.), tak sa mu pomocou logických štruktúr definujú oprávnenia do systémov vyžívaných práve touto pracovnou funkciou.

Štandardne využívaným operačným systémom je Windows 11, existujú aj počítače, ktoré „bežia na“ Windows 10 prípadne starších, ktoré pre spoločnosť už nie sú bezpečnostne ideálne, ale za určitých podmienok je možné ich stále využívať. Prístup k operačnému systému znamená, že sa do daného operačného systému musí osoba autentifikovať a v rámci jeho služieb sa nepovoľujú služby a procesy, ktoré nesúvisia s pracovným zaradením alebo priamo letiskovou infraštruktúrou a tým vytvorí potenciálnu hrozbu. Jedným z príkladov môže byť počítač od výrobcu DELL, ktorý sa automaticky snaží odosielať dáta do centrály spoločnosti, a preto je dôležité takéto služby trvalo deaktivovať, aby sa minimalizovali otvorené porty.

Prístup k aplikáciám je zabezpečený pomocou funkcie active directory, kde sa nachádzajú definované aplikácie a štruktúry, cez overovanie certifikátu alebo s podmienkou ďalšej autentifikácie. V prípade neúspešnej autentifikácie sa tento záznam uloží a po úspešnej autentifikácii sa zobrazí overenému používateľovi.

Monitorovanie prístupu a používania informačného systému funguje pomocou systému log, ktorý zaznamenáva prístupy jednotlivých identít do systému alebo aj príchod a odchod zamestnanca z pracoviska.

Riadenie vzdialeného prístupu je zabezpečované pomocou služby VPN.

Identifikátory na autentizáciu na vstup do siete a informačného systému sú pridelované každému jednotlivcovi v riadiacej alebo administratívnej funkcii alebo skupine osôb s rovnakým pracovným zaradením, do ktorej môže spadať až 15 zamestnancov.

Riadenie týchto identifikátorov zabezpečujú prístupové heslá do systémov, aplikácií atď., ktoré sa v pravidelných intervaloch menia.

Je zabezpečená kontrola a monitorovanie všetkých potrebných informácií vrátane prihlásenia, odhlásenia, otvorenia (pričinku, súboru, aplikácie), zmeny (hesla, názvu, umiestnenia), uloženia (súboru, pričinku). Každý objekt je priradený k systému, ktorý určuje akcie, aké môže daný používateľ v systéme vykonávať.

Databáza active directory je v pravidelných intervaloch revidovaná najmä vďaka systému log, ktorý monitoruje príchody a odchody zamestnancov. V praxi to znamená, že akonáhle zamestnanec odíde, tak sa v active directory deaktivuje na serverovej časti a následne sa aplikuje na všetky komponenty

sieťových prvkov. Konto sa nedá úplne vymazať, pretože v minulosti predstavovalo skupinu údajov, ktoré pod danou identitou boli robené, a tým pádom sú stále dohľadateľné a archivovateľné, ale je vo forme, ktorú vie aktivovať len určitá skupina a teda nie je možné sa cez ňu autentifikovať do systému.

Osoba zodpovedná za riadenie prístupu používateľov do siete a k informačnému systému a za pridelovanie a odoberanie prístupových práv používateľom, ich evidenciu a vedenie prevádzkových záznamov o každom prístupe do siete a informačného systému v zmysle bezpečnostnej politiky je v prípade bratislavského letiska systémový administrátor pre jednotlivé systémy.

4.11. Súlad s minimálnymi požiadavkami

V zvolenej oblasti riadenia informačnej bezpečnosti (v riadení prístupov) má letisko M. R. Štefánika systém dostatočne implementovaný, avšak s určitými rezervami, s ktorými je potrebné rátať do budúcnosti. Jedná sa hlavne o používané operačné systémy na niektorých z počítačov, ktoré využívajú Windows 10, prípadne staršie systémy. V prípade Windowsu 10 je potrebné rátať s koncom podpory od Microsoftu v polovici októbra budúceho roka, a teda bude potrebné z hľadiska bezpečnosti aktualizácia všetkých počítačov na Windows 11. Dá sa predpokladať, že počítače, na ktorých beží v súčasnej dobe Windows 10, nie sú kompatibilné s novšou verziou operačného systému a bude potrebné ich kompletne vymeniť, čo bude znamenať veľkú finančnú investíciu.

Druhou oblasťou, v ktorej prevádzkovateľ letiska spĺňa požiadavky legislatívy len čiastočne, je vytvorenie jednoznačného identifikátoru na autentizáciu na vstup do siete a informačného systému pre každú osobu. Ako som spomínal, na letisku funguje tzv. hybridný systém v oblasti virtuálnych identít čo znamená, že osoby v riadiacich alebo administratívnych funkciách majú svoju vlastnú identitu, a teda vlastný doménový účet pod svojim menom. Zvyšní zamestnanci spadajú pod virtuálne identity skupín, do ktorých môže spadať až 15 zamestnancov, čo predstavuje problém pri zisťovaní osôb, ktoré môžu v danom čase informačné systémy a siete reálne využívať. Na druhej strane by založenie osobných virtuálnych identít aj pre ostatných zamestnancov bolo nepraktické z hľadiska prevádzky. V tom prípade by si každý, kto dnes píše maily na skupinové identity, musel v ten daný deň zistiť, kto je práve na pracovisku, aby vedel, akej osobnej identite svoju požiadavku napíše. Riešením tohto problému by bolo preposielanie správ z osobnej virtuálnej identity na skupinovú, avšak tu sa dostávame do kolobehu nepraktických a finančne náročných riešení. Preto toto tzv. hybridné riešenie vnímam ako dostatočné a zároveň najpraktickejšie z hľadiska druhu a špecifických požiadaviek prevádzky a komunikácie s externými stranami.

V ostatných oblastiach spĺňa letisko M. R. Štefánika minimálne požiadavky na dostatočnej úrovni, v niektorých dokonca tieto požiadavky prevyšuje a zabezpečuje tak vyššiu úroveň informačnej bezpečnosti a dostupnosti ako v súčasnej dobe vyžaduje legislatíva.

Do budúcnosti je plán prevádzkovateľa letiska v oblasti riadenia informačnej bezpečnosti napredovať, na základe čoho bola vypracovaná stratégia kybernetickej bezpečnosti a zároveň aj rozpočet na ďalší rozvoj.

5. Záver

Cieľom môjho článku bolo analyzovať súčasnú legislatívu v oblasti riadenia informačnej bezpečnosti, na základe tej vypracovať návrh implementácie systému riadenia informačnej bezpečnosti u prevádzkovateľa letiska, zistiť pomocou interview aktuálny stav implementácie v zvolenej oblasti a porovnať ho s minimálnymi požiadavkami, ktoré vyžaduje legislatíva.

Analýza preukázala nedostatok národnej legislatívy v oblasti požiadaviek kladených na systém riadenia informačnej bezpečnosti, kde figuruje zatiaľ len zákon č. 69/2018 Z.z. o kybernetickej bezpečnosti a ďalšie vyhlášky, ktoré tento zákon upravujú. Vzhľadom na fakt, že informačná bezpečnosť má oveľa širší záber ako bezpečnosť kybernetická, bude potrebné transponovať nariadenia EÚ aj do národnej legislatívy.

Vypracovaný návrh implementácie systému ISMS obsahuje nevyhnutné riešenia pre zabezpečenie dostatočnej integrity, dostupnosti, autentifikácie a dôvernosti. Opiera sa o 3 základné perspektívy a to: perspektívu riadenia, perspektívu rizika a perspektívu dodržiavania predpisov. Ďalej boli vypracované ciele, spôsoby monitorovania súladu. Navrhnutý bol taktiež rozsah identifikácie a monitorovania rizík ako aj kritériá ich akceptácie.

Pri porovnaní súčasného stavu implementácie informačnej bezpečnosti vo zvolenej oblasti na letisku M. R. Štefánika boli zistené mierne nedostatky v oblasti operačného systému a jednoznačných identifikátorov na autentizáciu na vstup do siete a informačných systémov. Pri operačnom systéme bude nutné tento nedostatok vyriešiť najneskôr do októbra budúceho roka, kedy Microsoft ukončí svoju podporu pre operačný systém Windows 10.

V prípade identifikátorov bolo vyhodnotené, že aj napriek nedostatku voči minimálnym požiadavkám legislatívy súčasný implementovaný tzv. hybridný systém virtuálnych identít postačuje požiadavkám letiska či už z hľadiska bezpečnosti, ale aj prevádzky a praktickosti.

Referencie

- [1] CAMPBELL, Tony (2016). Practical Information Security Management: A Complete Guide to Planning and Implementation. Burns Beach, Australia: Apress. [citované 2024-01-15].
- [2] SloVlex (bez dáta). Online. Dostupné na: https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/prilohy/SK/ZZ/2018/69/20220630_5330728-2.pdf [citované 2024-03-20]
- [3] EASA (2022). Online. Dostupné na: https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/online-publications/easy-access-rules-information-security?page=8#_DxCrossRefBm363782835 [citované 2024-04-07]
- [4] STN (2014). STN ISO/IEC 27001. SR. Úrad pre normalizáciu, meteorológiu a skúšobníctvo [citované 2024-04-15]



NÁVRH RIEŠENIA RIADENIA SKUPINY UAV

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

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

Abstract

This thesis addresses the challenges and solutions to the management of groups of unmanned aerial vehicles (UAVs). Using a comparative analysis approach, the research evaluates UAV group management methods in terms of their effectiveness under various criteria. The findings suggest that swarm algorithms, inspired by the collective behavior of natural systems, offer a better approach to achieve decentralized, adaptive, and scalable control of UAV groups. This thesis contributes to this field by providing a comprehensive analysis of UAV group management strategies and demonstrating the benefits of swarm algorithms across a variety of criteria. This research has implications for enhancing the capabilities and effectiveness of UAVs in applications such as search and rescue, environmental monitoring, etc.

Keywords

UAV, Decentralized control, Swarm algorithms, AI

1. Úvod

Bezpilotné letecké prostriedky (UAV), známe aj ako drony, sa javia ako kľúčové nástroje v rôznych oblastiach, od sledovania a prieskumu, po monitorovanie životného prostredia a rýchlu reakciu pri katastrofách. Stúpajúci dopyt po nasadení UAV v rôznych odvetviach viedol k vzniku skupín UAV. Skupiny UAV môžeme chápať ako flotily UAV s viacerými dronmi pracujúcimi súbežne. Pri riadení skupiny UAV sa otvára množstvo výziev, ktorým treba čeliť, týkajúcich sa napríklad komunikácie, koordinácie, optimalizácie zdrojov a mnoho ďalších.

Táto diplomová práca preniká do jadra týchto výziev s cieľom poskytnúť komplexné a inovatívne riešenie pre efektívne riadenie skupín UAV. Názov "Návrh riešenia pre riadenie skupín UAV" zachytáva podstatu tohto výskumného úsilia, ktoré sa snaží zaoberať problémami a detailmi spojenými s riadením viacerých UAV súčasne.

Všeobecným cieľom tejto práce je zanalyzovať súčasné možnosti riadenia skupín UAV a prísť s jasným záverom, ktorý bude poukazovať na najefektívnejší prístup, ktorý nielen umožňuje plynulú komunikáciu a koordináciu medzi UAV, ale tiež optimalizuje ich kolektívny výkon. Keďže UAV čoraz viac nachádzajú uplatnenie v komplexných a dynamických prostrediach, potreba inteligentného a adaptívneho riešenia pre riadenie skupín UAV sa stáva nevyhnutnou.

V nasledujúcich kapitolách budem preskúmavať existujúce systémy, riadenia skupín UAV, identifikovať súčasné problémy a navrhmem riadenie, ktoré najviac vyhovuje daným podmienkam. Do detailu sa pozrieme na systémy ako sú centralizované riadenie, decentralizované riadenie, umelá inteligencia, 4G/5G mobilné siete a ďalšie. Taktiež sa budem venovať monitorovacím systémom UAV kde sa bližšie pozriem na radarové systémy, rádiový frekvenčné systémy atď.. Na záver teoretickej časti si ešte priblížime aspekty letu UAV. V neposlednom rade navrhmem najefektívnejší prístup na riadenie skupín UAV a taktiež potencionálne zlepšenie daného systému. Prostredníctvom analýzy dát teoretických podkladov a praktických implementácií si kladiem za cieľ významne prispieť k

oblasti technológie UAV, posúvajúc schopnosti a efektívnosť operácií skupín UAV.

2. Metodika a metódy skúmania

Cieľom tejto diplomovej práce je identifikovať a vyhodnotiť optimálne prístupy na riadenie skupín bezpilotných lietadiel. Dôležitosť efektívneho a prispôsobivého riadenia skupín UAV podčiarkujú potenciálne aplikácie v oblastiach, ako je logistika, dohľad a reakcia na katastrofy a mnoho ďalších. Hlavnou otázkou je: Aké sú optimálne prístupy k riadeniu skupín bezpilotných lietadiel vzhľadom na definované kritériá?

V tejto práci sa využíva komparatívny prístup založený na zmiešaných metódach. Teoretická analýza existujúcich modelov riadenia ako je: centralizované a decentralizované riadenie, 4G/5G mobilné siete, Strojové učenie/AI, Algoritmy roja, Satelitná komunikácia, Distribuované vnímanie a komunikácia.

Vybrané prístupy k riadeniu sa budú hodnotiť na základe týchto 10 kritérií:

Škálovateľnosť, Efektívnosť komunikácie, Predchádzanie kolíziám, Prispôsobivosť dynamickému prostrediu, Energetická efektívnosť, Odolnosť voči poruchám, Výkonnosť misie, Bezpečnosť a ochrana súkromia, Nákladová efektívnosť, Predpisy a regulácie

Teoretický prehľad: Systematický prehľad literatúry preskúma existujúci výskum metodík skupinového riadenia bezpilotných lietadiel so zameraním na porovnanie výkonnosti v rámci vymedzených kritérií a taktiež sa pozrie sa monitorovacie systémy, ktoré môžu byť použité pri monitorovaní UAV. A v nakoniec sa analyzujú jednotlivé aspekty letu.

Kvalitatívna: Tematická analýza určí silné a slabé stránky a optimálne prípady použitia rôznych prístupov riadenia UAV.

Táto metodika kombinuje teoretickú analýzu a potenciálne overenie v reálnom svete s cieľom poskytnúť komplexné hodnotenie prístupov skupinového riadenia UAV. Zistenia

prispievajú k vývoju efektívnejších a prispôsobivejších systémov UAV pre rôzne aplikácie.

V záverečnej časti sa v prvom rade budem venovať diskusii v ktorej budem porovnávať výsledky, ktoré získam z komparatívnych analýz so súčasným stavom. Následne budem pokračovať so samotným záverom kde zhodnotím výstup práce.

3. Výsledky

Táto komplexná analýza dokazuje pozoruhodnú vhodnosť algoritmov roja pre široké spektrum scenárov riadenia UAV. Rojové algoritmy jednoznačne vynikli v ôsmich z desiatich kľúčových kritérií: škálovateľnosť, efektívnosť komunikácie, odolnosť voči poruchám, prispôsobivosť dynamickému prostrediu, energetická efektívnosť, bezpečnosť a ochrana súkromia, nákladová efektívnosť a súlad s právnymi predpismi. Táto dominancia naznačuje, že sú veľmi presvedčivou voľbou pre mnohé reálne aplikácie.

Kľúčovým faktorom ich úspechu je prirodzená jednoduchosť správania jednotlivých UAV v rámci roja spolu s dôrazom na lokalizovanú komunikáciu na krátku vzdialenosť. Táto decentralizovaná štruktúra umožňuje bezproblémovú škálovateľnosť, keďže pridanie ďalších UAV drasticky nezvyšuje komunikačnú réžiu ani nevyžaduje zložitú centralizovanú koordináciu. Absencia centrálného bodu zlyhania poskytuje rojom výnimočnú odolnosť voči poruchám, čím sa zabezpečuje kontinuita misie aj v prípade poruchy alebo straty jednotlivých UAV. Okrem toho závislosť od lokálneho rozhodovania robí algoritmy roja vysoko adaptabilnými, pretože môžu organicky reagovať na zmeny v prostredí alebo na zmenu cieľov.

Tieto zistenia majú významné praktické dopady. Vďaka škálovateľnosti, odolnosti voči chybám a prispôsobivosti sú algoritmy roja mimoriadne vhodné pre misie vyžadujúce veľký počet bezpilotných lietadiel operujúcich v nepredvídateľnom prostredí. Príklady zahŕňajú:

Monitorovanie a snímanie vo veľkom meradle: Algoritmy roja sú ideálne na nasadenie hustých sietí bezpilotných lietadiel na monitorovanie rozsiahlych oblastí z hľadiska zmien životného prostredia, hodnotenia stavu poľnohospodárstva alebo kontroly infraštruktúry. Škálovateľnosť rojov umožňuje rozsiahle pokrytie, pričom ich prispôsobivosť zaručuje, že sa v prípade potreby dokážu prispôbiť dynamickým podmienkam alebo zmeniť konfiguráciu.

Vyhľadávanie a záchrana: V zónach postihnutých katastrofou alebo pri pátraní v odľahlých oblastiach divočiny môže roj bezpilotných lietadiel rýchlo pokryť rozsiahle oblasti. Odolnosť voči poruchám zabezpečuje pokračovanie v pátraní aj v prípade zlyhania jednotlivých UAV a adaptívna povaha roja im umožňuje reagovať na zmeny v reálnom čase alebo upravovať pátracie vzory bez centrálného preprogramovania.

Logistika a dodávka: Logistické siete založené na rojoch by mohli priniesť revolúciu v doručovaní v mestských alebo vzdialených oblastiach. Ich prispôsobivosť meniacim sa podmienkam (doprava, počasie) a potenciál samooptimalizácie trás na základe údajov v reálnom čase zodpovedá požiadavkám doručovacích služieb na požiadanie.

Bezpečnosť a dohľad: Vďaka ich škálovateľnosti a odolnosti by sa roje mohli nasadiť na trvalý dohľad nad citlivými oblasťami

alebo na dynamické hliadkovanie perimetra. Prispôsobivosť roja im umožňuje reagovať na potenciálne hrozby alebo narušenia bez potreby neustáleho centralizovaného riadenia.

4. Záver

Daná diplomová práca presvedčivo dokazuje vhodnosť algoritmov roja ako robustného a univerzálneho prístupu k riadeniu bezpilotných lietadiel. Ich sila v kritériách, ako sú škálovateľnosť, adaptabilita, odolnosť voči poruchám a energetická účinnosť, ich stavia do pozície sľubného riešenia pre rôzne reálne misie. Dôležité je, že táto štúdia zdôrazňuje výrazné výhody roja v porovnaní s centralizovanými prístupmi AI/strojového učenia. Rojové algoritmy kladú dôraz na decentralizované rozhodovanie a lokalizované interakcie, čo vedie k prirodzenej škálovateľnosti a odolnosti. Hoci decentralizované riadiace systémy v súčasnosti vykazujú výhody pri predchádzaní kolíziám, táto oblasť predstavuje príležitosť pre ďalší výskum, ktorý by potenciálne mohol skúmať hybridné modely riadenia na dosiahnutie ešte vyššej úrovne výkonnosti.

Preukázané silné stránky algoritmov roja ich stavajú do pozície výkonného základu pre skúmanie hybridných prístupov riadenia UAV. Integráciou možností predchádzania kolíziám z decentralizovaných riadiacich systémov by hybridné modely mohli ďalej zvýšiť bezpečnosť a odolnosť operácií založených na roji v zložitých alebo dynamických prostrediach. Okrem toho by hybridný prístup mohol zaviesť ďalšie vrstvy bezpečnosti kombináciou odolnosti voči poruchám rojov s prvkami redundancie z decentralizovaných systémov. Okrem toho prirodzená prispôsobivosť algoritmov roja z nich robí sľubnú platformu na integráciu učiacich sa algoritmov v rámci hybridného kontextu. Vývoj hybridných riadiacich systémov si bude vyžadovať dôkladné simulácie a starostlivo navrhnuté experimenty v teréne, aby sa zabezpečila bezproblémová a bezpečná integrácia správanie roja a decentralizovaných prvkov. Takýto výskum má zásadný význam pre zabezpečenie spoľahlivosti a predvídateľnosti týchto systémov UAV novej generácie. Jednotlivé UAV roja by sa mohli potenciálne "naučiť" optimalizovať svoje lokálne správanie v priebehu času, čo by viedlo k zvýšeniu výkonnosti a efektívnosti misie.

V konečnom dôsledku táto práca prispieva k vývoju novej generácie systémov bezpilotných lietadiel - kde sa roje a decentralizované prvky kombinujú na dosiahnutie vyššej úrovne adaptability, flexibility, bezpečnosti a ochrany. Hybridné prístupy majú potenciál revolučne zmeniť oblasti, ako je monitorovanie životného prostredia, taktiež by mohli umožniť efektívnejšie fungovanie rojov v hustých mestských prostrediach.

Pod'akovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu 313011ATR9 "Výskum a vývoj využiteľnosti autonómnych lietajúcich prostriedkov v boji proti pandémie spôsobenej COVID-19".

Referencie

- [1] G.Natarajan, Ground Control Stations for Unmanned Air Vehicles, Aeronautical Development Establishment, Bangalore, July 2001

- [2] Wei Meng, Zhirong He, Rodney Teo, Rong Su, Lihua Xie, Integrated multi-agent system framework: decentralised search, tasking and tracking, IET, 2015
- [3] Albert Y. Zomaya, Handbook of Nature-Inspired and Innovative Computing, Springer, 2006
- [4] Stocchero, Jorgito Matiuzzi, A network centric architecture for military command and control systems, Federal University of Rio Grande do Sul, located in Porto Alegre, Brazil, 2023
- [5] Hazem Ahmed, Janice Glasgow, Swarm Intelligence: Concepts, Models and Applications, School of Computing Queen's University Kingston, Ontario, Canada, 2012
- [6] Guy Roberts, PhD Dr. Ir. Pieter-Tjerk de Boer, Quantum Key Distribution in a Pan-European Network of National Research and Education Networks, University of Twente Enschede, 2022
- [7] Smartwear. Legislatívna lietania s dronmi na slovensku 2021. Online. Dostupné na: <https://smartwear.sk/2021/02/10/legislativa-lietania-s-dronmi-na-slovensku-2021/>
- [8] David D. Murakami, Sreeja Nag, Miles Lifson and Parimal H. Kopardekar, Space Traffic Management with a NASA UAS Traffic Management (UTM) Inspired Architecture, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2019



ANALÝZA RIZÍK PREVÁDZKY UAS V OSOBITEJ KATEGÓRII

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

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

Abstract

The rapid development of drone technology brings a wide range of opportunities in various sectors, but the integration of drones into urban environments requires a careful assessment of ground risks. This thesis explores the challenges and solutions of risk assessment in Žilina. The thesis uses the SORA (Specific Operations Risk Assessment) methodology and analyses available population density data and city maps. The analysis shows that the operation of UAS in Žilina is associated with different degrees of ground risks, which vary depending on the location and type of operation. The densely populated city centre poses the highest risk. Responsible operation of UAS requires a comprehensive approach to risk management that includes precise route planning, risk mitigation strategies and use of data.

Keywords

UAS, SORA, risk assessment, urban environment, Žilina

1. Úvod

Rýchly vývoj technológie dronov otvoril široké možnosti v rôznych priemyselných odvetviach a sľubuje revolučný pokrok v logistike, monitorovaní infraštruktúry a nespočetných ďalších aplikáciách. Úspešná integrácia dronov do zložitého mestského prostredia však čelí zásadnej výzve - zaisteniu bezpečnosti. Základom zodpovednej prevádzky dronov je posúdenie pozemných rizík, dôkladné vyhodnotenie potenciálnych rizík pre ľudí a majetok v prípade zlyhania dronu. Metodika posudzovania špecifických prevádzkových rizík (SORA), ktorú zaviedla Agentúra Európskej únie pre bezpečnosť letectva (EASA), poskytuje štruktúrovaný rámec na hodnotenie a zmierňovanie týchto rizík. Účinnosť metódy SORA však závisí od jedného kľúčového prvku: dostupnosti presných a podrobných geopriestorových údajov.

V tejto práci sa skúmajú výzvy spojené s hodnotením pozemných rizík pri prevádzke dronov v meste Žilina na Slovensku. Hoci Žilina ponúka sľubnú prípadovú štúdiu potenciálnych prínosov technológie dronov, jej súčasné rozhranie údajov prináša značné obmedzenia. Mesto Žilina na Slovensku so svojou kombináciou husto obývaných mestských častí, rozľahlých priemyselných zón a malebných okrajových častí predstavuje jedinečný priestor na skúmanie integrácie technológie dronov. Táto práca sa zaoberá výzvami a možnými riešeniami pri hodnotení rizík v Žiline. Analyzuje obmedzenia vyplývajúce zo súčasných údajov, skúma hypotetické scenáre demonštrujúce hodnotu údajov s vyšším priestorovým rozhraním a podporuje vytvorenie príslušných riešení na odstránenie týchto nedostatkov v údajoch. Cieľom je vytvoriť rámec pre presnejšie modelovanie rizík v Žiline a podporiť budúcnosť, v ktorej bude možné bezpilotné lietadlá bezproblémovo a bezpečne integrovať do prevádzky mesta.

2. Metodika a metódy skúmania

Tento výskum sa zameriava na mesto Žilina na Slovensku, ktoré je primárnou prípadovou štúdiou pre vykonanie komplexného hodnotenia pozemných rizík pri prevádzke UAS.

Analýza zahŕňa rôznorodú mestskú štruktúru vrátane obytných oblastí, komerčných zón a priemyselných oblastí. V závislosti od dostupnosti údajov o využívaní územia by sa na konkrétne priemyselné zóny alebo určené okrajové časti mohlo zamerať viac pozornosti vzhľadom na ich potenciál ako letových úsekov s nižším rizikom.

Hlavným cieľom tohto prieskumu je identifikovať a analyzovať kľúčové faktory ovplyvňujúce priradenie tried pozemného rizika (GRC) v rámci Žiliny. GRC sú základným meradlom pri určovaní vhodných zmierňujúcich stratégií a prevádzkových obmedzení potrebných na zabezpečenie bezpečnej integrácie bezpilotných lietadiel do vzdušného priestoru mesta. Pochopenie vzájomného pôsobenia medzi charakteristikami pozemných oblastí a GRC má priamy vplyv na plánovanie trás, výber zmierňujúcich opatrení a celkovú realizovateľnosť rôznych aplikácií dronov.

S cieľom poskytnúť presný a štandardizovaný základ pre toto posúdenie pozemných rizík sa ako smerodajný teoretický model prijíma rámec špecifického posúdenia prevádzkových rizík (SORA). SORA poskytuje štruktúrovanú metodiku hodnotenia rizík spojených s prevádzkou dronov s osobitným dôrazom na potenciálny vplyv na ľudí a majetok na zemi.

Posúdenie pozemných rizík pre prevádzku UAS v „špecifickú“ kategórii. v Žiline využíva ako základný návod rámec špecifického posúdenia prevádzkových rizík (SORA), ktorý vytvorila Agentúra Európskej únie pre bezpečnosť letectva (EASA). Obmedzenia verejne dostupných údajov si však vyžadujú hybridný metodický prístup, ktorý kombinuje

kvantitatívne techniky s kvalitatívnym hodnotením, aby sa vytvorilo prvotné chápanie pozemného rizika.

2.1. Postup získavania dát

Počiatková fáza tohto výskumu sa sústredila na získanie základných súborov údajov potrebných na vykonanie zmysluplnej analýzy rizík pre Žilinu. Rozhodujúce boli dva základné typy údajov:

Údaje o hustote obyvateľstva: Vzhľadom na to, že hustota obyvateľstva slúži ako hlavný faktor výpočtu triedy pozemného rizika (GRC) v rámci SORA, bolo venované značné úsilie získaniu čo najdetailnejších verejne dostupných údajov o hustote obyvateľstva. Prvotné otázky smerovali na Štatistický úrad SR, keďže je oficiálnym zdrojom demografických informácií na Slovensku. Nakoniec sa získali údaje o hustote obyvateľstva na úrovni okresov, ktoré predstavujú najlepšie dostupné rozlíšenie.

Mapy využitia územia: Na doplnenie údajov o hustote obyvateľstva a identifikáciu potenciálnych rozdielov v aktivitách na úrovni krajiny v rámci širších okresov boli vyhľadane podrobné mapy využitia pôdy. Prioritou boli oficiálne zdroje a na webovej stránke Žilinského samosprávneho kraja sa skúmali všetky verejne dostupné mapy, údaje GIS alebo územné plány. Okrem toho sa skúmala aj OpenStreetMap a Google Earth ako potenciálny zdroj aktuálnych informácií o využívaní územia.

2.2. Štatistická analýza

Získali sa a analyzovali údaje o hustote obyvateľstva na úrovni mestských a prímestských časti Žiliny, ktoré predstavujú najdetailnejší dostupný súbor údajov. Pre každú oblasť sa vypočítali kľúčové ukazovatele, ako napríklad hustota obyvateľstva ako primárneho kvantitatívneho ukazovateľa pre klasifikáciu do triedy pozemného rizika (GRC).

2.3. Kvalitatívna analýza

Pri absencii podrobných údajov o obyvateľstve bola kvalitatívna analýza dostupných máp a popisov využitia pôdy rozhodujúca pri rozlišovaní medzi zónami zaradenými do rovnakej všeobecnej kategórie. Napríklad rôzne priemyselné zóny sa interpretovali na základe ich pravdepodobnej úrovne činnosti, čo naznačuje rozdiely v riziku v rôznych častiach mesta.

2.4. Mapovanie GIS

Softvér GIS bol použitý na vytvorenie vizualizácií údajov o hustote obyvateľstva s mapami využitia pôdy získanými zo stránky Žilinského samosprávneho kraja. Táto geopriestorová analýza umožnila identifikovať potenciálne vysokorizikové koncentrácie v rámci širších častí Žiliny a poskytla informácie o predbežných hypotézach.

3. Výsledky

Táto štúdia sa zameriava na mesto Žilina na Slovensku ako reprezentatívne mestské prostredie na analýzu uskutočniteľnosti prevádzky UAS v osobitej kategórii z hľadiska pozemných rizík. Ako technologický základ pre túto analýzu bude slúžiť DJI Matrice 300 RTK, stredne veľký dron bežne používaný na komerčné účely.

Hodnotenie špecifických operačných rizík (SORA) poskytuje systematický prístup k hodnoteniu a zmierňovaniu pozemných rizík, ktoré predstavujú operácie dronov. Ústredným prvkom tohto procesu sú nasledujúce kľúčové koncepcie.

3.1. Počiatkové pozemné riziko (iGRC)

Výpočet počiatkovej triedy pozemného rizika dronu (iGRC) je základný rizikový faktor, ktorý sa určuje predovšetkým na základe potenciálu kinetickej energie alebo rýchlosti a charakteristických rozmerov (veľkosti) dronu. Tento výpočet sa riadi referenčnými tabuľkami SORA. Tabuľka je uvedená na obrázku č. 3. Napríklad dron DJI Matrice 300 RTK by na základe svojich špecifikácií pravdepodobne patril do rozsahu iGRC 5 - 6.

Tabuľka 1. Zhodnotenie pozemného rizika podľa rýchlosti a veľkosti UAV ku hustote obyvateľstva podľa SORA [23]

Trieda pozemného rizika GRC						
Maximálny rozmer	1m / approx. 3ft	3m / approx. 10ft	8m / approx. 25ft	20m / approx. 65ft	40m / approx. 130ft	
Maximálna rýchlosť	25 m/s	35 m/s	75 m/s	150 m/s	200 m/s	
Hustota obyvateľstva (osôb/km ²)	Controlled ground area	1	2	3	4	5
	< 25	3	4	5	6	7
	< 250	4	5	6	7	8
	< 2,500	5	6	7	8	9
	< 25,000	6	7	8	9	10
	< 250,000	7	8	9	10	11
	> 250,000	7	9	Nie je súčasťou SORA		

3.2. Hustota obyvateľstva

Kombináciou sčítania obyvateľov a údajov o rozlohe pridruženej mestskej časti sa vypočítali približné odhady o hustote obyvateľstva (ľudia/km²) pre okresy ako Solinky, Vlčince, Závodie a ďalšie. Tým sa získali potrebné informácie pre všeobecnú kategorizáciu na zóny s vysokou, strednou a potenciálne nižšou hustotou.

Je nevyhnutné si uvedomiť obmedzenia vyplývajúce z dostupných údajov. Nedostatok údajov o hustote obyvateľstva v jemnej štruktúre (ideálne naj úrovni obytných blokov,) bráni presnému určeniu GRC podľa metodiky SORA. Oblasti s nižšou hustotou obyvateľstva pravdepodobne existujú v rámci určitých častí mesta, ktoré sú zaradené do kategórie strednej alebo vysokej hustoty obyvateľstva, ale bez presnejších údajov ich nemožno presne určiť.

Predložená analýza poskytuje všeobecné posúdenie pozemných rizík v Žiline. Hoci je cenná pre určenie všeobecných zón uplatniteľnosti, nemôže nahradiť prepracovanejšiu analýzu SORA, ktorá využíva vysoko podrobné údaje o hustote obyvateľstva, podrobné mapy využitia pôdy, informácie o doprave a pohyboch ľudí počas dňa.

3.3. Stratégie zmierňovania

Návrh trasy

Strategické plánovanie trasy je základom znižovania rizika v prostredí s rôznou hustotou. Uprednostňovanie trás cez menej

obývané oblasti a priemyselné zóny minimalizuje potenciál ohrozenia a zranenie ľudí na zemi.

Obmedzenia v čase počas dňa

Prevádzka počas obdobia minimálnej aktivity (napr. skoro ráno alebo v noci) ďalej znižuje riziko, najmä v oblastiach so strednou hustotou obyvateľstva. Časové obmedzenia počas dňa sú často nevyhnutným nástrojom na zmiernenie následkov.

Zmenšenie kritickej plochy

Opatrenia, ako napríklad padákové systémy, môžu zmierniť závažnosť dopadu v prípade poruchy dronu. Vďaka použitiu padáku sa zmenší kritická plocha a tým je možné znížiť triedu GRC, najmä pri využití väčších dronov. Ich adekvátna úloha, najmä v zónach s vyššou hustotou osídlenia, sa stáva rozhodujúcou.

Dôsledná údržba

Prísne dodržiavanie protokolov údržby a predletových kontrol je nevyhnutné na minimalizáciu pravdepodobnosti porúch zariadenia a následných incidentov.

Využitie priestrešia

Potenciálne zníženie vplyvu pozemného ohrozenia a zníženie triedy GRC vďaka využitiu trasy ponad strechy a tým znížiť počet ľudí v plánovanej trase. V prípade nekontrolovaného pádu môžu blízke konštrukcie čiastočne absorbovať kinetickú energiu dronu, čo môže zmierniť závažnosť dopadu na osoby alebo majetok pod nimi.

3.4. Prehľad mesta

Žilina, štvrté najväčšie mesto na Slovensku, sa nachádza v severozápadnej časti krajiny. Má približne 80 000 obyvateľov a leží v údolí obklopenom horskými oblasťami. Mestská oblasť Žiliny sa vyznačuje rôznou hustotou osídlenia, čo predstavuje zaujímavý testovací priestor na hodnotenie uskutočniteľnosti prevádzky dronov z hľadiska pozemných rizík. Medzi kľúčové prvky jej mestskej morfológie patria:

Husto osídlené centrum mesta a mestské časti ako Solinky, Hliny a Staré Mesto predstavujú husto obývané oblasti s koncentráciou obytných a obchodných budov.

Ďalšie mestské časti alebo prímestské časti ako Vlčince a Bytčica vykazujú rôznu hustotu zástavby s kombináciou rodinných domov, bytových komplexov a potenciálnych zelených plôch.

Priemyselné oblasti v rámci Žiliny a v okolí zahŕňajú priemyselné a obchodné zóny, ktoré potenciálne ponúkajú aj úseky s nižšou hustotou vhodné na prevádzku dronov.

Primárnym zdrojom údajov pre túto analýzu je Štatistický úrad SR a oficiálna webová stránka mesta Žilina, ktoré poskytli počty obyvateľov pre správne časti mesta Žilina. Tieto zdroje informácií poskytli údaje o počte obyvateľov, rozdelenie mesta do častí, rozloha týchto častí, ale aj hustote obyvateľstva. Využitý bol aj mapový systém GIS mesta Žilina.

Vzhľadom na nedostatok údajov o hustote obyvateľstva, v niektorých častiach, bolo nutné tento údaj dopočítať na základe určenia rozlohy z máp. Nedostatok verejne dostupných informácií v jemnej štruktúre (ideálne na úrovni obytných

blokov) bráni presnému určaniu GRC podľa metodiky SORA. Z dôvodu presnejšieho výpočtu boli použité ako uverejnené štatistické údaje mesta aj mapové systémy.

3.5. Stanovenie pozemného rizika (GRC)

Na základe nájdených údajov na stránkach mesta a využitiu systému GIS mesta Žilina bolo možné určiť hustotu obyvateľstva pre každú časť mesta. Následne bolo možné podľa tabuľky pre určenie pozemného rizika, v rámci metodiky SORA, určiť pre každú časť mesta príslušné pozemné riziko GRC. Tieto hodnoty sú uvedené v tabuľke. Hodnotenie pozemných rizík mesta Žilina je tiež vyobrazené na mape na obrázku.



Obrázok 1. Zhodnotenie a zobrazenie jednotlivých častí mesta Žilina s priradeným pozemným rizikom GRC [25]

3.6. Husto osídlené oblasti

Základné GRC pre sídliska ako Solinky a Hliny budú pravdepodobne začínať so základným GRC 7 alebo dokonca 8 vzhľadom na ich mimoriadne vysokú hustotu obyvateľstva.

Mestské časti Hájik, Hliny, Solinky, Staré Mesto, Vlčince a Bôrik tvoria jadro Žiliny a vykazujú najvyššiu hustotu obyvateľstva. Prevládajúca hodnota GRC 7 v tomto regióne zdôrazňuje potrebu mimoriadnej opatrnosti pri plánovaní trasy dronov. Hoci tieto oblasti nesporne predstavujú najväčšie pozemné riziko.

V rámci tohto mestského jadra je kombinácia využitia pozemkov pravdepodobne rôznorodá a môže zahŕňať obytné štvrte, rušné obchodné oblasti a dokonca aj zóny ľahkého priemyslu. Bez podrobných máp využitia územia a detailných údajov o hustote obyvateľstva je prakticky nemožné s istotou vymedziť bezpečné letové koridory. Strategické plánovanie letov však môže byť stále možné, a to zameraním sa na také prvky, ako sú parky, rozsiahle otvorené priestranstvá alebo menej obývané okrajové časti týchto rizikových oblastí.

Aj pri ideálnych trasách obmedzených na parky a málo frekventované ulice môže dosiahnuté zníženie GRC stále zachovať centrum mesta vo vysoko rizikovej kategórii (GRC 6 alebo viac). Okrem toho sa na Solinkách a Hlinách nachádza niekoľko veľmi frekventovaných prieschodov pre chodcov vrátane križovatky ulíc Obvodová - Centrálna, križovatky ul. Komenského - ul. Mostná - ul. Lichardová a križovatky ul. Hlinská - ul. Nešporová - ul. Saleziánska. To naznačuje, že ani najoptimistickejší návrh trasy nemusí byť schopný dostatočne

znižiť GRC, čo má za následok naďalej vysoko rizikovú kategorizáciu (GRC 6 alebo viac).

Efekt ochranného prístrešia by mohol zohrávať určitú úlohu v husto zastavaných oblastiach v centre mesta. Hoci zmiernenie stupňa pozemného rizika je prospešné, prevládajúca vysoká hustota obyvateľstva stále vedie k vysokej počiatkovej hodnote GRC, ktorá sa nemusí dostatočne znížiť.

Opatrenia, ako sú napríklad pozorovatelia, sa ťažšie účinne používajú v husto osídlených mestských oblastiach z dôvodu obmedzení priamej viditeľnosti. Takéto opatrenie by mohlo ešte viac zvýšiť náklady a znížiť využiteľnosť trás v centrách miest.

3.7. Menej husto obývané mestské a prímestské časti

Základné GRC pre stredne husté mestské časti ako Vlčince pravdepodobne začínajú s GRC 5 alebo 6. Je však pravdepodobné, že aj v rámci jednej mestskej časti budú značné rozdiely. Prítomnosť frekventovaných priechodov pre chodcov, ako napríklad na Kysuckej a Košickej ulici, v niektorých z týchto oblastí strednej hustoty odhaľuje prirodzenú premenlivosť. Hoci pozdĺž niektorých úsekov môžu existovať potenciálne menej rizikové trasy preletov, presná identifikácia týchto konkrétnych trás si vyžaduje podrobnejšie údaje o obyvateľstve.

Oblasti s prideleným GRC 6, ako sú Bytčica, Považský Chlmec, Trnové, Závodie a Hliny V, ponúkajú potenciálnu prechodnú zónu pre prevádzku dronov. Celková hustota obyvateľstva je nižšia ako v mestskom jadre. Veľké obytné oblasti v rámci týchto štvrtí by mohli ponúkať trasy s nižším rizikovým profilom, zatiaľ čo zóny so zmiešanou komerčnou a priemyselnou činnosťou by si vyžadovali konzervatívnejšie stratégie zmiernenia rizík. Je veľmi pravdepodobné, že aj v rámci týchto okresov so stredným rizikom sa skrýva nestálosť - ohniská s neočakávané vysokou hustotou obyvateľstva alebo pešieho pohybu.

Odľahlejšie časti ako Bánová, Brodno, Mojšová Lúčka, Zástranie a Zádubnie poskytujú nádej na menej obmedzené operácie dronov vzhľadom na ich všeobecne nízku hustotu obyvateľstva. K priradeniu GRC 5 je však potrebné pristupovať opatrne. Rekreačné oblasti alebo významné miesta môžu priťahovať sezónne davu ľudí, čo náš súčasný súbor údajov nezohľadňuje a mohli by výrazne zvýšiť pozemné riziko.

Pre zmiernujúci vplyv je dôležitý starostlivý návrh trasy tak, aby sa využili najmenej zastavané okraje týchto oblastí. V niektorých úsekoch by sa mohli dosiahnuť GRC potenciálne 3 - 4, najmä v kombinácii s časovými obmedzeniami počas dňa za účelom ďalšieho zníženia.

Pri dôkladnom navrhovaní trasy v prímestských oblastiach by sa mohol strategickejšie využiť vplyv ochranných prístreškov. Lietanie ponad budovy, pozdĺž menej obývaných ulíc alebo v blízkosti budov by mohlo priniesť určité výhody v oblasti zmiernenia pozemných rizík a to najmä pri využití paralelných letových tras voči uliciam, kde sa môže vyskytovať väčšie množstvo ľudí.

Kľúčom k prímestským trasám je to, že niektoré z nich majú potenciál pre prijateľné GRC, ale ich konkrétna identifikácia si vyžaduje veľmi podrobné údaje alebo miestne znalosti.

3.8. Priemyselné oblasti

Priemyselné a obchodné zóny majú často nižšiu hustotu obyvateľstva, čo môže viesť k základným GRC v rozsahu 4-5. Bez podrobných máp využitia územia a údajov o hustote obyvateľstva však nemôžeme s istotou určiť rozsah a umiestnenie skutočne nízkorizikových zón v priemyselných oblastiach. V rámci širšieho priemyselného územia sa môžu nachádzať koncentrované oblasti s vyššou koncentráciou obyvateľstva alebo nevyužitá plocha, ktorá je zakrytá v rámci širšieho priemyselného priestoru.

Strategické vedenie trasy môže spôsobiť, že GRC budú v určitých oblastiach ešte nižšie. Menej náročné zmiernenia by mohli byť dostatočné, čím by sa prevádzka týchto trás mohla stať výhodnejšou z rôznych hľadísk.

V závislosti od konkrétnej priemyselnej oblasti môže byť účinok prístrešku užitočný v okolí skladov, továrni alebo pozdĺž terénnych prvkov voči cestám, alebo uliciam s hustým výskytom ľudí.

Presné posúdenie rizika v priemyselných zónach si vyžaduje komplexné pochopenie činností, infraštruktúry a potenciálnych rizík v každej oblasti. Táto analýza sa bude zaoberať špecifickými charakteristikami žilinských priemyselných zón a ich dôsledkami pre prevádzku dronov. Všetky priemyselné oblasti su označené na obrázku.

Žilinská teplárenská – tepláreň predstavuje mierne pozemné riziko vzhľadom na kombináciu prevádzkových strojov, skladovacích nádrží a súvisiacej infraštruktúry. Prítomnosť ťažkých vozidiel a možnosť úniku pár alebo plynu si vyžaduje opatrné plánovanie letu a stratégie na zmiernenie následkov. [26]

Považské chemické závody (PCHZ) - bývalý chemický komplex PCHZ, ktorý je v súčasnosti sídlom rôznych podnikov, je dôvodom na klasifikáciu vysokého pozemného rizika. Pozostatky chemickej výroby a potenciálna prítomnosť nebezpečných materiálov predstavujú významné riziko pre prevádzku dronov. [26]

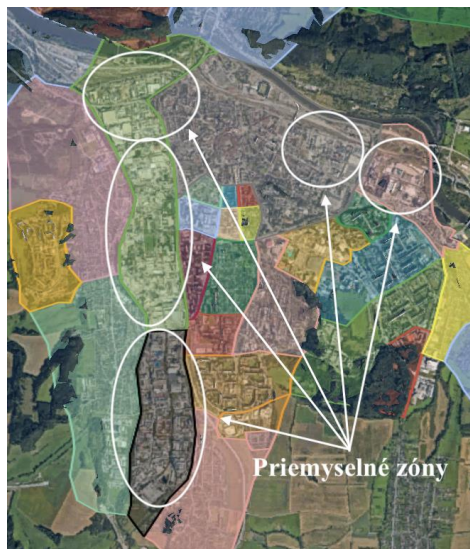
Západné Priemyselné Pásmo - zahŕňa rôzne podniky, čo si vyžaduje posúdenie rizík pre každú prevádzku dronov na konkrétnom mieste. Prítomnosť ťažkých strojov, skladovacích zariadení a potenciálne nebezpečných materiálov si vyžaduje obozretný postup. [26]

Východné Priemyselné Pásmo - predstavuje podobné rizikové úvahy ako Západné Priemyselné Pásmo. Rôznorodá zmes podnikov a súvisiacich činností si vyžaduje podrobné hodnotenie rizík. [26]

Metsä Tissue - papierenský podnik, spadá do klasifikácie mierneho pozemného rizika. Prítomnosť ťažkých strojov, skladovacích priestorov a potenciálny výskyt papierového prachu alebo úlomkov si vyžaduje starostlivé plánovanie letov a stratégie na zmiernenie rizík. [26]

Slovena Žilina - bývalý závod na spracovanie kaučuku, v súčasnosti priemyselná oblasť so zmiešaným využitím, si vyžaduje posúdenie rizika špecifického pre danú lokalitu pre každú prevádzku. [26]

ZVL Žilina - strojársky podnik, predstavuje mierne pozemné riziko vzhľadom na ťažké stroje, výrobné procesy a skladovacie priestory. [26]



Obrázok 2. Priemyselné zóny v Žiline [25]

3.9. Vyhodnotenie výsledkov

Vyhodnotenie tohto posúdenia pozemných rizík pre prevádzku dronov v Žiline vykresľuje obraz bohatý na možnosti, ktoré zároveň obmedzuje rozhodujúci nedostatok údajov. Hoci analýza úspešne vytvorila rámec na kategorizáciu trás a preskúmanie potenciálnych stratégií na zmiernenie dôsledkov, premietnutie týchto koncepcií do prevádzkovej reality závisí od poskytnutia podstatných chýbajúcich a presnejších údajov.

Aj keď je spoliehanie sa na všeobecné modely využitia územia (centrum mesta, predmestie, okrajové časti) obmedzené verejnými aktuálne dostupnými údajmi, jeho sila spočíva v intuitívnom koncepčnom chápaní prostredia a pozemných rizík v Žiline. Kategorizácia trás týmto spôsobom stanovuje prirodzené rozdiely v rizikových profiloch medzi týmito modelmi územia - mestské oblasti predstavujú najvyššie riziko, okrajové časti naznačujú potenciálne nízkorizikové trasy - aj keď presná identifikácia rizika je v tomto štádiu neistá. Tento rámec má zásadný význam, keď budú k dispozícii podrobnejšie údaje, pretože poskytuje štruktúru na použitie kvalitnejších údajov na spresnenie plánovania trás a stratégií zmiernenia rizík.

Preskúmanie potenciálnych stratégií zmiernenia rizík, dokonca aj v hypotetickom kontexte, poukazuje na mnohostranný prístup potrebný na zodpovedné riadenie rizík spojených s dronmi. Tým, že sa popri fyzických opatreniach, ako sú pozorovatelia a núdzové pristávacie zóny, aj o časové obmedzenia, sa v tejto analýze zdôrazňuje, že neexistuje jednotné riešenie zmiernenia. Namiesto toho si výsledný prevádzkový plán bude vyžadovať diferencovaný, na mieru šitý postup pri výbere zmiernujúcich opatrení, ktoré budú zodpovedať špecifickým, údajmi podloženým rizikám na každej trase.

Pochopenie potenciálnych výhod priestreškov v určitých situáciách, aj bez možnosti jeho presného modelovania, je kľúčové z dvoch hľadísk. Po prvé, preukazuje to komplexné pochopenie rizikových faktorov a potenciálnych techník

zmiernovania rizík relevantných pre operácie dronov. Po druhé, zdôrazňuje vplyv chýbajúcich údajov. Čím podrobnejšie je chápanie infraštruktúry mesta Žilina (výška budov, voľné priestranstvá, ulice a cesty), tým väčšia je schopnosť nielen identifikovať potenciálne rizikové zóny, ale aj oblasti, kde priestrešie toto riziko výrazne znižuje.

Tieto tvrdenia však existujú prevažne v teoretickej rovine vzhľadom na súčasné limitované údaje. Tento systém síce existuje, ale jeho jednotlivé oblasti nie sú dostatočne známe a definované. Stratégie na zmiernenie dopadov sa považujú za dôležité, ale ich účinnosť a pomer nákladov a prínosov v konkrétnych scenároch sa nedá presne posúdiť.

Táto iníciačná analýza teda slúži ako presvedčivý argument pre významnú hodnotu údajov. Uvedené informácie ukazujú potenciál na vypracovanie spoľahlivého, praktického a bezpečného prevádzkového plánu dronov pre Žilinu - uvoľnenie tohto potenciálu však plne závisí od aktualizácie východiskových zdrojov údajov.

Stránky načrtnuté v tejto analýze ukazujú, že ide o prvý nevyhnutný krok pri akomkoľvek komplexnom uplatňovaní teoretických konceptov v reálnom svete. Navrhnuté hypotetické trasy, skúmanie stratégií zmiernenia a využitie trás nad budovami predstavujú transformáciu teórie posudzovania rizík do podoby použiteľnej v špecifickom mestskom kontexte Žiliny. Tieto základné prvky však zostávajú do určitej miery abstraktné; ich premietnutie do prevádzkových riešení, ako je výber konkrétnej trasy a realizácia zmiernujúcich opatrení, je v súčasnosti presne nešpecifikovaná.

Získaním podrobných údajov o hustote obyvateľstva, podrobných máp využitia územia a presnejších informáciách o pohybe obyvateľstva, ktoré sú považované za nevyhnutné, môže Žilina premeniť tieto teoretické poznatky na praktické. Kategorizačný rámec sa bude ďalej rozvíjať od všeobecných kategórií k presne určeným úsekom trás s spoľahlivo priradenými GRC. Stratégie zmiernenia môžu prejsť od hypotetických diskusií k plánom prispôbeným na mieru, s časovými obmedzeniami počas dňa presne určenými pre oblasti s overiteľným vysokým pohybom chodcov a rozmiestnením pozorovateľov na základe potvrdených rizík, a nie najhorších predpokladov.

Rozhodujúcim prepojením medzi teóriou a bezpečnou a účinnou praxou sú spoľahlivé údaje. Táto analýza zdôrazňuje toto prepojenie a pripravuje základy pre úspešný proces, keď sa podarí zlepšiť údajovú oblasť.

Toto zameranie na dôležitú úlohu údajov pri praktickom vykonávaní prevádzkových činností dronov je v súlade s novými tendenciami v literatúre o hodnotení rizík dronov v celosvetovom meradle. Štúdie a diskusie o regulácii čoraz častejšie zdôrazňujú potrebu lokalizovaných, kontextovo špecifických hodnotení, ktoré presahujú všeobecné predpoklady. Agentúra Európskej únie pre bezpečnosť letectva (EASA) vo svojom usmernení k metodikám SORA (Specific Operations Risk Assessment) zdôrazňuje dôležitosť prispôbenia hodnotenia rizík špecifikám prevádzky a miestneho prostredia.

Zameranie Žiliny na budovanie modelu hodnotenia rizík na základe údajov o pozemnej prevádzke ju stavia do pozície, ktorá jej umožňuje nielen splniť regulačné požiadavky, ale stať sa

potenciálnym prispievateľom k osvedčeným postupom v oblasti bezpečnej, na údajoch založenej integrácie dronov v mestskom prostredí.

3.10. Návrh riešenia

Súčasný údaj o hustote obyvateľstva na úrovni sídlisk, alebo oblastí v kombinácii s mapami využitia územia výrazne obmedzujú presné posúdenie pozemných rizík pre prevádzku dronov v Žiline. Nemôžeme s istotou určiť nízkorizikové letové trasy, ktoré by mohli byť v budúcnosti využívané na prevádzku dronov. Bez podrobných údajov je výber najvhodnejších a nákladovo najefektívnejších stratégií zmiernenia zložitý, čo môže viesť k nadmernému obmedzovaniu. Nedostatok konkrétnych údajov môže oslabiť dôveru v bezpečnosť navrhovaných operácií dronov, čo komplikuje schvaľovací proces.

Pre správnu analýzu sa musia prioritne zaobstarať presné údaje, aby bolo možné správne určiť pozemné riziká. Zaobstaranie údajov o hustote obyvateľstva na čo najdetailnejšej úrovni a využití priemyselných území.

Dôležité sú aj informácie o ďalších súboroch údajov alebo historických záznamoch, ktoré by mohli byť podkladom pre hodnotenie pozemného rizika (napr. sezónne výkyvy obyvateľstva, vzorce pohybu chodcov alebo udalosti s veľkými zhromaždeniami ľudí).

Hoci získanie takýchto súborov informácií a následná spresnená analýza predstavujú významný technický úspech, úplná realizácia bezpečnej a užítkovej prevádzky dronov v Žiline si vyžaduje mnohostranný implementačný prístup. Ten zahŕňa transformáciu teoretických poznatkov z analýzy do štruktúrovaného prevádzkového plánu, ktorý zabezpečí rovnováhu medzi bezpečnosťou, efektívnosťou, dodržiavaním právnych predpisov a pochopením zo strany obyvateľstva.

Základom realizačného plánu je vytvorenie základnej siete trás bezpilotných lietadiel. Trasy budú rozdelené do kategórií podľa presne navrhnutých GRC na základe údajov o hustote osídlenia a využívaní územia. Trasy budú navrhnuté tak, aby podľa možnosti prioritne prechádzali zónami s nízkou hustotou osídlenia, jednotlivými priemyselnými oblasťami, ktoré sa považujú za primerané (napr. sklady s nízkou aktivitou), a ďalšími trasami, v ktorých sa dá s istotou využiť ochranné prístrešie. Súčasťou plánu je aj proces úprav trasy, ktorý je súčasťou údajov v reálnom čase o prechodných zmenách rizikových faktorov v danej oblasti (napr. festivaly, stavebné zóny, nepriaznivé počasie).

Každá trasa alebo konkrétne úseky v rámci trasy budú mať prispôsobený plán zmiernenia, ktorý bude vychádzať z možností uvedených v metodike SORA.

Spresnenie založené na údajoch umožňuje rôznorodé uplatňovanie zmiernujúcich opatrení. V mnohých prípadoch môžu postačovať časové obmedzenia počas dňa, zatiaľ čo vytyčovanie pozorovacích alebo núdzových pristávacích zón je vyhradené pre oblasti s najvyššou trvalo vysokou hodnotou pozemných rizík GRC.

Tento prístup optimalizuje bezpečnosť a zároveň zabezpečuje, aby zmiernujúce opatrenia zostali primerané skutočnému

rizikovému profilu, čím sa podporuje prevádzková efektívnosť a nákladová hospodárnosť.

Metodika podložená údajmi, návrhy trás a zodpovedajúce zmiernujúce postupy budú komplexne a transparentne predložené príslušným regulačným orgánom (napr. Dopravnému úradu SR).

Tento proaktívny prístup podtrhuje snahu o bezpečnosť a dodržiavanie usmernení SORA. Cieľom je podporiť spoluprácu a zefektívniť schvaľovacie procesy, keďže plán založený na údajoch neodmysliteľne rieši hlavné regulačné problémy.

Predpokladom úspešného dlhodobého fungovania je akceptácia operácií bezpilotných lietadiel zo strany verejnosti. Komunikačná stratégia zameraná na verejnosť vysvetlí prísny prístup založený na rizikách a podrobne opíše zavedené bezpečnostné opatrenia.

To môže zahŕňať interaktívne online mapy, na ktorých si občania môžu vizualizovať schválené trasy alebo dostávať oznámenia o plánovaných letových činnostiach, čo podporuje predvídateľnosť a zvyšuje dôveryhodnosť.

Pod'akovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu 313011ATR9 "Výskum a vývoj využiteľnosti autonómnych lietajúcich prostriedkov v boji proti pandémiej spôsobenej COVID-19".

4. Záver

Táto diplomová práca sa zaoberala komplexnou analýzou prevádzky a hodnotením pozemných rizík v kontexte prevádzky bezpilotných lietadiel (UAS) v meste Žilina. Práca sa opiera o osvedčenú metodiku SORA (Specific Operations Risk Assessment) a zohľadňovala dostupné dáta o hustote obyvateľstva a mapy mesta.

Výsledky analýzy preukázali, že prevádzka UAS v Žiline je spojená s rôznymi stupňami pozemných rizík, ktoré sa líšia v závislosti od lokality a typu prevádzky. Husto osídlené centrum mesta predstavuje najvyššie riziko, zatiaľ čo okrajové časti a priemyselné zóny ponúkajú potenciál pre prevádzku s nižším rizikom.

Práca zdôraznila dôležitosť komplexného prístupu k riadeniu rizík. Zodpovedná prevádzka UAS si vyžaduje komplexný prístup k riadeniu rizík, ktorý zahŕňa precízne plánovanie trás, implementáciu stratégií na zmiernenie rizík, využívanie dostupných údajov a úzku spoluprácu s miestnymi orgánmi. Implementovaním navrhovaných opatrení a stratégií môže pomôcť minimalizovať riziká spojené s prevádzkou UAS a prispieť k bezpečnej a zodpovednej integrácii UAS do mestského prostredia.

Ďalší výskum by sa mal zamerať na získavanie a analýzu podrobných údajov o rizikách, vývoj a testovanie stratégií na zmiernenie rizík a vypracovanie zjednodušeného prístupu UAS v osobitej kategórii pre prevádzku v mestách.

Preto je dôležité, aby piloti UAS dodržiavali všetky platné predpisy a nariadenia a zároveň implementovali odporúčané postupy riadenia rizík. Týmto spôsobom môže prevádzka UAS

priniest mestám a ich obyvateľom značné benefity, a to bez toho, aby ohrozila bezpečnosť ľudí a majetku. • Takáto prevádzka môže mať pozitívny vplyv na rôzne oblasti mestského života, ako napríklad monitoring infraštruktúry, doručovanie tovaru a letecké snímkovanie. Taktiež dôležitou súčasťou je zvyšovanie povedomia o prevádzke UAS medzi verejnosťou a vybudovať dôveru v túto technológiu.

Referencie

- [1] BAE SYSTEMS. What are Unmanned Aerial Systems? Online. BAE Systems. Dostupné z: <https://www.baesystems.com/en-us/definition/what-are-unmanned-aerial-systems>. [cit. 2024-05-01].
- [2] SKYBRARY. Unmanned Aerial Systems (UAS). Online. BAE Systems. Dostupné z: <https://skybrary.aero/articles/unmanned-aerial-systems-uas>. [cit. 2024-05-01].
- [3] PRO-DRONY . Inšpekcia v poľnohospodárstve. Online. PRO-DRONY . Dostupné z: <https://www.pro-drony.sk/aplikacie/inspekcia-v-polnohospodarstve/>. [cit. 2024-05-01]
- [4] VYKONÁVACIE NARIADENIE KOMISIE (EÚ) 2019/947. In: . 2019. 5. PRO-DRONY. Inšpekcia v stavebníctve. Online. PRO-DRONY. Dostupné z: <https://www.pro-drony.sk/aplikacie/inspekcia-v-stavebnictve/>. [cit. 2024-05-01].
- [5] SKYDIO. How Drones Are Used for Search and Rescue. Online. Skydio. 2023. Dostupné z: <https://www.skydio.com/blog/how-to-use-drones-for-search-and-rescue>. [cit. 2024-05-01].
- [6] M. Elloumi, R. Dhaou, B. Escrig, H. Idoudi and L. A. Saidane, "Monitoring road traffic with a UAV-based system," 2018 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Barcelona, Spain, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/WCNC.2018.8377077. [cit. 2024-05-01].
- [7] ASOCIÁCIA MÁM DRON. Drony na železničiach - príklad použitia. Online. Mamdron. Dostupné z: <https://mamdron.sk/drony-na-zelezniciach-priklad-pouzitia/>
- [8] SHERR, Ian. UPS, Amazon delivery drones a step closer to reality with new US rules. Online. In: CNET. 2020. Dostupné z: https://www.cnet.com/news/politics/ups-amazon-delivery-drones-a-step-closer-to-reality-with-new-us-rules/#google_vignette. [cit. 2024-05-01].
- [9] OPOISTENÍ. Drony na vzostupe. Pomáhajú aj v poisťovníctve. Online. OPOISTENÍ. Dostupné z: <https://www.opoistenie.sk/technologie/drony-na-vzostupe-pomahaju-aj-v-poistovnictve/c:12532/>. [cit. 2024-05-01].
- [10] M. Bugaj, A. Novák, A. Stelmach and T. Lusiak, "Unmanned Aerial Vehicles and Their Use for Aircraft Inspection," 2020 New Trends in Civil Aviation (NTCA), Prague, Czech Republic, 2020, pp. 45-50, doi: 10.23919/NTCA50409.2020.9290929.
- [11] ENERGETICKÝ KLASTER PREŠOVSKÉHO KRAJA. Termografické kontroly ako letecké práce. Online. Energetický klaster Prešovského kraja. Dostupné z: <https://ekpk.sk/energeticka-efektivnost/termograficke-kontroly-ako-letecke-prace/>
- [12] NEX, Francesco; REMONDINO, Fabio. UAV for 3D mapping applications: a review. Applied geomatics, 2014, 6: 1-15.
- [13] DRONE DELIVERY CANADA. Drone Logistics in Airports. Online. Drone Delivery Canada. Dostupné z: <https://dronedeliverycanada.com/applications/airport/>. [cit. 2024-05-01].
- [14] EASA. Specific Operations Risk Assessment (SORA). Online. EASA. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones/specific-operations-risk-assessment-sora>. [cit. 2024-05-01].
- [15] EUDRONEPORT. STS-01 Standard Scenario. Online. EUDRONEPORT. Dostupné z: <https://eudroneport.com/blog/sts-01-standard-scenarios/>. [cit. 2024-05-01].
- [16] EUDRONEPORT. Standard Scenario STS-02. Online. EUDRONEPORT. Dostupné z: <https://eudroneport.com/news/sts-02-standard-scenarios-2/>. [cit. 2024-05-01]
- [17] UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS DEPARTMENT OF CIVIL AVIATION CYPRUS. SORA Risk Assessment. Online. GOV . Dostupné z: <https://drones.gov.cy/sora-risk-assessment/>. [cit. 2024-05-01].
- [18] EUDRONEPORT. SORA Methodology. Online. EUDRONEPORT. Dostupné z: <https://eudroneport.com/blog/sora-methodology/>. [cit. 2024-05-01].
- [19] DRONETALKS. A guide to the Specific Operations Risk Assessment. Online. DRONETALKS. Dostupné z: <https://dronetalks.online/blog/the-basics-of-sora/>. [cit. 2024-05-01].
- [20] EASA. Specific Category - Civil Drones. Online. EASA. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones>. [cit. 2024-05-01].
- [21] EASA. Predefined Risk Assessment (PDRA). Online. EASA. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones-rpas/specific-category-civil-drones/predefined-risk-assessment-pdra>. [cit. 2024-05-01].
- [22] EUDRONEPORT. SORA 2.5 Methodology — Specific Operation Risk Assessment. Online. EUDRONEPORT. Dostupné z: <https://eudroneport.com/blog/sora-2-5/>. [cit. 2024-05-01].
- [23] ŽILINA. Štatistika – počet obyvateľov Žiliny a prímestských častí k 31.12.2023. Online. ŽILINA. Dostupné z: <https://zilina.sk/oznamy-mesta/statistika-pocet-obyvatelov-ziliny-a-primestskych-casti-k-31-12-2023/>. [cit. 2024-05-01]

- [25] GOOGLE. Mestské časti Žiliny. Online. Googlemaps. Dostupné z: https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1ZJH8aqpErGZWB3n5L61Yun2cGAw&hl=en_US&ll=49.224075488088836%2C18.75620482070009&z=10. [cit. 2024-05-01].
- [26] REALITNÉ SLUŽBY. Priemyselné parky. Online. RED. Dostupné z: <https://www.red.sk/priemysel/3499/priemyselne-parky>. [cit. 2024-05-01].



POLITIKA OBSTARANIA LIETADIEL LEASINGOM PODĽA MODELU PODNIKANIA LETECKÝCH DOPRAVCOV

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

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

Abstract

The paper analyses the possible dependence of airline business models and the ratio of aircraft acquired through leasing in their fleets. The research sample consisted of 15 airlines, with 4 categories of business models represented: low-cost (LCC), 2 hybrid and full-service network business model (FSC). Based on the results obtained, we can conclude the dependence of business models and leasing ratio in the case of research sample. The demonstrated dependence was confirmed in the analysis when the scale of the fleet was taken into account. The findings confirm the view of the authors describing the low-cost business model as the one with a higher tendency to acquire aircraft by leasing, and, on the contrary, the traditional network model with a lower tendency. However, unlike other authors' studies, we have shown that the increase in the proportion of leased aircraft in fleets over the 2018-2022 study period was experienced by carriers in all business model categories, and the rise in the leasing market was not driven by growth in one business model - FSC. We propose to include the ratio of leased aircraft in the airline fleet among the attributes of the business model analysis, but an important step is to consider fleet size. We recommend conducting a similar analysis on a wider sample of airlines and continuing to research this topic.

Keywords

business model, airline, fleet, aircraft acquisition, leasing, ownership, lease ratio

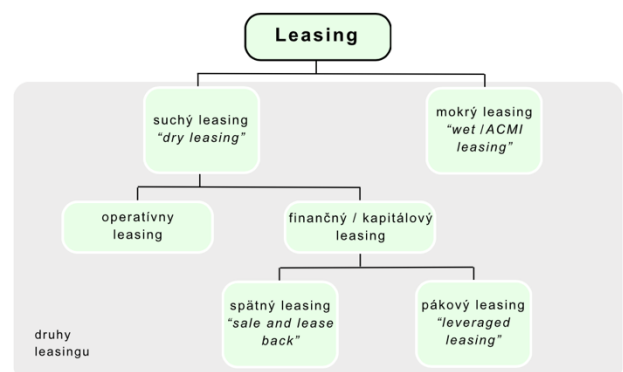
1. Úvod

Letecká doprava zohráva vo svete dôležitú úlohu, zabezpečuje presuny pasažierov a nákladu do cieľových destinácií bezpečnou formou za relatívne krátky čas. Toto odvetvie má dynamický charakter, úzko spätý s globálnou hospodárskou situáciou. Z hľadiska širšieho časového horizontu má trh so službami leteckej dopravy stúpajúci charakter napriek krízam, ktoré ho od svojho počiatku postreli. So svojím kontinuálnym rozvojom a stúpajúcim dopytom po službách leteckej dopravy letecké spoločnosti odpovedajú svojou ponukou napríklad vo forme nových spojení. Jedným zo základných pilierov ich podnikania je lietadlový park, ktorý možno definovať viacerými charakteristikami, ako sú typy lietadiel vo flotile, ich veľkosť, dolet, kapacita, technické parametre a pod. Jedným z jeho dôležitých atribútov je spôsob obstarania a financovania lietadiel.

1.1. Leasing v podnikaní leteckých dopravcov

Rozlišujeme viacero spôsobov obstarania lietadiel, medzi jeho základné spôsoby patrí priamy nákup a leasing. Pri priamom nákupe nemusí byť pôvodca obstarávaného lietadla výhradne výrobca lietadiel, ale napríklad aj iná letecká spoločnosť a pod. Stredná cesta medzi vlastníctvom lietadla a leasingom je frakčné/čiastočné vlastníctvo, typické najmä pre segment biznis letectva. Ponúka výhody vlastníctva lietadiel pri znížených nákladoch (Vasigh a Azadian, 2022). Leasing je forma obstarania lietadla, pri ktorom vzniká zmluva o predmete nájmu medzi dvoma subjektami – prenajímateľom („lessor“) a nájomcom („lessee“). Prenajímateľom môže byť banka, špecializovaná leasingová spoločnosť alebo spoločnosť založená investormi s vysokými daňami, snažiacimi sa o kapitálové úľavy na

kompenzáciu ich príjmu s cieľom zníženia daňových platieb. Nájomcom je zvyčajne letecká spoločnosť. Na základe nájomnej zmluvy je nájomca povinný platiť stanovené poplatky prenajímateľovi v priebehu vymedzeného obdobia, počas ktorého je nájomcovi udelené výhradné používanie daného lietadla (Morrell, 2007; Vasigh a Azadian, 2022). Leasingový trh zaznamenáva v posledných desaťročiach rastúci trend, najmä vďaka svojim výhodám ako sú nižšie počiatkové náklady, vyššia flexibilita či jednoduchšia modernizácia flotily. Letecké spoločnosti taktiež možno vzájomne odlišovať ich modelom podnikania (biznis modelom). Rozdelenie druhov leasingu je zobrazené na obrázku 1.

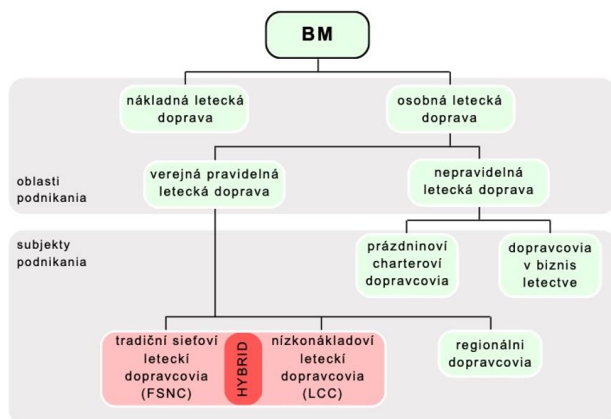


Obrázok 1. Rozdelenie druhov leasingu v leteckej doprave. Zdroj: Vlastné spracovanie.

1.2. Modely podnikania leteckých dopravcov

Letecké spoločnosti taktiež možno vzájomne odlišovať ich modelom podnikania (biznis modelom). Napriek tomu, že pojem biznis model bol prvýkrát spomenutý v odbornom článku už

v roku 1957, nejestuje preň presná definícia, na ktorej by sa akademická obec zhodla. Jeho dôležitosť dokazuje rastúce množstvo štúdií v priebehu posledných dvoch desaťročí, zaoberajúce sa problematikou modelu podnikania (DaSilva a Trkman, 2014). Na vymedzenie tohto pojmu stanovujú autori štúdií komponenty, reflektujúce jeho elementy, vlastnosti, funkcie a stavebné bloky (Sengur a Sengur, 2017). Tieto prístupy možno klasifikovať ako zamerané na špecifickú časť biznis modelu, alebo na modely podnikania ako celok – integrálny prístup (Urban a kol., 2018). Odvetvie leteckej dopravy vyznačujú modely podnikania charakteristické špecifickými atribútmi. Základným členením podnikania v leteckej doprave je rozdelenie podľa obsluhovaných segmentov: preprava osôb – podnikanie v osobnej doprave a preprava nákladu a pošty – podnikanie v nákladnej doprave (Tomová a kol., 2017). V oblasti osobnej pravidelnej leteckej dopravy sa k základnému (tradičnému sieťovému) modelu podnikania po liberalizácii trhov so službami leteckej dopravy pridal nízkonákladový model. V súčasnosti okrem týchto dvoch modelov podnikania rozlišujeme hybridné modely podnikania, kombinujúce ich charakteristiky. Okrem špecifického zamerania leteckých dopravcov na jeden z vybraných segmentov, môže ich podnikanie pozostávať v ich kombinácii (Tomová a kol., 2017).



Obrázok 2. Rozdelenie modelov podnikania v leteckej doprave. Zdroj: Vlastné spracovanie.

Obom vyššie rozoberaným segmentom leteckej dopravy, leasingovému trhu ako aj modelom podnikania sa v odbornej obci venuje veľká pozornosť. Téma Politika obstarania lietadiel leasingom podľa modelu podnikania leteckých dopravcov prepája tieto témy s cieľom preukázať možnú závislosť medzi modelmi podnikania leteckých dopravcov a pomerom obstaraných lietadiel leasingom v ich flotilách.

2. Prehľad literatúry - o analýze leteckých spoločností a ich biznis modelov

Analýze modelov podnikania sa venuje množstvo odbornej literatúry, či už so zameraním na vyhodnotenie jednotlivých komponentov, alebo aplikáciou na segment letectva s orientáciou na stále aktuálnu tému konvergencie biznis modelov.

Detailná analýza vedeckých publikácií zaoberajúca sa súčasným stavom riešenej problematiky pozostáva zo 14 štúdií. radených

chronologicky podľa roku vydania - medzi rokmi 2008 a 2023. Geografickým záberom sú všetky svetové regióny, s prevládajúcimi výskumami oblastí Európy a Severnej Ameriky. Všetci autori sú v tabuľke 1 menovaní. Okrem geografického záberu a roku vydania obsahuje tabuľka počet leteckých spoločností vo vzorke, ich stereotypný model podnikania a počet skúmaných. Taktiež sme sa zamerali na otázky implementácie faktorov lietadlového parku a faktorov leasingu do analýzy modelov podnikania.

Taktiež sa v odbornej literatúre objavujú články zaoberajúce sa problematikou biznis modelov v súvislostiach so segmentom leasingu lietadiel – napríklad Aleixo (2014), Dožič a Krnić (2016), Endrizalova a kol. (2018) alebo Zachariah (2018). V dostupných zdrojoch sa však názory na kauzalitu modelu podnikania a prenájmu lietadiel odlišujú.

Aleixo (2014) sa vo svojej práci zaoberal segmentom nízkonákladových leteckých dopravcov a ich využitím leasingu lietadiel ako spôsobu financovania. Dospel k záveru: obstaranie lietadiel leasingom je rozšírenejšie u nízkonákladových leteckých spoločností ako v prípade tradičných sieťových dopravcov, čím zdôraznil pozíciu leasingu v ich stratégii. Preukázal okrem toho aj výhody leasingu pre menšie letecké spoločnosti a negatívnu koreláciu s priemerným vekom flotily (Aleixo, 2014).

Dožič a Krnić (2016) analyzovali vlasťnícku štruktúru flotily lietadiel vybraných leteckých spoločností, pričom jedným zo záverov bolo zhodnotenie - model podnikania leteckých dopravcov nemá na štruktúru vlastníctva lietadiel vo flotile výrazný vplyv. Taktiež preukázali pokles zastúpenia prenajímaných lietadiel vo flotile s nárastom celkového počtu lietadiel vo flotile (Dožič a Krnić, 2016).

Endrizalova a kol. (2018) skúmali operatívny leasing ako formu obstarania lietadiel štyroch najväčších nízkonákladových leteckých spoločností – Ryanair, EasyJet, Norwegian a Wizz Air. Zistili, že napriek narastajúcemu počtu lietadiel v ich flotilách, trend počtu lietadiel prenajímaných prostredníctvom operatívneho leasingu nebol obdobný, ale letecké spoločnosti ich počet udržiavali na určitej úrovni a nárast leasingového trhu súvisí s nárastom prenajímaných lietadiel vo flotilách tradičných sieťových dopravcov (Endrizalova a kol., 2018).

Zachariah (2018) sa zaoberal otázkou či je pre nízkonákladové letecké spoločnosti výhodnejšie obstarávať flotilu kúpou lietadiel alebo ich prenájomom. Analýzou prípadových štúdií dospel k záveru, že ideálny pomer lietadiel v prenájme je 40%. Faktorov rozhodujúcich medzi možnosťami kúpiť či prenajať je niekoľko – veľkosť leteckej spoločnosti, trasy v sieti spojení, krajina pôsobnosti, vek ašpirovaného lietadla/lietadiel a stav ekonomiky (Zachariah, 2018).

Guzhva a kol. (2018) vo svojej knihe popisujú nízkonákladový model podnikania leteckých spoločností ako ten, s väčšou tendenciou obstarávať lietadlá prenájomom, zhodne s Aleixom (2014).

Tabuľka 1. Prehľad štúdií o biznis modeloch leteckých dopravcov

#	Štúdia	Rok vydania	Metodika	Dáta za roky	Lietadlový park ako faktor?		Leasing ako faktor?	
		Geografický záber	BM Počet LS Počet atribútov		Áno/Nie	Spôsob vyhodnotenia	Áno/Nie	Spôsob vyhodnotenia
1	Mason K. J., Morrison W. G.	2008 Európa	LCC 6 36	2005 a 2006	Áno	homogenita flotily v (%)	Nie	-
2	Klophaus R., Conrady R., Fichert F.	2012 Európa	LCC 20 (+ 4 FSNC) 13	2010 a 2011	Áno	index homogenity flotily	Nie	-
3	Daft J., Albers S.	2013 Európa (Nemecko)	LCC/FSC 5 (40) 11	2003 a 2010	Áno	HHI index lietadlových rodín vo flotile, priemerný vek flotily, pomer širokotrupých lietadiel vo flotile	Áno	percentuálny podiel lízovaných lietadiel vo flotile
4	Lohmann G., Koo T.	2013 Severná Amerika (USA)	LCC/FSC 9 20	2008 a 2009	Áno	homogenita flotily v (%)	Nie	-
5	Heinz S., O'Connell J. F.	2013 Afrika	- (57) 8 (4) 22	2007 a 2010	Áno	homogenita flotily v (%)	Nie	-
6	Daft J., Albers S.	2015 Európa	LCC/FSC (+ charter/ regionálny dopravca) 26 36	2004, 2007, 2010 a 2012	Áno	HHI index lietadlových rodín vo flotile, priemerný vek flotily	Áno	percentuálny podiel lízovaných lietadiel vo flotile
7	Jean D. A., Lohmann G.	2016 Severná Amerika (USA)	LCC/FSC 8 20	2011-2013	Áno	homogenita flotily v (%)	Nie	-
8	Moir L., Lohmann G.	2018 Severná Amerika (USA)	LCC/FSC/HYBRID 9 27	2011-2013	Áno	homogenita flotily v (%)	Nie	-
9	Urban M., Klemm M., Ploetnera K. O., Hornung M.	2018 Celý svet	LCC/FSC 42 (28) 9	2014	Áno	rozmanitosť flotily, priemerný vek flotily, priemerná šírka kabíny lietadla	Nie	-
10	Azadian F., Vasigh B.	2019 Severná Amerika (USA)	LCC/FSC 15 2	2000-2016	Nie	-	Nie	-
11	Magdalena A., Bouzaima M.	2021 Európa	LCC/FSC 49 20	2019	Áno	HHI index typu lietadla, priemerný vek flotily, zastúpenie širokotrupých lietadiel vo flotile v (%)	Áno	percentuálny podiel lízovaných lietadiel vo flotile
12	Klophaus R., Yu Ch.	2023 Európa a Severná Amerika	LCC/FSC 10 13	2019, 2021 a 2022	Áno	homogenita flotily - zameranie na flotilu na krátko vzdialenosti	Nie	-
13	Chiambaretto P., Combe E.	2023 Európa	LCC/FSC 25 7	2019	Nie	-	Nie	-
14	Foong J. J., O'Connell J. F., Warnock-Smith D., Efthymiou M.	2023 Juhovýchodná Ázia	LCC/FSC (65) 7 37	2016 a 2019	Áno	homogenita flotily, priemerný vek flotily	Nie	-

Zdroj: Vlastné spracovanie.

Takmer všetci autori vybraných štúdií uvažovali o lietadlovom parku ako faktore, ktorým možno definovať model podnikania. Dve práce neuvažujúce o flotile ako faktore sa zameriavali skôr na základné ekonomické ukazovatele leteckých spoločností: dva atribúty nákladovej výkonnosti (Azadian a Vasigh, 2019) a sedem indikátorov kľúčovej ekonomickej výkonnosti (Chiambaretto a Combe, 2023).

Spomedzi štrnástich štúdií zohľadňovali autori leasing ako jeden z faktorov v troch z nich - Daft a Albers (2013; 2015) a Magdalena a Bouzaima (2021). Vo všetkých prípadoch bol leasing

vyhodnocovaný ako percentuálny podiel lízovaných lietadiel vo flotile.

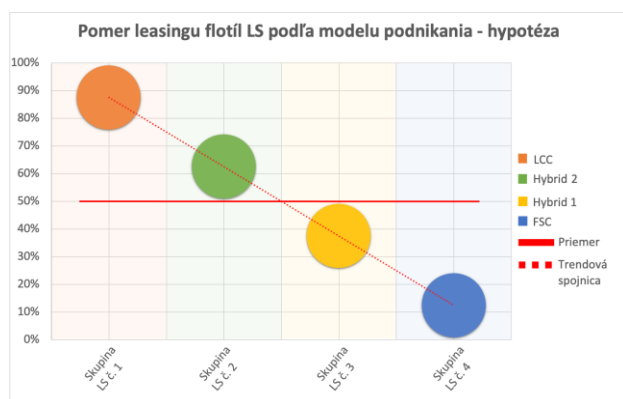
Podľa výsledkov štrnástich štúdií sme pre potreby praktického výskumu vytvorili ilustrovaný výber leteckých dopravcov. Ilustrovaný výber je zostavený z leteckých spoločností, ku ktorým bol priradený model podnikania v analyzovanej literatúre. Počet leteckých spoločností bol následne zúžený na letecké spoločnosti s určeným biznis modelom v aspoň dvoch štúdiách. Finálny výber pozostáva z 28 leteckých spoločností – 23 stále aktívnych a 5 s ukončenou prevádzkou.

3. Metodika a metódy skúmania

Metodika a cieľ výskumu boli stanovené tak, aby kroky a spôsob skúmania zabezpečili možnosť posúdenia validity, replikovateľnosti a transparentnosti nášho výskumu.

3.1. Cieľ výskumu

Ciele výskumu možno rozdeliť na hlavný cieľ a čiastkové - parciálne ciele teoretickej a praktickej roviny. Hlavným cieľom výskumu je preukázať možnú závislosť medzi modelmi podnikania leteckých dopravcov a pomerom obstaraných lietadiel leasingom v ich flotilách. Na základe daného cieľa je formulácia výskumnej otázky nasledovná: Existuje závislosť medzi modelmi podnikania leteckých dopravcov a pomerom obstaraných lietadiel leasingom v ich flotilách? Hypotézou je: modely podnikania a pomer obstaraných lietadiel leasingom vo flotilách leteckých spoločností sú závislé. Graf 1 je znázornením očakávaných pomerov leasingu vzhľadom na model podnikania leteckých dopravcov.



Graf 1. Predpokladaný pomer leasingu flotíl leteckých spoločností podľa modelu podnikania. Zdroj: Vlastné spracovanie.

3.2. Metodika výskumu

Metodikou možno rozdeliť na dve časti, logicky súvisiace s jej členením na teoretickú a praktickú časť.

Pri spracovávaní teoretickej časti sme zvolili kvalitatívny charakter skúmania pozostávajúci z interpretácie teoretických poznatkov o riešenej problematike z odbornej literatúry - ako modeloch podnikania leteckých dopravcov, tak aj segmentu leasingu v ich podnikaní. Dôležitým elementom teoretickej časti bola analýza vedeckých štúdií vyobrazená prostredníctvom tabuľky prehľadu empirických štúdií a vedeckých článkov o analýze leteckých spoločností a ich biznis modelov. Okrem vybraných štúdií sme popísali prístupy ku skúmanej problematike inými autormi odborných článkov a textov z minulosti. Zobierané poznatky sme využili na zostavenie výskumnej otázky a cieľov.

Primárnym zameraním praktickej časti bolo kvantitatívne skúmanie – analýza dát leteckých spoločností za určené sledované obdobie – roky 2018 až 2022. Dôležitým krokom bolo stanovenie výskumnej vzorky. Zdrojmi informácií boli sekundárne dáta zhromaždené z voľne prístupných výročných správ, finančných výkazov a webových stránok (<http://www.planespotters.net>). Primárnemu výskumu praktickej časti predchádzala bližšia charakteristika a vzájomná komparácia leteckých spoločností výskumnej vzorky. Dáta

leteckých spoločností sme analyzovali na viacerých úrovniach: individuálnou analýzou pomerov lízovaných lietadiel vo flotilách leteckých spoločností s rozličným modelom podnikania; panelovou analýzou zameranou na preskúmanie zmien v ich leasingových stratégiách počas sledovaného obdobia (2018-2022) a komparáciou výskumnej vzorky ako celku. Posledným krokom bola syntéza zhromaždených informácií a návrh prístupov k leasingu ako faktoru vychádzajúci z teoretických a praktických poznatkov.

Metódy skúmania

Medzi metódy, ktoré sme použili pri výskume, patria analýza, syntéza a komparácia. Metóda analýzy bola použitá okrem rozboru vybraných štúdií aj vo forme komparatívnej analýzy – porovnaní dát medzi leteckými dopravcami a panelovej analýzy – vyhodnotení dát charakteristických pre 5 časových údajov (päť rokov).

Výskumná vzorka

Pôvodným zámerom bolo zostaviť výskumnú vzorku zo spoločností zaradených do ilustrovaného výberu leteckých dopravcov, kedy sme počiatkový výber zúžili z celkového počtu 117 leteckých dopravcov uvádzaných v analyzovaných štúdiách. Podmienkami bolo pridelenie kategórie modelu podnikania v aspoň dvoch štúdiách. Výsledný počet 28 leteckých dopravcov sme následne upravili tak, aby sa v zozname nachádzali letecké spoločnosti s aktívnou prevádzkou. Pri analyzovaní výročných správ sme vzorku 23 dopravcov museli znížiť na 15, z dôvodu chýbajúcich dát o flotilách potrebných na hĺbkovú analýzu a komparáciu. Zoznam leteckých spoločností výskumnej vzorky tvorí tabuľku 2.

Tabuľka 2. Výskumná vzorka leteckých dopravcov

Región	Letecká spoločnosť
Európa	Aer Lingus, airBaltic, Air France, British Airways, easyJet, Finnair, Iberia, KLM, Norwegian Air Shuttle, TAP Air Portugal, Transavia, Vueling
	Severná Amerika

Zdroj: Vlastné spracovanie.

4. Výsledky

Výsledky možno rozdeliť na dve časti. V prvej sme najprv letecké spoločnosti výskumnej vzorky charakterizovali a následne analyzovali ich flotily a pomer lietadiel obstaraných leasingom.

4.1. Charakteristika výskumnej vzorky

Charakteristika výskumnej vzorky pozostáva častí, ktoré bližšie popisujú 15 vybraných leteckých spoločností v oblastiach modelu podnikania, počtu lietadiel vo svojich flotilách, prepravy pasažierov, prevádzkových výnosov a prevádzkových nákladov. Všetky analyzované dáta a informácie pochádzajú z výročných správ a finančných výkazov príslušných spoločností za rok 2022.

Prehľadná tabuľka 3 sa nachádza na nasledujúcej strane.

Tabuľka 3. Základné informácie o leteckých spoločnostiach výskumnej vzorky

LS	IATA kód	BM	Aktívna flotila lietadiel			Preprava pasažierov				Výnosy a náklady			
			Počet lietadiel celkovo	Počet lietadiel materskej spoločnosti	Homogenita materskej flotily	ASK (v mil.)	RPK (v mil.)	Load faktor (%)	Prepravení pasažieri (v tis.)	Prevádzkové výnosy (v mil. €)	Prevádzkové náklady (v mil. €)	CASK (€ cent)	RASK (€ cent)
Aer Lingus	EI	Hybrid 1	53	53	0,77	26 258	20 219	77,00	9 020	1 769	1 724	6,57	6,74
Air Baltic	BT	Hybrid 2	39	39	1,00	6 299	4 483	71,16	3 340	499	493	7,82	7,91
Air France	AF	FSC	251	206	0,40	146 796	123 444	84,09	39 130	16 285	15 802	10,76	11,09
American Airlines	AA	FSC	1461	934	0,50	418 793	347 013	82,86	199 000+	45 754	44 252	10,57	10,93
British Airways	BA	FSC	276	255	0,54	130 938	104 559	79,85	33 025	12 466	12 124	9,26	9,52
Delta Air Lines	DL	FSC	1254	902	0,29	375 341	314 595	83,82	177 000+	47 259	43 838	11,68	12,59
easyJet	U2, EC, DS	Hybrid 2	320	320	1,00	97 287	84 874	87,24	69 700	6 148	6 188	6,36	6,32
Finnair	AY	FSC	56	56	0,55	31 298	21 157	67,60	9 096	2 503	2 667	8,52	8,00
Iberia	IB	FSC	111	83	0,53	68 753	57 822	84,10	-	5 511	5 129	7,46	8,02
KLM	KL	FSC	172	104	0,40	98 660	82 289	83,41	25 838	10 679	9 973	10,11	10,82
Norwegian Air Shuttle	DY	Hybrid 2	70	70	1,00	27 382	22 757	83,11	17 800	1 796	1 653	6,04	6,56
TAP Air Portugal	TP	FSC	93	77	0,71	45 960	36 782	80,03	13 759	3 485	3 217	7,00	7,58
Transavia	HV, TO	LCC	98	98	1,00	37 369	31 834	85,19	18 355	2 265	2 362	6,32	6,06
United Airlines	UA	FSC	1338	868	0,47	398 889	332 798	83,43	144 300	42 001	39 818	9,98	10,53
Vueling	VY	Hybrid 1	122	122	1,00	37 643	33 149	88,06	-	2 598	2 411	6,40	6,90
Celkovo	-	-	5715	4187	-	1 947 666	1 617 774	-	759 363	201 018	191 651	-	-

Zdroj: Vlastné spracovanie podľa výročných správ leteckých spoločností.

Letecké spoločnosti vo výskumnej vzorke zastupujú 4 modely podnikania, avšak s rozdielnymi početnosťami - LCC – nízkonákladový letecký dopravca („low-cost carrier“), Hybrid 2 – hybridný dopravca s dominantnými LCC charakteristikami, Hybrid 1 – hybridný dopravca s dominantnými FSC charakteristikami a FSC – tradičný sieťový dopravca („full-service network carrier“).

Miera homogenity flotíl materských spoločností predstavuje hodnotové spektrum s minimálnou hodnotou 0,29 a maximálnou 1. Deliaci hodnota na úrovni 0,75 rozdeľuje letecké spoločnosti podľa modelu podnikania – FSC s menšou hodnotou ako 0,75, Hybrid 1, Hybrid 2 a LCC väčšou. Z výsledku možno konštatovať, že dopravcovia s poslednými troma menovanými modelmi podnikania disponovali homogénnejšími flotilami z hľadiska lietadlových rodín.

Údaje ponúkaných osobokilometrov a prepravených pasažierov odrážajú veľkosti flotíl v prevádzke vybraných dopravcov. Na prvom mieste oboch atribútov je American Airlines so 418 793 miliónmi ASK a takmer 200 miliónmi prepravených pasažierov. K vysokým hodnotám atribútov všetkých troch amerických dopravcov prispievajú napriek menšej sedadlovej kapacite veľké množstvá lietadiel regionálnych dcérskych spoločností.

Atribútom, na ktorý nemá vplyv množstvo lietadiel v lietadlovom parku leteckých spoločností, ani ich sedadlová kapacita je load faktor - faktor reflektujúci využitie ponúkanej kapacity na prepravu pasažierov. Priemerná hodnota load faktora vybraných leteckých spoločností je na úrovni 81,4%. Najmenšiu hodnotu faktora využiteľnosti v sledovanom roku 2022 mala spoločnosť Finnair s hodnotou 67,6%, naopak najväčšiu hodnotu mal španielsky dopravca Vueling – 88,06%.

Letecké spoločnosti výskumnej vzorky vygenerovali celkové výnosy v hodnote viac ako 200 miliárd eur a celkový finančný input – prevádzkové náklady boli za rok 2022 na úrovni viac ako 190 miliárd eur. Pri porovnaní jednotkových prevádzkových výnosov a nákladov možno vidieť, že najväčšie hodnoty mali v roku 2022 tradiční sieťový dopravcovia - na prvom mieste bola Delta Air Lines s hodnotou výnosov na úrovni 12,59 centov a s hodnotou nákladov na úrovni 11,68 centov. Podľa najväčšieho kladného rozdielu medzi jednotkovými výnosmi a nákladmi bolo možné predpokladať najväčší prevádzkový zisk – 0,91 centa na jeden ponúkaný osobokilometer. Najnižšie jednotkové prevádzkové náklady vykázala za rok 2022 spoločnosť Norwegian Air Shuttle a najnižšie prevádzkové výnosy Transavia.

4.2. Hĺbková analýza flotíl a pomeru leasing leteckých spoločností

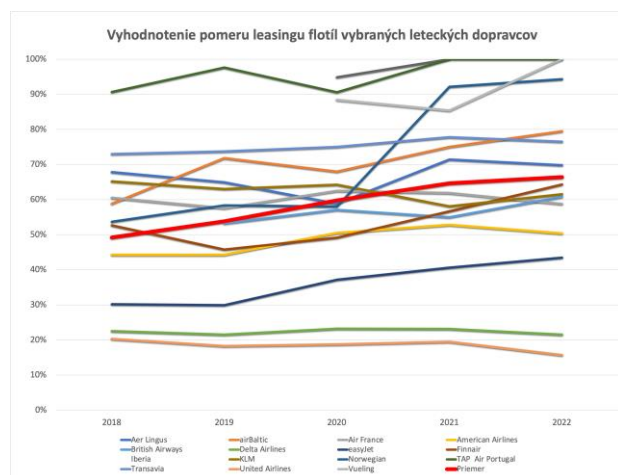
Porovnanie vývoja pomeru leasingu flotíl medzi rokmi 2018-2022

Keďže výskumná vzorka pozostáva zo spoločností rôznej veľkosti, disponujú aj rozdielnymi množstvami lietadiel na svojich flotilách. Na to, aby sme ich mohli porovnať, sme pomery foriem obstarania lietadiel prepočítali z početnosti v jednotkách lietadiel na percentuálny pomer.

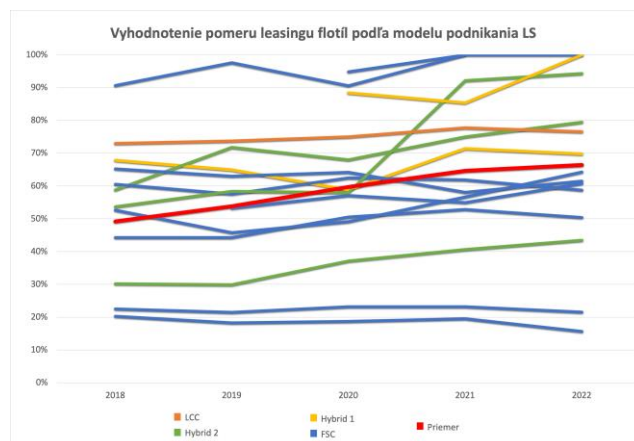
Graf 2 tvoria všetky dostupné údaje o obstaraní lietadiel prostredníctvom leasingu vo flotilách leteckých dopravcov počas sledovaného obdobia 2018 – 2022. V prípade spoločností, ktoré vo svojich výročných správach odlišovali lietadlá obstarané formou operatívneho leasingu a finančného leasingu, sme kumulovali oba údaje do jedného.

Obstaranie lietadiel prostredníctvom leasingu u vybraných spoločností malo vo všeobecnosti rastúci charakter, svedčí o tom rastúci trend hodnôt priemeru – 49,19% v roku 2018 a 66,43% v roku 2022. Individuálne trendy leteckých spoločností mali rôzny charakter, líšili sa jeho smerom (negatívnym/pozitívnym) a intenzitou (ovplyvnenou výškou medziročných zmien). Pokles v pomeroch leasingu zaznamenali medzi hraničnými rokmi len 4 spoločnosti: Air France (-1,80%), Delta Air Lines (-1,00%), KLM (-3,68%) a United Airlines (-4,59%). Medzi spoločnosti s najväčším nárastom pomeru leasingu patrili Norwegian Air Shuttle (40,63%), airBaltic (20,66%) a easyJet (13,28%).

Pri vyhodnotení pomeru leasingu leteckých spoločností výskumnej vzorky v sledovanom období sme zobrazenie podľa individuálnych dopravcov doplnili o graf 3, v ktorom sme zohľadnili ich model podnikania.



Graf 2. Pomer leasingu flotíl vybraných leteckých dopravcov (2018 - 2022). Zdroj: Vlastné spracovanie.

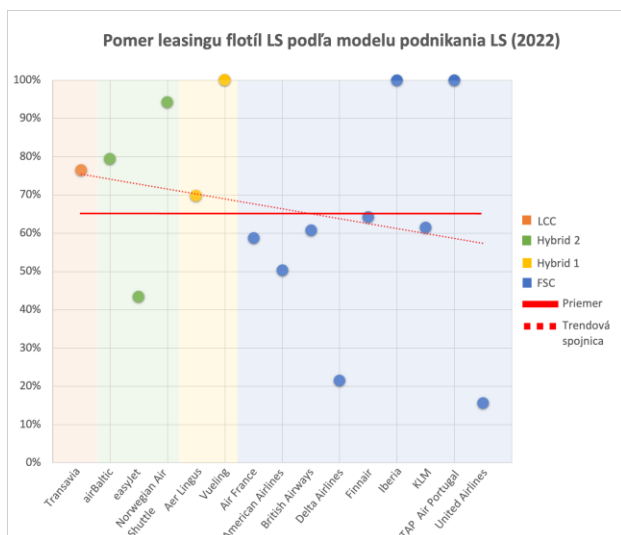


Graf 3. Pomer leasingu flotíl podľa modelu podnikania leteckých spoločností (2018 - 2022). Zdroj: Vlastné spracovanie

Priemerné hodnoty jednotlivých modelov podnikania medzi rokmi 2018 a 2022 zaznamenali nárast vo všetkých 4 prípadoch. Pomer leasingu jednej LCC spoločnosti – Transavia narástol o 3,56%, priemerné zastúpenie leasingu u spoločnostiach s modelom podnikania Hybrid 2 sa zvýšilo o 24,86%, s modelom podnikania Hybrid 1 o 17,05% a u tradičných sieťových dopravcov o 8,35%

Porovnanie pomeru leasingu flotíl výskumnej vzorky pre rok 2022

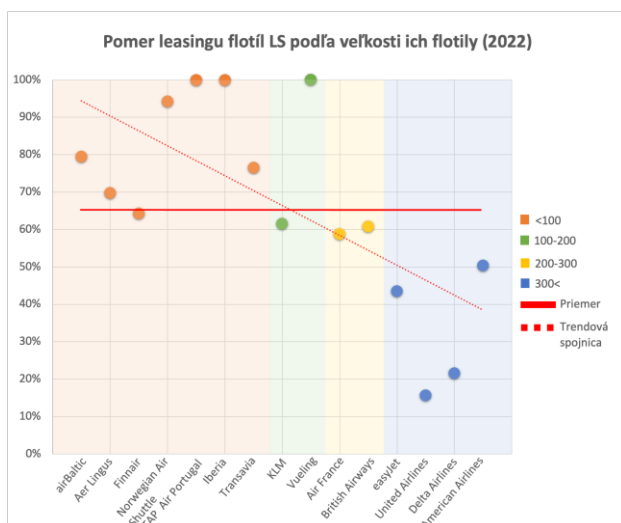
Pre žiadané grafické vykreslenie sme zozbierané dáta museli zoradiť nasledovne: spoločnosti s nízkonákladovým modelom podnikania, následne hybridným modelom podnikania s dominantnými LCC charakteristikami, hybridným modelom podnikania s dominantnými FSC charakteristikami a na poslednom mieste spoločnosti s tradičným sieťovým modelom podnikania. V prípade potvrdenia výskumnej otázky, a teda závislosti modelu podnikania a pomeru leasingu vo flotilách leteckých spoločností, by mala byť trendová spojnice klesajúceho charakteru. Pomer leasingu flotíl spoločností výskumnej vzorky za posledný sledovaný rok – 2022 zobrazuje graf 4.



Graf 4. Pomer leasingu flotíl podľa modelu podnikania leteckých spoločností (2022). Zdroj: Vlastné spracovanie.

Na základe grafického vyobrazenia môžeme konštatovať, že pomer leasingu vo flotilách leteckých spoločností naprieč spektrom modelov podnikania je výrazne odlišný. Zobrazený trend, aj keď mierne klesajúci, potvrdzuje predpokladanú závislosť.

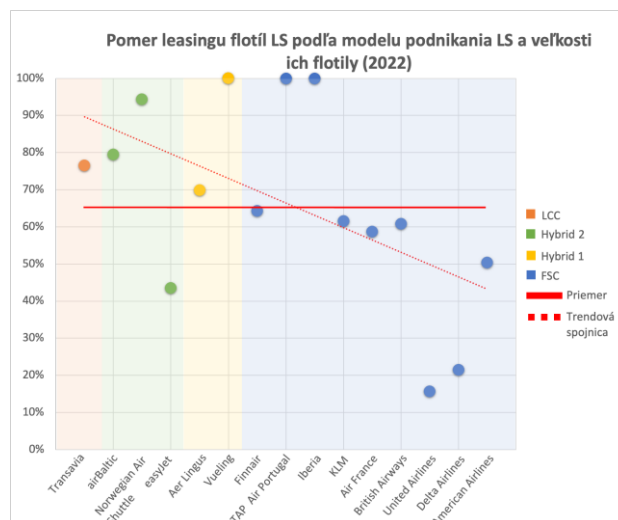
Pri prvotnom zobrazení grafom 4 boli letecké spoločnosti v rámci svojich modelov podnikania v abecednom poradí – neboli zohľadňované flotily z hľadiska početnosti lietadiel. Usporiadanie spoločností v poradí od najmenej flotily po najväčšiu bez ohľadu na ich model podnikania je zobrazený v grafe 5 – slúžil na overenie, či sme mali pri vyhodnocovaní výskumnej otázky brať do úvahy aj tento faktor. Môžeme konštatovať, že veľkosť leteckej spoločnosti definovaná jej flotilou a pomer leasingu v prípade leteckých spoločností výskumnej vzorky spolu súvisia.



Graf 5. Pomer leasingu flotíl podľa ich veľkosti (2018 - 2022). Zdroj: Vlastné spracovanie.

Po doplnení faktora veľkosti flotily do pôvodného grafu 4, sa poradie niektorých leteckých spoločností v rámci rovnakého

modelu podnikania zmenilo. Graf 6 tvorí výsledné vyobrazenie zohľadňujúce oba faktory, modely podnikania ako aj počet lietadiel v lietadlových parkoch. Na základe zobrazeného grafu môžeme konštatovať, že v sledovanom roku 2022 pomery lietadiel vo flotilách leteckých spoločností obstaraných prostredníctvom leasingu a modely podnikania v prípade výskumnej vzorky potvrdili závislosť. V porovnaní s grafom 4, strmšia trendová čiara finálneho grafu taktiež potvrdila relevantnosť zohľadnenia veľkosti flotily pri analyzovaní skúmanej problematiky.



Graf 6. Pomer leasingu flotíl podľa modelu podnikania leteckých spoločností a veľkosti ich flotily (2022). Zdroj: Vlastné spracovanie.

5. Záver

Predmetom skúmania bola analýza možnej závislosti medzi modelmi podnikania leteckých dopravcov a pomerom obstaraných lietadiel leasingom v ich flotilách. Výskumná vzorka, prostredníctvom ktorej sme skúmali danú problematiku, pozostávala celkovo z 15 leteckých spoločností, so zastúpením 4 modelov podnikania. Okrem archetypálnych modelov podnikania (biznis modelov) nízkonákladových (LCC) a tradičných sieťových dopravcov (FSC) sme rozlišovali dva hybridné modely (Hybrid 2 a Hybrid 1), ktorí sa líšili inklínujúcimi, no nie totožnými charakteristikami s modelmi LCC a FSC. Rozdiely v rámci rozoberaného portfólia leteckých spoločností boli okrem modelov podnikania aj v regióne a krajine pôvodu, veľkosti spoločnosti, existencii dcérskych spoločností a výsledkov hospodárenia. Analyzované zloženia flotíl a zastúpenia lízovaných lietadiel v nich, boli posudzované na úrovni aktívnych lietadiel v sledovanom roku, pričom museli byť prevádzkované práve danou spoločnosťou. Ak dopravcovia mali dcérske spoločnosti s odlišným modelom podnikania, do výskumu boli zaradené len lietadlá tvoriace flotilu materských dopravcov. Sledovanými časovými obdobiami boli: samostatný rok 2022 a obdobie rokov 2018-2022.

Pri hĺbkovej analýze flotíl a pomere leasingu leteckých spoločností výskumnej vzorky pre obdobie 5 rokov 2018-2022 sme zistili, že pomer zastúpenia lízovaných lietadiel sa výrazne líšil, no v priemere stúpala, konkrétne z hodnoty 49,19% v roku 2018 na 66,43% v roku 2022. V porovnaní priemerných hodnôt podľa modelu podnikania vzrástlo zastúpenie lízovaných lietadiel vo flotilách všetkých 4 biznis modelov - od 3,56% až 24,86%. Z hľadiska trendu zastúpenia leasingu individuálnych

spoločností medzi hraničnými rokmi zaznamenali pokles iba 4 dopravcovia - Air France, Delta Air Lines, KLM a United Airlines.

Komparáciou pomeru leasingu flotíl leteckých spoločností výskumnej vzorky za posledný sledovaný rok - 2022 sme zistili, že model podnikania a percentuálny pomer lízovaných lietadiel preukazujú závislosť. Kvôli vyššie spomínaným veľkostným rozdielom leteckých spoločností sme analyzovali taktiež možnú závislosť rozsahu lietadlového parku (početnosti lietadiel) a pomeru leasingu, pričom sme v danom porovnaní nebrali do úvahy príslušný model podnikania. Tá sa taktiež potvrdila. Môžeme konštatovať, že zohľadnením faktora modelu podnikania a následnému usporiadaniu spoločností s rovnakým modelom podnikania podľa veľkosti flotily vzostupne sme dosiahli výsledky potvrdzujúce stanovenú výskumnú otázku.

Vzhľadom na dosiahnuté zistenia môžeme potvrdiť pohľad autorov Guzhva a kol. (2019) a Aleixo (2014), ktorí ako sme spomínali, popisujú nízkonákladových dopravcov ako dopravcov s vyššou tendenciou obstarávať lietadlá prostredníctvom leasingu. Taktiež sa nám podarilo potvrdiť zistenia autorov Dožić a Krnić (2016), ktorí preukázali pokles zastúpenia prenajímaných lietadiel vo flotile s nárastom celkového počtu lietadiel vo flotile. Na rozdiel od výsledkov práce autorov Endrizalova a kol. (2018) sme na výskumnej vzorke dopravcov potvrdili, že nárast lízovaných lietadiel zaznamenali dopravcovia vo všetkých kategóriách modelov podnikania a teda nárast leasingového trhu nie je zapríčinený rastom leasingu iba na strane tradičných sieťových dopravcov.

Na základe dosiahnutých výsledkov výskumu navrhujeme zaradiť pomer lízovaných lietadiel vo flotile medzi faktory používané na analýzu modelov podnikania. Je však potrebné pri vyhodnocovaní daného pomeru prihliadať na veľkosť lietadlového parku konkrétnej spoločnosti - početnosť lietadiel. Taktiež navrhujeme vykonať podobnú analýzu na širšej vzorke leteckých spoločností, ktorá by potvrdila preukázané skutočnosti, nakoľko sme boli pri vypracovávaní limitovaný dostupnosťou potrebných informácií. Kvôli stále vyvíjajúcemu a meniacemu sa trhu so službami leteckej dopravy, ako aj konkrétne leasingovému trhu, odporúčame autorom budúcich prác skúmať oblasť modelov podnikania a pomeru leasingu flotíl leteckých spoločností aj naďalej. Ich zistenia by pomohli vytvoriť ucelené vyhodnotenie tejto problematiky, ako aj analyzovať možné budúce trendy.

Referencie

AER LINGUS LIMITED. *Directors' report and financial statements*. (pre roky 2018-2022). Online. Dostupné na: <https://www.iairgroup.com/investors-and-shareholders/financial-reporting/annual-reports/>.

AIR FRANCE-KLM S.A., *Full year results – press release*. (pre roky 2018-2022). Online. Dostupné na: <https://www.airfranceklm.com/en/newsroom/full-year-2022-results>.

AIR BALTIC CORPORATION, AS. *Sustainability and annual report*. (pre roky 2020-2022). Online. Dostupné na: <https://investors.airbaltic.com/en/>.

AIR BALTIC CORPORATION, AS. *Consolidated annual report*. (pre roky 2018-2019). Online. Dostupné na: <https://investors.airbaltic.com/en/>.

ALEIXO, José Frederico Pais (2014). *Leasing in low-cost carriers*. Lisbon. Master Dissertation. Universidade Católica Portuguesa. Dostupné na: <https://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/15933/1/201104113.pdf>.

AMERICAN AIRLINES GROUP, INC. *Annual report on Form 10-K*. (pre roky 2018-2022). Online. Dostupné na: <https://americanairlines.gcs-web.com/financial-results/financial-aal>.

AZADIAN, Farshid a VASIGH, Bijan (2019). The blurring lines between full-service network carriers and low-cost carriers: A financial perspective on business model convergence. *Transport Policy*, Volume 75, Pages 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.12.012>.

BRITISH AIRWAYS, PLC. *Annual Report and Accounts*. (pre roky 2019-2022). Online. Dostupné na: <https://www.iairgroup.com/investors-and-shareholders/financial-reporting/annual-reports/>.

DAFT, Jost a ALBERS, Sascha (2013). A conceptual framework for measuring airline business model convergence. *Journal of Air Transport Management*, Volume 28, Pages 47-54. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2012.12.010>.

DAFT, Jost a ALBERS, Sascha (2015). An empirical analysis of airline business model convergence. *Journal of Air Transport Management*, Volume 46, Pages 3-11. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2015.03.008>.

DASILVA, Carlos M. a TRKMAN, Peter (2014). Business Model: What It Is and What It Is Not. *Long Range Planning*, Volume 47 (6), Pages 379-389. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2013.08.004>.

DELTA AIR LINES, INC. *Annual report on Form 10-K*. (pre roky 2018-2022). Online. Dostupné na: <https://ir.delta.com/financials/default.aspx>.

DOŽIĆ, Slavica a KRNIĆ, Radovan (2016). Overview of airline fleet ownership structure. XV international symposium Symorg 2016, Zlatibor. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/303973789_OVERVIEW_OF_AIRLINE_FLEET_OWNERSHIP_STRUCTURE.

EASYJET, PLC. *Results statement*. (pre roky 2018-2022). Online. Dostupné na: <https://corporate.easyjet.com/investors/reports-and-presentations/default.aspx>.

ENDRIZALOVÁ, Eva; NOVÁK, Martin; NĚMEC, Vladimír; HYRSLOVÁ, Jaroslava a MRAZEK, Petr (2018). Operating lease as a specific form of airlines outsourcing. In: *Proceedings of the 18th International Scientific Conference: Business Logistics in Modern Management*, Volume 18, Pages 641-655. Dostupné na: <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/plusm/article/view/7916>.

FINNAIR OYJ. *Annual report*. (pre roky 2018-2022). Online. Dostupné na: <https://investors.finnair.com/en/reports-and-presentations>.

FOONG, Jia Jun; O'CONNELL, John Francis; WARNOCK-SMITH, David a EFTHYMIOU, Marina (2023). A product and organisational architecture analysis of the performance of Southeast Asian airlines. *Journal of Air Transport*

- Management, Volume 107, 102358. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2023.102358>.
- GUZHVA, Vitaly S.; RAGHAVAN, Sunder a D'AGOSTINO, Damon J. (2018). Aircraft Leasing and Financing. 1st edition. Elsevier. ISBN 978-0-12-815285-0.
- HEINZ, Stephan a O'CONNELL, John F. (2013). Air transport in Africa: toward sustainable business models for African airlines. *Journal of Transport Geography*, Volume 31, Pages 72-83. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.05.004>.
- CHIAMBARETTO, Paul a COMBE, Emmanuel (2023). Business model hybridization but heterogeneous economic performance: Insights from low-cost and legacy carriers in Europe. *Transport Policy*, Volume 136, Pages 83-97. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.03.016>.
- INTERNATIONAL AIRLINES GROUP, S.A. *Annual report and accounts*. (pre roky 2018-2022). Online. Dostupné na: <https://www.iairgroup.com/investors-and-shareholders/financial-reporting/annual-reports/>.
- IB OPCO HOLDING, S.L. *Independent Auditor's Report on the Consolidated Financial Statements*. (pre roky 2020-2022). Online. Dostupné na: <https://www.iairgroup.com/investors-and-shareholders/financial-reporting/annual-reports/>.
- JEAN, Darren A. a LOHMANN, Gui (2016). Revisiting the airline business model spectrum: The influence of post global financial crisis and airline mergers in the US (2011 – 2013). *Research in Transportation Business & Management*, Volume 21, December 2016, Pages 76-83. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2016.06.002>.
- KLM, N. V. *Annual report*. (pre roky 2018-2022). Online. Dostupné na: <https://www.klm.nl/en/information/corporate/publications>.
- KLOPHAUS, Richard; CONRADY, Roland a FICHERT, Frank (2012). Low cost carriers going hybrid: Evidence from Europe. *Journal of Air Transport Management*, Volume 23, Pages 54-58. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2012.01.015>.
- KLOPHAUS, Richard a YU, Chunyan (2023). Short-haul airline services in Europe and North America - A cross-business model and cross-continental analysis. *Journal of Air Transport Management*, Volume 109, 102400. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2023.102400>.
- LOHMANN, Gui a KOO, Tay T. R. (2013). The airline business model spectrum. *Journal of Air Transport Management*, Volume 31, Pages 7-9. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2012.10.005>.
- MAGDALINA, Ana a BOUZAIMA, Martin (2021). An empirical investigation of European airline business models: Classification and hybridisation. *Journal of Air Transport Management*, Volume 93, June 2021, 102059. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2021.102059>.
- MASON, Keith J. a MORRISON, William G. (2008). Towards a means of consistently comparing airline business models with an application to the 'low cost' airline sector. *Research in Transportation Economics*, Volume 24 (1), Pages 75-84. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2009.01.006>.
- MOIR, Loren a LOHMANN, Gui (2018). A quantitative means of comparing competitive advantage among airlines with heterogeneous business models: Analysis of U.S. airlines. *Journal of Air Transport Management*, Volume 69, Pages 72-82. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2018.01.003>.
- MORRELL, Peter S. (2007). *Airline Finance*. 3rd edition. Ashgate Publishing Limited. ISBN 978-0-7546-7134-3.
- NORWEGIAN AIR SHUTTLE, ASA. *Annual report*. (pre roky 2021-2022). Online. Dostupné na: <https://www.norwegian.com/us/about/company/investor-relations/reports-and-presentations/>.
- SENGUR, Yusuf a KUYUCAK SENGUR, Ferhan (2017). Airlines define their business models: a content analysis. *World Review of Intermodal Transportation Research*, Volume 6 (2), Pages 141-154. Dostupné na: <http://dx.doi.org/10.1504/WRITR.2017.082732>.
- TAP AIR PORTUGAL, S.A. *Management report and consolidated accounts*. (pre roky 2018-2022). Online. Dostupné na: <https://www.tapairportugal.com/en/about-us/annual-reports>.
- TOMOVÁ, Anna; NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, Alena; ČERVINKA, Michal a HAVEL, Karel (2017). *Ekonomika leteckých spoločností*. 1. vydanie. Žilinská univerzita v Žiline. ISBN 978-80-554-1359-4.
- UNITED AIRLINES, INC. *Annual report on Form 10-K*. (pre roky 2018-2022). Online. Dostupné na: <https://ir.united.com>.
- URBAN, Marcia; KLEMM, Martin; PLOETNER, Kay Olaf a HORNING, Mirko (2018). Airline categorisation by applying the business model canvas and clustering algorithms. *Journal of Air Transport Management*, Volume 71, Pages 175-192. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2018.04.005>.
- VASIGH, Bijan a AZADIAN, Farshid (2022). *Aircraft Valuation in Volatile Market Conditions*. 1st edition. Springer. ISBN 978-3-030-82449-5.
- ZACHARIAH, Sijo (2018). *Must Low-Cost Carriers Purchase Aircraft or Lease Aircraft?*. Pontypridd. Bachelor Dissertation. University of South Wales. Dostupné na: https://www.researchgate.net/publication/322369277_Must_Low-cost_airline_buy_or_lease_aircrafts#fullTextFileContent.



AUTOMATICKÝ BEZPILOTNÝ KLZÁK AKO NOSIČ AEROLOGICKÝCH SOND

Samuel Michal Kapustík
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

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

Abstract

Unmanned aerial vehicles are increasingly being used to make our lives more enjoyable and easier, whether through the ability to capture key moments in our lives in high definition, or by automatically mapping hard-to-reach terrain, or even significantly assisting in the search for missing persons. This thesis discusses and approaches the possible expansion of the usability of unmanned flying vehicles, along with a proposal to create a more economical and environmentally friendly way of using aerological probes, such as the Vaisala RS41, to provide us with invaluable data needed to create accurate weather forecasts. Furthermore, the procedure for setting up such an unmanned flying vehicle using an advanced autopilot system is explained, and this thesis also includes specific results achieved in the experimental work associated with it. With the proposed solution, it will be possible to use the funds allocated to meteorological research and measurements more efficiently.

Keywords

Unmanned aerial vehicles. Meteorology. Glider. Aerological probe.

1. Úvod

V 21. storočí sme svedkami neustáleho technologického pokroku vo všetkých odvetviach, ako je medicína, letectvo, informačné technológie, stavebníctvo a ďalšie, najmä v oblasti UAV. Tento pokrok prináša nielen pozitíva, ale aj negatívne dopady, najmä na životné prostredie. Bezpilotné lietajúce prostriedky (UAV) sa využívajú komerčne na fotogrametriu, meranie v stavebníctve, záchranné akcie, doručovanie krvi na transfúziu [4], a vo vojenských účeloch. V súkromnej sfére slúžia na rekreačné účely, alebo na fotografovanie a natáčanie videí. Tento článok sa zameriava na návrh technologického riešenia pre automatický bezpilotný klzák, ktorého funkcia je byť nosičom pre aerologickú sondu vykonávajúcu prierezové meranie rôznych aspektov atmosféry a napokon túto sondu bezpečne doručiť na miesto pôvodného vzletu, respektíve do inej vhodnej lokality na pristátie. Nakoniec hodnotí a prezentuje výsledky experimentov.

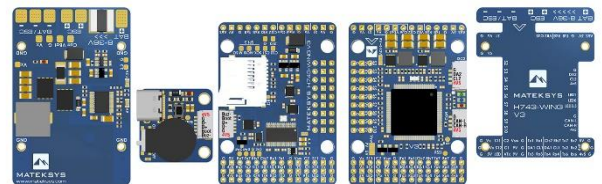
2. Metodika a metódy skúmania

Pri experimentálnej činnosti zaoberajúcej sa vyššie spomínanou problematikou bolo nutné stanoviť si základné okruhy alebo segmenty výskumu a následne navrhnuť riešenia na existujúce problémy. Experimentálna činnosť ako celok bola rozdelená na nasledujúce segmenty: letový počítač, softvérové vybavenie, konfigurácia a kalibrácia letového počítača, montáž letového počítača a experimentálne overenie funkčnosti navrhnutého systému.

2.1. Letový počítač

Medzi jednoduchým RC modelom lietadla a pokročilým bezpilotným lietajúcim prostriedkom, ktorý môže vykonávať rôzne úlohy a misie, je hlavný rozdiel v letovom počítači. Tento letový počítač je nevyhnutnou súčasťou každého bezpilotného lietajúceho prostriedku, ktorý má operovať samostatne. Trh je aktuálne preplnený rôznymi typmi letových počítačov s

rozličnými vlastnosťami, senzormi, výkonovými charakteristikami a cenami. Väčšina týchto počítačov sa vyrába v Ázii kvôli nízkym výrobným nákladom a dobrej výrobnej infraštruktúre. Pri výbere letového počítača pre túto experimentálnu činnosť bolo nutné zvážiť rôzne možnosti. Do finálneho výbaru sa dostali letové počítače Pixhawk6x a Mateksys Matek H743-WING V3. Obe majú vysoký výkon, možnosť pripojenia senzorov a ďalších komponentov. Nakoniec bol vybraný model Mateksys Matek H743-WING V3 kvôli lepšej podpore, nižšej cene, dostupnosti senzorov a jednoduchšej konfigurácii vďaka open-source operačnému systému.



Obrázok 1. Letový počítač Matek H743-WING V3. Zdroj: <https://www.mateksys.com/> [1]

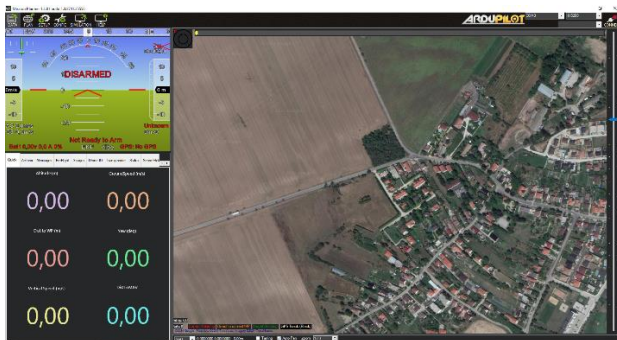
Hlavné výhody tohto letového počítača spočívajú v jeho kompaktných rozmeroch (54 mm x 36 mm x 13 mm) a nízkej hmotnosti (30 gramov). Obsahuje procesor STM32H743VIT6 s frekvenciou 480 MHz a 2 MB pamäťou. Súčasťou je aj slot na pamäťovú kartu pre záznam údajov, 7 UART IO slotov, 2 I2C sloty, 1 CAN slot, 3 SPI3 konektory a OSD čip. Poskytuje 6 vstupov pre letové dáta ADC (Air Data Computer) na meranie rôznych parametrov ako napätie, prúd, teplotu a tlak. S podporou až 2 videosignálov a 2 napájacích výstupov (5V, 9V, 12V) umožňuje pripojenie a napájanie rôznych komponentov. Je napájaný pomocou distribučnej dosky PDB, ktorá zabezpečuje správne napájanie jednotlivých komponentov. Má tiež senzory prúdu s kalibrovanou presnosťou do 90 A a možnosťou krátkodobého zvýšenia na 220 A. Dokáže riadiť až 13 servomotorov a má minimálnu prevádzkovú teplotu -60 °C, čo

umožňuje jeho použitie aj v extrémnych podmienkach [1]. Na rozdiel od konkurenčného počítača Pixhawk 6X, ktorý nie je vhodný pre prevádzku pri takýchto nízkych teplotách.

2.2. Softvérové vybavenie

Na zabezpečenie správneho fungovania pozemnej riadiacej stanice a konfigurácie letového počítača bezpilotného lietajúceho prostriedku je potrebné mať sofistikovaný softvér, ktorý plní tieto úlohy a poskytuje užívateľské rozhranie (GUI). Na tento účel sme zvolili Mission Planner, ktorý slúži ako konfiguračný nástroj pre letový počítač a jeho komponenty a tiež ako hlavný softvér pre pozemnú riadiacu stanicu. Ako operačný systém je použitý ArduPilot, ktorý je nainštalovaný priamo do letového počítača a zabezpečuje spracovanie všetkých letových údajov z pripojených komponentov, stabilizáciu lietajúceho prostriedku a riadenie jeho letu.

Mission Planner, ktorý bol vytvorený v roku 2010, je sofistikovaný open source softvér, ktorý umožňuje používateľom voľne upravovať a konfigurovať parametre UAV. Bol vytvorený a je stále spravovaný Michaelom Osborneom s cieľom uľahčiť konfiguráciu a plánovanie misií pre rôzne druhy bezpilotných prostriedkov. Tento softvér sa zameriava na jednoduchosť, flexibilitu a efektívnosť a poskytuje množstvo komplexných funkcií, ktoré umožňujú autonómnu prevádzku týchto prostriedkov v rôznych situáciách. Okrem amatérov ho často využívajú aj komerčné a profesionálne subjekty. Mission Planner má prehľadné užívateľské rozhranie, ktoré umožňuje jednoduché nastavenie letového počítača a parametrov misie a simuláciu letu. Základné zobrazenie poskytuje dôležité informácie o lete a varuje v prípade porúch letového počítača alebo ovládacieho softvéru [2].



Obrázok 2. Základné užívateľské rozhranie softvéru Mission Planner

ArduPilot a jeho verzia ArduPlane sú open source softvéry, ktoré vznikli v roku 2007 s cieľom poskytnúť cenovo dostupné technologické riešenie pre autonómne lety bezpilotných lietajúcich prostriedkov, teda tento softvér poskytuje funkciu autopilota. Aktívna komunita používateľov a vývojárov sa stará o neustále vylepšovanie softvéru a jeho bezchybné fungovanie. ArduPilot umožňuje ovládanie bezpilotných prostriedkov rôznych rozmerov a hmotností. Môže riadiť rôzne príslušenstvo, ako sú svetlá, motory, servomotory a ďalšie komponenty a takisto zapisuje všetky letové údaje a chyby pre následnú analýzu. Jeho široká užívateľská základňa zabezpečuje prístup k podrobným návodom a vysvetleniam potrebným na plnohodnotné využitie softvéru [3].

2.3. Konfigurácia a kalibrácia letového počítača

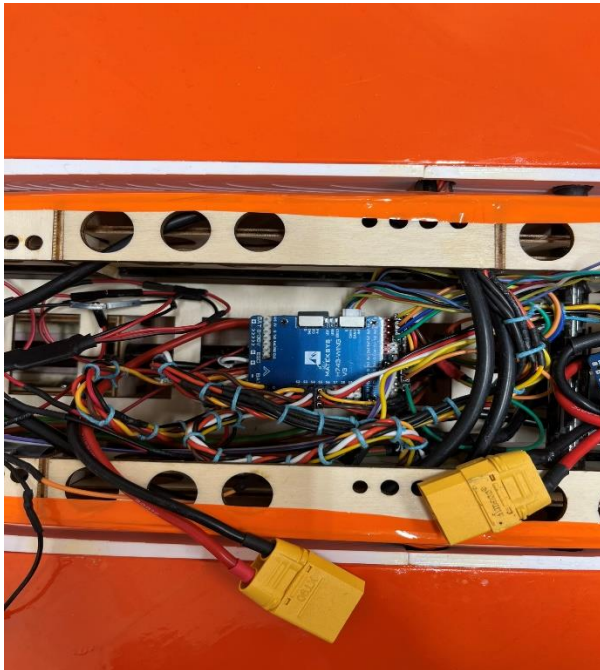
Kalibrácia letového počítača a jeho príslušenstva je kľúčovým krokom pri vytváraní funkčného bezpilotného lietajúceho prostriedku s optimálnymi letovými vlastnosťami. Bez správnej kalibrácie by aj najlepšie nastavenia ostatných parametrov nedokázali zabezpečiť správne fungovanie tohto prostriedku. Kalibrácia letového počítača pred montážou do bezpilotného lietajúceho prostriedku nie je žiadúca, nakoľko na jej úspešné uskutočnenie je nutné, aby letový počítač bral do úvahy aj nepriaznivé elektromagnetické podmienky v bezpilotnom lietajúcom prostriedku vytvorené prúdením elektrického prúdu v kabeláži alebo metalickými časťami jeho konštrukcie. Kalibrácia musí prebiehať s pripojenou batériou a ostatným elektronickým vybavením, aby sa vykompenzovali rušivé magnetické polia vytvárané elektrickým prúdom. Kalibrácia akcelerometrov je kritická pre presné určenie polohy a náklonu lietadla. Viacero akcelerometrov sa používa pre redundanciu a presnejšie merania. Proces kalibrácie prebieha vo viacerých cykloch, kde sa určuje východzia poloha akcelerometrov v rôznych osiach. Kalibrácia magnetometra je dôležitá pre určenie magnetického smerovania bezpilotného lietajúceho prostriedku. Pre multikoptéry alebo VTOL bezpilotné prostriedky je táto kalibrácia kritickejšia, pretože GPS senzor nemôže presne vypočítať magnetický smer, keď bezpilotný lietajúci prostriedok visí vo vzduchu. Pri bezpilotných lietajúcich prostriedkoch vyžadujúcich k letu dopredný pohyb, ako je tom v prípade automatického klzaku dokáže GPS senzor počas pohybu vpred vypočítavať magnetické smerovanie. Proces kalibrácie magnetometra zahŕňa rotáciu bezpilotného lietajúceho prostriedku o 360 stupňov v rôznych polohách. Všetky tieto kroky kalibrácie sú nevyhnutné pre zabezpečenie presných a spoľahlivých letových dát, ktoré sú kľúčové pre bezpečnú prevádzku.

2.4. Montáž letového počítača

Pred samotnou montážou letového počítača je dôležité urobiť niekoľko rozhodnutí, ktoré môžu výrazne ovplyvniť letové vlastnosti. Medzi tieto rozhodnutia patrí umiestnenie počítača a jeho súčiastok, ako aj ich orientácia. Aby sme zistili optimálne umiestnenie počítača, je potrebné pochopiť, ako stabilizačný proces v letovom počítači funguje. Počítač stabilizuje bezpilotný lietajúci prostriedok pomocou ovládacích prvkov alebo zmenou ťahu motorov tak, aby udržiaval akcelerometre a gyroskopy v prednastavenej polohe. Preto je dôležité umiestniť počítač čo najbližšie k ťažisku lietadla, aby bolo možné správne vyhodnocovať jeho polohu a minimalizovať potrebu korekcií počas letu. Pri montáži letového počítača do bezpilotných lietajúcich prostriedkov s pohonom, či už elektrickým alebo spaľovacím, alebo do lietadiel lietajúcich vo vysokých rýchlostiach, je dôležité minimalizovať prenos vibrácií do počítača. To možno dosiahnuť použitím anti-vibračných materiálov, ako sú penové podložky, ktoré dokážu absorbovať vibrácie. Priamo uchytený počítač by mohol absorbovať nežiaduce vibrácie, čo by mohlo viesť k nesprávnym korekciám a problémom pri ovládaní bezpilotného lietajúceho prostriedku, v extrémnych prípadoch k jeho havárii. V rámci experimentovania boli testované rôzne spôsoby montáže letového počítača na bezpilotný lietajúci prostriedok, vrátane tuhého uchytenia a použitia anti-vibračných materiálov ako gumové podložky, penové podložky, suchý zips a polystyrén. Zistilo sa, že príliš tuhé uchytenie prenáša do letového počítača príliš veľa vibrácií, ktoré nie je schopný filtrovať. Naopak, príliš

mäkké uchytenie spôsobuje príliš voľný pohyb letového počítača, čo vedie k nesprávnym korekciám. Optimálnym materiálom pre uchytenie letového počítača sa ukázala byť pena molitanového typu, ktorá má schopnosť absorbovať vibrácie a zároveň poskytuje dostatočnú stabilitu pre správne fungovanie letového počítača.

Ďalším dôležitým rozhodnutím pri montovaní letového počítača a ďalších komponentov do bezpilotného lietadla je zabezpečenie ich ľahkej dostupnosti v prípade potreby údržby, opravy alebo úpravy. Taktiež je kľúčové zvážiť množstvo použitej kabeláže na prepojenie týchto komponentov. Nesprávne umiestnenie môže spôsobiť značné ťažkosti v prevádzke celej sústavy a spomaliť pokrok v experimentálnych alebo výskumných aktivitách, pretože je malá pravdepodobnosť, že systém bude fungovať bez problémov v pôvodnej konfigurácii. Je nevyhnutné zabezpečiť optimálnu dostupnosť a vytvoriť dostatok servisných otvorov, pričom je dôležité neoslabiť konštrukciu lietadla. Ďalším problémom je nadmerné množstvo kabeláže potrebnej na prepojenie rôznych komponentov s letovým počítačom alebo batériou. To zvyšuje hmotnosť a negatívne ovplyvňuje letové vlastnosti a dobu letu.



Obrázok 3. Uloženie letového počítača v automatickom klzáku

2.5. Experimentálne overenie funkčnosti navrhnutého systému

Testovanie funkcionality letového počítača na zmenšenom modeli klzáku v nižších výškach má za úlohu overiť nastavenie parametrov letového počítača a jeho schopnosť pracovať efektívne v reálnych podmienkach pri použití na plnom rozsahu klzáku. Na tento účel boli uskutočnené viaceré letové testy, pri ktorých bol zmenšený model klzáku pripojený k inému bezpilotnému lietajúcejmu prostriedku, konkrétne k kvadrokoptére, a bol vynesený do nižšej výšky. Po dosiahnutí tejto výšky bol zmenšený klzák ručne spustený a najskôr riadený manuálne, až kým nepristál, a neskôr bol pilotovaný automaticky. Tento zmenšený model klzáku zachováva rovnakú koncepciu ako klzák v plnej veľkosti, čo zahŕňa delta krídlo s

kombinovanými riadiacimi plochami, nazývanými elevony. Testovanie prebehlo počas troch dní. Pri testovaní boli použité rôzne letové režimy, konkrétne manuálny, FBWA a RTL. V manuálnom režime pilot priamo ovláda riadiace plochy lietajúceho prostriedku bez akýchkoľvek stabilizačných funkcií letového počítača. V režime FBWA letový počítač stabilizuje náklon a klopenie lietadla na základe pokynov pilota, ktorý určuje požadovaný uhol náklonu a letový počítač sa snaží udržať tento uhol pomocou riadiacich plôch. V režime RTL letový počítač naviguje lietajúci prostriedok späť na miesto štartu pomocou GPS a riadi ďalšie bezpečnostné funkcie, ako napríklad automatické otvorenie padáku pri dosiahnutí prednastavenej výšky.



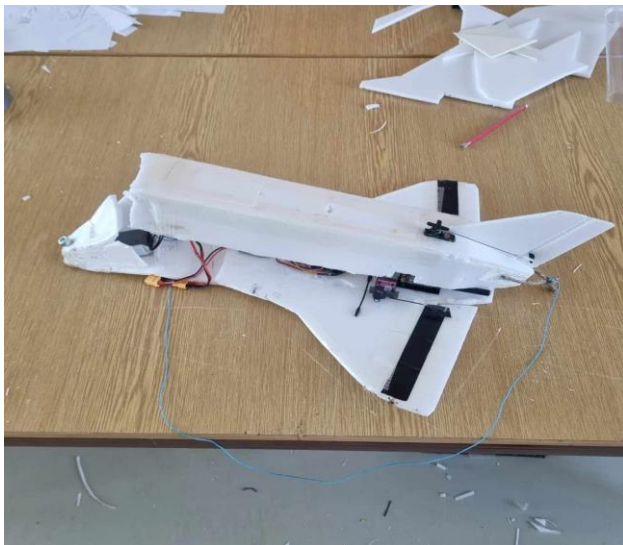
Obrázok 4. Zmenšený model klzáku pred zahájením letových testov

Prvý deň testovania letového počítača na menšom modeli klzáku začal so štandardnými nastaveniami letového počítača bez dodatočnej úpravy. Testy prebiehali v manuálnom režime a v stabilizovanom móde FBWA, kde letový počítač zabezpečoval stabilizáciu lietajúceho prostriedku, pričom riadenie trajektórie bolo na pilotovi. Údaje z týchto testov sa zaznamenávali len na zemi cez telemetriu. Počas prvého testovacieho letu bol klzák vynesený do výšky približne 60 metrov a potom manuálne vypustený. Počas letu bol počítač v manuálnom móde riadenia. Hoci klzák nedosiahol dostatočný vztlak a stabilizáciu potrebnú na kontrolu letu, bolo po jednoduchých opravách možné pokračovať v testovaní. Druhý, tretí a štvrtý test boli vykonané v režime FBWA z vyšších výšok, 100 a 140 metrov. Hoci došlo k osciláciám kvôli citlivému nastaveniu stabilizačného algoritmu a slabšej konštrukcii, klzák bol stále ovládateľný. Po prvom dni testovania bolo rozhodnuté znížiť citlivosť stabilizačného algoritmu a posilniť konštrukciu klzáku. Telemetrický a RC systém fungoval spoľahlivo počas celého dňa.

Pred začatím druhého dňa testovacieho boli prijaté opatrenia na základe skúseností z predchádzajúceho dňa, ktoré zahŕňali upravenie citlivosti stabilizačného algoritmu a zosilnenie štruktúry modelu klzáku. Všetky testovacie lety v druhý deň boli realizované v móde FBWA s cieľom odstrániť oscilácie počas letu klzáku. Počas druhého dňa bolo vykonaných niekoľko letových testov, pričom tri z nich, podľa telemetrických údajov, vynikali najviac v redukcii oscilácií. Tieto lety boli realizované vo výškach

130 m, 100 m a opäť 130 m, pričom pilot sa snažil udržať podobnú trajektóriu pri každom testovacom lete. Napriek pokusom o zníženie citlivosti stabilizačného algoritmu, oscilácie pretrvávali najmä pri vyšších rýchlostiach. Pri nižších rýchlostiach dochádzalo k poklesu oscilácií, ale kvôli blízkosti pádovej rýchlosti klzáku sa prejavovala tendencia k špirálovému pádu po strate vztľaku na jednom krídle. Manipulácia s ťažiskom klzáku ovplyvnila oscilácie a letové vlastnosti len minimálne.

Počas posledného letového dňa boli letové dáta zaznamenávané nielen telemetricky, ale aj priamo na SD kartu v letovom počítači, čo zabezpečilo presnejšie údaje a zvýšilo počet zaznamenávaných parametrov. Testovacie lety v tomto dni boli vykonané z vyššej výšky ako predchádzajúce dni. Okrem toho bol otestovaný aj režim RTL, ktorý sa má využívať pri testovaní klzáku v plnej veľkosti. Prvý letový test v tomto dni bol vykonaný z výšky 170 m v móde FBWA, pri ktorom pilot vykonal jednu ľavotočivú zatačku a úspešne pristál. Druhý let dosiahol výšku 193 m a bol prvým, kde sa použil režim RTL. Klzák nasledoval plánovanú trajektóriu a bezpečne pristál. Ďalšie dva letové testy boli opäť v móde FBWA z výšok 160 m a 170 m a pilot pristál s klzákom v oboch prípadoch úspešne. Najdôležitejší let v tomto dni bol posledný, počas ktorého sa klzák dostal do nekontrolovateľného letového stavu, konkrétne do vývrtky. Tento let bol uskutočnený v móde FBWA. Približne v polovici letu sa klzák dostal do nekontrolovateľného stavu a po zrážke so zemou utrpel poškodenia, ktoré znemožnili ďalšie testy. Možné príčiny zahŕňajú zhoršené meteorologické podmienky počas vykonávania letového testu s vysokou rýchlosťou nárazov vetra, oscilácie a opotrebenie klzáku po viacerých testoch v tom istom dni.



Obrázok 5: Zmenšený model klzáku po havárii

3. Výsledky

Nastavenie letového počítača na základe letových testov je zložitý proces, ktorý si vyžaduje veľa času a opakované úpravy parametrov. Po vyhodnotení výsledkov troch dní letov s menším modelom automatického bezpilotného klzáku je jasné, že budú potrebné ďalšie testy pred tým, než sa môžu začať letové testy s klzákom v plnej mierke. Aj napriek niektorým negatívnym výsledkom je pokrok v letových testoch zjavný. Nasledujúcimi krokmi pred začatím ďalšej fázy letových testov bude úprava tvaru a konštrukcie menšieho modelu klzáku pre lepšiu

aerodynamiku, testovanie stabilnejšej polohy ťažiska a nastavenie stabilizačného algoritmu. Navyše, bude do menšieho modelu klzáku implementovaný automatizovaný mechanizmus na otvorenie padáku pri určenej výške, pomocou tzv. LUA skriptov. Tento postup by mal optimalizovať letové charakteristiky klzáku a umožniť nastavenie parametrov vhodných pre klzák plnej veľkosti.

4. Záver

Vzhľadom na náročnosť experimentálnej práce z hľadiska času, technických aspektov a legislatívy sa v čase publikácie tohto článku nepodarilo uzavrieť túto aktivitu s definitívnymi výsledkami. Táto situácia však otvára priestor pre ďalší vývoj v rámci celého výskumného tímu a spolupráce s ďalšími kolegami pri realizácii letových testov s plnohodnotným klzákom, ktorý bude vybavený viacerými prístrojmi a senzormi vrátane aerologickej sondy a dosiahne stratosférické výšky. Získané dáta z týchto testov budú dôležité pre finálnu úpravu a konfiguráciu klzáku pripraveného na reálnu prevádzku. Ak budú výsledky nasledujúcich testov úspešné, zväzi sa možnosť uvedenia tohto technologického riešenia na komerčný trh, pričom sa očakáva, že takto získané údaje z aerologických sond poskytnú ekonomicky a ekologicky výhodný spôsob získavania atmosférických meraní.

Referencie

- [1] MATEKSYS. Flight Controller H743-WING V2 and V3. Dostupné na internete: <https://www.mateksys.com/?portfolio=h743-wing-v2#tab-id-2> (cit. 2024-03-15)
- [2] Mission Planner Overview. Dostupné na internete: <https://ardupilot.org/planner/docs/mission-planner-overview.html> (cit. 2022-04-05)
- [3] ArduPilot - ArduPlane. Dostupné na internete: <https://ardupilot.org/plane/index.html> (cit. 2022-04-05)
- [4] ROSEN, J. W. 2017. Zipline's Ambitious Medical Drone Delivery in Africa. Dostupné na internete: <https://www.technologyreview.com/2017/06/08/151339/blood-from-the-sky-ziplines-ambitious-medical-drone-delivery-in-africa/> (cit. 2022-03-21)



ZMENY A DOPLNENIA EASA ČASŤ 145 A ICH VPLYV NA CAMO

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

Tomáš Urminský
AELIS Group, a.s.
Panenská 24
811 03 Bratislava

Abstract

EASA Part 145, a framework that governs the approval and operation of maintenance organisations, is one of the key elements in the regulatory environment targeting the technical condition of aircraft. Changes and amendments to EASA Part 145, which followed the adoption of Commission Regulation (EU) No. 1321/2014, also affect Continuing Airworthiness Management Organisations (CAMO). This paper examines how these changes of integration are reflected in the actual operation of CAMO helping to understand the degree of interconnection between the aircraft maintenance field and the management of continuing airworthiness. The introductory chapters provide a theoretical overview of the regulations, focusing on EASA Parts 145, M, and CAMO. Based on this theoretical framework, the study presents an in-depth analysis of recent changes and amendments to EASA Part 145, identifying their impact on CAMO operations. The enrichment of the data stems from a survey distributed among experts in practice, capturing insights and firsthand experience. This survey, a central part of the paper, explores their views on the consequences of implementing changes and the challenges they face.

Keywords

EASA Part 145, Changes and amendments, Maintenance organisations, CAMO

1. Úvod

Letecký priemysel je známy svojim záväzkom k bezpečnosti a prísnyim dodržiavaním regulačných noriem. Základným kameňom tohto regulačného prostredia v oblasti technického stavu lietadiel je EASA časť 145, ktorý upravuje schvaľovanie a prevádzku organizácií údržby v celej Európe. Je jasné, že oblasť údržby lietadiel a zachovanie letovej spôsobilosti nielenže koexistujú, ale spolu tvoria nerozlučnú dvojicu pri riešení technického stavu lietadiel.

Tento článok je venovaný komplexnému preskúmaniu nedávnych zmien a doplnení EASA časti 145 vo vzťahu k nariadeniu Komisie (EÚ) č. 1321/2014 a ich následným vplyvom na organizácie riadenia zachovania letovej spôsobilosti (CAMO). Jeho cieľom je ponoriť sa do úvah a zistení o tom, ako tieto zmeny a doplnenia modifikujú prevádzkové prostredie CAMO, a tak čiastočne posúdiť, do akej miery sú tieto oblasti letectva vzájomne prepojené.

Úvodné kapitoly článku poskytujú teoretický prehľad predpisov týkajúcich sa údržby lietadiel a letovej spôsobilosti so zameraním na EASA Časť 145, M a CAMO. Táto diskusia stanovuje základné znalosti potrebné na pochopenie úloh a zodpovedností zverených CAMO a údržbovým organizáciám.

Po tomto teoretickom objasnení článok predstavuje analýzu nedávnych zmien a doplnení k EASA časti 145 a následne identifikuje ich vplyv na prevádzku CAMO. Vzhľadom na rozsiahlu povahu nedávnych regulačných zmien štúdia využíva selektívny prístup s cieľom zamerať sa na tie zmeny a doplnky, ktoré sú vnímané ako najvýznamnejšie. Na obohatenie analýzy o údaje bol medzi odborníkmi v oblasti zachovania letovej spôsobilosti distribuovaný dotazník. Tento prieskum, ktorý tvorí ústrednú časť výskumu, sa pokúša zachytiť poznatky a skúsenosti z prvej ruky. Pýta sa na ich názory na dôsledky implementácie týchto zmien a na výzvy, ktorým čelia.

2. Teoretické východiská riešenej problematiky

Pre pochopenie tejto problematiky je na úvod dôležité predstaviť Európsku agentúru pre bezpečnosť letectva (EASA) a jej dokumenty časť 145, M a CAMO.

2.1. Európska agentúra pre bezpečnosť letectva

Európska agentúra pre bezpečnosť letectva (EASA) slúži ako základný kameň stratégie Európskej únie pre bezpečnosť letectva. EASA, založená podľa nariadenia (ES) č. 216/2008 so sídlom v Kolíne nad Rýnom v Nemecku, bola založená s cieľom nahradiť národné letecké úrady členských štátov, čím sa vytvoril jednotný regulačný rámec v celej Európe. Táto agentúra je zodpovedná za zvýšenie bezpečnosti letectva a ochrany životného prostredia na celom kontinente. Medzi jej kľúčové zodpovednosti patrí vývoj komplexnej legislatívy v oblasti bezpečnosti letectva, certifikácia lietadiel a komponentov a dohľad nad dodržiavaním noriem EÚ. EASA tiež zohráva kľúčovú úlohu pri harmonizácii predpisov v celej EÚ, čím uľahčuje jednotný európsky letecký trh a navrhuje technické pravidlá, ktoré ovplyvňujú globálne normy bezpečnosti letectva. [1, 2]

2.2. EASA časť 145

Dokument EASA časť 145 upravuje schvaľovanie a prevádzkové normy organizácií údržby lietadiel v celej Európe. Toto nariadenie načrtáva prísne požiadavky na údržbu, aby sa zabezpečilo, že všetky lietadlá budú spĺňať najvyššie bezpečnostné normy. Na získanie povolenia EASA časť 145 musia organizácie pripraviť a udržiavať Výklad organizácie údržby (MOE), ktorý podrobne uvádza ich štruktúrally a prevádzkový rámec, vymedzuje zodpovednosti, procesy a politiku kvality organizácie. Certifikácia zahŕňa podrobné preskúmanie MOE a súvisiacich dokumentov spolu s komplexnými auditmi na vyhodnotenie dodržiavania predpísaných noriem. Rozsah časti 145 sa rozširuje aj na

špecifiká požiadaviek na zariadenie, kvalifikáciu personálu, nástroje a procedurálne aspekty rôznych úloh údržby, čím sa zabezpečuje, že organizácie údržby sú vybavené na riadenie zložitých úloh údržby a dôsledné udržiavanie prísnych opatrení na kontrolu kvality. [3,4]

2.3. EASA časť M

Časť M EASA špecifikuje požiadavky na zachovanie letovej spôsobilosti lietadiel počas ich prevádzkového životného cyklu. Táto časť predpisov je venovaná načrtnutiu nevyhnutných plánov údržby a požadovanej dokumentácie na zaistenie trvalej bezpečnosti a dodržiavania predpisov. Stanovuje technické špecifikácie a normy pre údržbu lietadiel vrátane podrobných postupov klasifikácie komponentov a vydávania osvedčení o letovej spôsobilosti. Tieto prísne požiadavky sú navrhnuté tak, aby zabezpečili, že každá činnosť údržby bude spĺňať najvyššie štandardy bezpečnosti a kvality, čím sa zabezpečí prevádzková integrita a bezpečnosť lietadla. Časť M je neoddeliteľnou súčasťou regulačného rámca a zdôrazňuje technické aspekty údržby, ktoré sú rozhodujúce pre dlhodobú prevádzkovú bezpečnosť lietadla. [5,6]

2.4. EASA časť CAMO

Časť CAMO predstavuje významný vývoj od časti M, ktorý vychádza z časti M podčasti G zavádza štruktúrovanejší a komplexnejší prístup k riadeniu zachovania letovej spôsobilosti. Toto nariadenie integruje princípy systémov riadenia bezpečnosti (SMS) a podporuje proaktívny prístup k bezpečnosti a riadeniu rizík v organizáciách údržby. Časť CAMO stanovuje prísne prevádzkové požiadavky, ktoré zdôrazňujú dôležitosť udržiavania formálne schváleného programu údržby. Nariaďuje komplexné činnosti organizácií zachovania letovej spôsobilosti, ktoré zahŕňajú zisťovanie a odstraňovanie porúch ovplyvňujúcich bezpečnosť prevádzky, ako aj vykonávanie úprav a opráv podľa schválenej dokumentácie. Jadrom časti CAMO je podrobný a dynamický proces riadenia rizík, ktorý si vyžaduje neustále vyhodnocovanie a prispôbovanie. Tento proces zaisťuje, že organizácie riadenia zachovania letovej spôsobilosti nielen dodržiavajú súčasné predpisy, ale tiež neustále zlepšujú a prispôbujú svoje postupy tak, aby spĺňali vyvíjajúce sa priemyselné štandardy a osvedčené postupy. [7,8]

3. Vybrané zmeny a doplnenia dokumentu EASA časť 145

Pre rozsiahly charakter zmien a doplnení EASA časť 145 boli pre účel článku vybrané tri najzásadnejšie zmeny: zavedenie scenárov pre kontrolné lety údržby, používanie informačných a komunikačných technológií (ICT) na vzdialené audity a implementácia systému správy záznamov.

3.1. Zavedenie scenárov pre kontrolné lety údržby (MCF)

Pridaný text v AMC 145.A.50(e) odsek 4 načrtáva proces spracovania úloh údržby, ktoré si vyžadujú vykonanie počas letu, pričom sa zdôrazňuje spolupráca medzi organizáciou údržby a prevádzkovateľom lietadla. Znamená to prevádzkovú flexibilitu, kde v rámci obmedzení lietadla môže oprávnený osvedčujúci personál uvoľniť v mene údržbovej organizácie lietadlo na kontrolný let údržby, aj keď údržba nie je dokončená. Prevádzkovateľ si ponecháva zodpovednosť za kontrolný let

údržby, zatiaľ čo organizácia vykonávajúca údržbu je zodpovedná za vydanie osvedčenia o uvoľnení do prevádzky po lete za predpokladu, že sa dokončí akákoľvek dodatočná potrebná údržba. [9]

Zároveň bol v rámci tohto paragrafu pridaný odkaz na GM M.A.301(i) v časti M, ktorý definuje scenáre na vykonávanie MCF

Scenár 1: MCF sa vyžaduje v príručke údržby lietadla alebo v iných údajoch o údržbe pred dokončením údržby. Vydá sa osvedčenie o nedokončenej údržbe a let sa vykoná na základe osvedčenia o letovej spôsobilosti lietadla. Tento scenár často zahŕňa vytvorenie nového záznamu v technickom denníku lietadla na zdôraznenie potreby MCF, opísanie obmedzení a vplyvov letu na vybavenie v dôsledku neúplnej údržby. Úspešné dokončenie MCF vedie k dokončeniu údržby a oficiálnemu uvoľneniu do prevádzky. [9]

Scenár 2: Prevádzkovateľ alebo CAMO požaduje MCF na základe skúseností a z dôvodu úvahy o spoľahlivosti a/alebo zabezpečenia kvality, aj keď to výslovne nevyžadujú údaje o údržbe. Po údržbe sa vydá osvedčenie o uvoľnení do prevádzky a osvedčenie o letovej spôsobilosti lietadla zostáva v platnosti pre tento let. [9]

Scenár 3: Navrhne ho organizácia údržby po odstraňovaní problémov na potvrdenie obnovenia normálnej prevádzky systému. Pred letom sa vydáva osvedčenie o uvoľnení do prevádzky, ktorým sa potvrdzuje osvedčenie letovej spôsobilosti pre daný let. [9]

Scenár 4: Vyžaduje sa, keď porucha systému lietadla zabráni zobrazeniu chyby a diagnostika poruchy sa musí vykonať počas letu. Keďže lietadlo nemôže lietať na základe osvedčenia o letovej spôsobilosti, pretože nebolo uvoľnené do prevádzky po údržbe, vyžaduje sa letové povolenie vydané v súlade s nariadením (EÚ) č. 748/2012. Po vykonaní údržby po lete môže byť lietadlo uvoľnené do prevádzky a pokračovať v prevádzke podľa pôvodného osvedčenia o letovej spôsobilosti. [9]

V niektorých MCF sú údaje získané z letu nevyhnutné na posúdenie úvahy o uvoľnení z údržby. Ak personál údržby nemôže zbierať tieto údaje počas letu, členovia posádky môžu byť určení, aby tak urobili v mene organizácie údržby. Títo vymenovaní členovia posádky dostávajú inštrukcie o svojich úlohách vrátane podrobných procesov a požadovaných údajov na podporu udelenia konečného uvoľnenia do prevádzky. [9]

3.2. Používanie informačných a komunikačných technológií (ICT) na vzdialené audity

Zmenený predpis rozpracúva používanie ICT na vykonávanie auditov na diaľku v kontexte politiky bezpečnosti a kvality, postupov údržby a systému kvality. Toto usmernenie je navrhnuté tak, aby pomohlo pri dohľade nad údržbovými organizáciami aj samotným organizáciám pri vykonávaní interných auditov, monitorovaní dodržiavania predpisov a hodnotení dodávateľov a subdodávateľov. Medzi kľúčové body patria:

Definícia vzdialeného auditu: Definuje sa ako audit vykonávaný pomocou nástrojov video a audio komunikácie v reálnom čase namiesto toho, aby sa vyžadovala fyzická prítomnosť audítora na mieste. [10]

Definované úlohy: „Auditorský subjekt“ sa vzťahuje na orgán alebo organizáciu vykonávajúcu audit, zatiaľ čo „auditovaný subjekt“ je subjekt, ktorý je predmetom auditu. [10]

Zodpovednosť a vhodnosť: Je zodpovednosťou auditorského subjektu určiť, či používanie ICT na diaľku je vhodnou alternatívou k auditom na mieste pri dodržaní platných požiadaviek. [10]

Úvahy o procese auditu na diaľku: Subjekty vykonávajúce auditu na diaľku musia zdokumentovať proces vo svojich postupoch, pričom zabezpečia flexibilitu, integritu, bezpečnosť a dôvernosť. To zahŕňa:

- Flexibilné používanie vzdialených ICT na optimalizáciu procesov auditu;
- Primerané kontroly na predchádzanie zneužitiam, ktoré by mohli ohroziť integritu auditu;
- Opatrenia na zachovanie ochrany údajov a bezpečnosti duševného vlastníctva. [10]

Príklady použitia ICT na diaľku: Telekonferencie, hodnotenie dokumentov v reálnom čase na diaľku, nahrávanie dôkazov v reálnom čase a živý vizuálny a zvukový prístup k rôznym organizačným aspektom. [10]

Plánovanie a dohoda: Dohoda pred auditom by mala zahŕňať výber platformy, bezpečnostný prístup, testovanie kompatibility, potenciálne použitie pokročilých vizuálnych pomôcok (napr. drony s webovými kamerami), koordináciu časových pásiem a záväzok k spolupráci a presnosť údajov od kontrolovaného. [10]

Vybavenie a nastavenie: Úvahy na zabezpečenie efektívneho auditu na diaľku zahŕňajú rozlíšenie videa, zorné pole, nastavenia viacerých kamier, kvalita zvuku a možnosti komunikácie v reálnom čase. [10]

Kompetencia a informovanosť: Tí, ktorí používajú ICT na diaľku, by mali byť kompetentní a vedomí si rizík a príležitostí, ktoré tieto technológie predstavujú, aby sa zabezpečila platnosť a objektivita auditu. [10]

Hlásenie o audite: Hlásenia by mali podrobne uvádzať rozsah a efektívnosť používania ICT na diaľku, pričom by mali uvádzať všetky obmedzenia, ktoré sa vyskytli počas auditu. [10]

3.3. Implementácia systému správy záznamov

Dodatky k AMC1 145.A.55 a GM1 145.A.55 načrtávajú komplexné vylepšenia postupov vedenia záznamov v organizáciách údržby lietadiel, zamerané na posilnenie integrity, dostupnosti a správy záznamov o údržbe. Tieto pozmeňujúce a doplňujúce návrhy vytvárajú rámec, ktorý zabezpečuje, že záznamy sú starostlivo udržiavané, ľahko dostupné a pevne chránené proti neoprávnenému prístupu alebo ich zmene. [11]

Všeobecný dodatok k uchovávaniu záznamov, AMC1 145.A.55, nariaďuje organizáciám implementovať systém vedenia záznamov navrhnutý tak, aby zabezpečil, že všetky záznamy budú dostupné v primeranom časovom rámci podľa potreby. Tento systém musí uľahčovať organizáciu, sledovateľnosť a vyhľadateľnosť záznamov počas stanoveného obdobia uchovávania. Umožňuje ukladanie záznamov v rôznych

formátoch vrátane papierových, elektronických, mikrofilmových alebo optických diskov s dôrazom na zachovanie čitateľnosti počas ich uchovávania. Smernice vyzývajú na používanie trvanlivých materiálov pre papierové záznamy a bezpečné zálohovacie systémy pre elektronické záznamy vrátane opatrení na zabránenie neoprávneným úpravám. Okrem toho sa vyžaduje, aby bol hardvér zálohovania údajov uložený oddelene od primárnych údajov v podmienkach, ktoré zachovávajú integritu údajov, s predvolenou dobou uchovávania nastavenou na minimálne tri roky, pokiaľ nie je uvedené inak. [11]

GM1 145.A.55 ďalej rozvádza prijateľnosť mikrofilmovania alebo optického uchovávania záznamov kedykoľvek za predpokladu, že zostanú rovnako čitateľné ako pôvodný záznam počas celého požadovaného obdobia uchovávania. [11]

4. Metodika a metódy skúmania

Výskum sa začal teoretickým prehľadom, ktorý zahŕňal úlohy Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva (EASA) a kľúčové aspekty dokumentov EASA častí 145, M, a CAMO. Táto fáza vytvorila potrebné základy objasnením regulačného rámca a jeho významu pre prevádzkové postupy údržbových organizácií a organizácií riadenia zachovania letovej spôsobilosti.

Po teoretickej časti nasledovalo rozsiahle preskúmanie nedávnych zmien časti 145 EASA. Vzhľadom na široký rozsah zmien a doplnení bolo nevyhnutné vybrať konkrétne zmeny pre cielenejšiu štúdiu. Tento výber bol riadený identifikáciou ich priameho vplyvu na CAMO.

Na overenie analytických výsledkov a na začlenenie praktických perspektív do štúdie bol starostlivo navrhnutý a rozšírený prieskum medzi odborníkmi z odvetvia. Cieľom prieskumu bolo zachytiť postrehy od profesionálov, ktorí sa priamo zaoberajú aktivitami CAMO, čím sa zabezpečilo, že zistenia boli založené na skutočných skúsenostiach. Formát prieskumu pozostával z kvantitatívnych aj kvalitatívnych otázok, ktoré umožnili respondentom poskytnúť podrobnú a konkrétnu spätnú väzbu.

Distribúcia prieskumu bola strategicky vykonaná prostredníctvom online formulárov medzi vybranými dvadsiatimi odborníkmi z praxe. Dosiahnutá povzbudivá miera návratnosti 50 % poskytla dostatočný súbor údajov pre následnú analýzu. Odpovede boli analyzované, aby sa vytvorili porovnania medzi teoretickými očakávaniami a skutočnou spätnou väzbou, pričom sa ukázali zhody aj rozdiely.

Syntéza zistení z teoretického prehľadu, spracovania zmien a doplnení EASA častí 145 a určenia ich potenciálneho vplyvu na CAMO, ako aj z vykonaného prieskumu poskytla ucelený pohľad na vplyvy zmien EASA častí 145 na CAMO. Táto komplexná analýza nielen potvrdila niekoľko teoretických zistení, ale odhalila aj praktické výzvy v tejto oblasti.

5. Výsledky

Táto kapitola predstavuje nosnú časť článku. Prináša identifikáciu potenciálnych dopadov zmien a doplnení EASA častí 145 na prevádzku CAMO, ktorá je doplnená prieskumom prostredníctvom dotazníku rozšíreného pomedzi odborníkov z odvetvia, ktorý je súčasťou práce ako príloha.

5.1. Vplyv zmien na CAMO

Vybrané zmeny a doplnenia prinášajú vplyv aj na prevádzku CAMO.

5.2. Zavedenie scenárov pre kontrolné lety údržby (MCF)

Pridaný text popisuje úlohy údržby, ktoré si vyžadujú vykonanie kontrolného letu údržby, zavádza prevádzkovú flexibilitu, no zároveň kladie zodpovednosť na CAMO za úzku koordináciu s organizáciami údržby a prevádzkovateľmi. Táto zmena môže ovplyvniť organizácie CAMO tým, že sa od nich bude vyžadovať, aby uľahčili komunikáciu a zabezpečili správnu dokumentáciu a dodržiavanie predpisov. Zdôrazňuje, že je potrebné, aby CAMO porozumeli scenárom, podľa ktorých sa vyžadujú MCF, a zabezpečili, aby si všetky zúčastnené strany boli vedomé svojich povinností a podmienok uvoľnenia lietadla na kontrolný let.

Zahrnutie scenárov vykonávania MCF, ako sa uvádza v AMC 145.A.50(e) a ako je uvedené v GM M.A.301(i) v časti M, by mohlo mať vplyv na organizácie CAMO tým, že by sa od nich vyžadovalo, aby mali zavedené mechanizmy na určenie, kedy je potrebné vykonanie MCF na základe požiadavky príručky údržby, úvahy o spoľahlivosti alebo potvrdenie obnovenia normálnej prevádzky systému. CAMO môže potrebovať zabezpečiť, aby plánovanie údržby a dohľad zahŕňali tieto scenáre, najmä so zameraním na dokumentáciu a procesy overovania údajov, ktoré sú nevyhnutné pre úspešné dokončenie a certifikáciu MCF.

5.3. Používanie informačných a komunikačných technológií (ICT) na vzdialené audity

Podrobný návod na používanie ICT na vykonávanie auditov na diaľku zavádza rámec pre CAMO a iné organizácie na vykonávanie alebo podstupovanie auditov s využitím vzdialených technológií. Toto usmernenie môže ovplyvniť organizácie CAMO tým, že podporí prijatie nástrojov ICT pre ich audity, hodnotenia dodávateľov a činnosti monitorovania súladu. CAMO môžu ťažiť zo zvýšenej flexibility a efektívnosti v procesoch auditu, ale musia tiež zvládnuť súvisiace výzvy, ako je zaistenie bezpečnosti údajov, integrity auditu a efektívnej komunikácie.

5.4. Implementácia systému správy záznamov

S mandátom pre organizácie údržby na implementáciu štruktúrovaného systému riadenia záznamov môžu CAMO musieť prehodnotiť svoje súčasné postupy vedenia záznamov a prípadne integrovať nový softvér alebo elektronické systémy, ktoré uľahčia lepšiu organizáciu, sledovateľnosť a dostupnosť záznamov o údržbe. Táto úprava by mohla ovplyvniť prevádzkové náklady CAMO a vyžadovať školenie zamestnancov, aby mohli efektívne využívať nové systémy.

Príspevok na uchovávanie záznamov v rôznych formátoch vrátane papierových, elektronických, mikrofilmových alebo optických diskov znamená, že organizácie CAMO musia zabezpečiť, aby ich systémy alebo systémy ich zmluvných organizácií údržby boli schopné uchovávať tieto formáty počas celého obdobia uchovávania. CAMO môže potrebovať usmerňovať a kontrolovať svojich partnerov údržby, aby zabezpečili, že všetky formy záznamov spĺňajú špecifikované normy pre čitateľnosť a integritu.

Požiadavka na bezpečné zálohovacie systémy a oddelenie zálohovacieho hardvéru od primárnych údajov si vyžaduje, aby CAMO vyhodnotili bezpečnosť údajov a stratégie zálohovania ich poskytovateľov údržby. Môže to viesť k tomu, že CAMO budú investovať alebo obhajovať silnejšie opatrenia na ochranu údajov, čím sa zabezpečí, že záložné systémy budú odolné voči strate údajov a neoprávnenému prístupu.

Objasnenie prijateľnosti mikrofilmovania a optického ukladania ponúka organizáciám CAMO príležitosť zvážiť alternatívne stratégie dlhodobého uchovávanie údajov. Musia však zabezpečiť, aby tieto metódy neohrozili dostupnosť a kvalitu záznamov v priebehu času, čo by mohlo ovplyvniť spôsob, akým CAMO a ich partneri v oblasti údržby riadia archívne procesy.

5.5. Hodnotenie vplyvu najvýznamnejších zmien a doplnení na CAMO prostredníctvom prieskumu

Prieskum spojený s týmto výskumom bol zámerne navrhnutý tak, aby bol stručný, aby rešpektoval drahocenný čas odborníkov z odvetvia a zabezpečila sa vysoká miera odpovedí. Pre účely prieskumu sa mi podarilo získať kontakt na ôsmich odborníkov z odvetvia. Vedúci mojej práce oslovil v mojom mene dvanásť subjektov, pričom som dostal 10 odpovedí, čo predstavuje päťdesiat percentnú návratnosť. Pre dosiahnutie čo najväčšieho spektra oslovených respondentov bol dotazník sformulovaný v anglickom jazyku.

5.5.1. Určenie zmeny s najvýznamnejším vplyvom na CAMO

Aby sa zistilo, ktoré z vybraných zmien a doplnení EASA časť 145 majú najväčší vplyv na CAMO, bol v rámci prieskumu položený odborníkom z odvetvia kritický dotaz. Respondenti odpovedali na otázku: „Ktorá z nasledujúcich zmien EASA časť 145 mala podľa vás najvýznamnejší vplyv na prevádzku CAMO?“ Poskytnuté možnosti zahŕňali Používanie informačných a komunikačných technológií na vzdialené audity, Implementáciu systému správy záznamov a Zavedenie scenárov pre kontrolné lety údržby, s možnosťou „Ani jedno zo spomenutého“ pre tých, ktorí nevnímajú spomenuté zmeny ako výrazne vplyvné.

Najviac hlasov získali zmeny v postupoch vedenia záznamov (4), čo naznačuje istý konsenzus medzi respondentmi, že zlepšenie spôsobu, akým CAMO riadia a pristupujú k záznamom o údržbe, ovplyvňuje ich prevádzku. Odpovede na používanie ICT na audity na diaľku a na zavedenie scenárov pre kontrolné lety údržby získali rovnaký počet hlasov (2), čo poukazuje na rozdielne názory odborníkov na to, čo predstavuje významné zmeny v prevádzke CAMO. Zaujímavé je, že rovnaký počet hlasov (2) získala aj možnosť, že žiadna zo zmien neprinesla významný vplyv, čo naznačuje, že pre niektorých odborníkov môže byť ich vnímanie a dopad rôzne v závislosti od špecifických podmienok a potrieb jednotlivých CAMO organizácií.

5.5.2. Zavedenie scenárov pre kontrolný let údržby

Prieskum sa zaoberal aj pochopením finančného vplyvu nových požiadaviek na kontrolné lety údržby na CAMO, pričom odborníci z odvetvia hodnotili, ako tieto zmeny ovplyvnili prevádzkové náklady, najmä prostredníctvom úprav v dokumentačných procesoch a potreby dodatočných školení personálu. Väčšina expertov uviedla, že zavedenie nových požiadaviek MCF mierne zvýšilo prevádzkové náklady CAMO. Tento mierny nárast svedčí o prírastkových investíciách

potrebných na aktualizáciu postupov dokumentácie a do školenia zamestnancov na dodržiavanie nových protokolov MCF. Na druhej strane niektorí respondenti neuviedli žiadnu zmenu v prevádzkových nákladoch, čo naznačuje, že pre niektoré CAMO organizácie nové požiadavky nespôsobili dodatočné finančné zaťaženie.

Pri hodnotení podrobných vplyvov zmien v súvislosti s kontrolnými letmi údržby na prevádzku CAMO sa druhá prieskumná otázka ohľadom tejto zmeny snažila identifikovať konkrétne oblasti ovplyvnené týmito regulačnými zmenami. Odborníci z odvetvia boli požiadaní, aby vybrali **všetky aplikovateľné aspekty zo zoznamu potenciálnych vplyvov**. Poskytnuté možnosti boli nasledovné: *Zvýšené prevádzkové náklady v dôsledku novej dokumentácie a školení, Vylepšená prevádzková flexibilita a efektívnosť, Požadované významné procedurálne úpravy na určenie, kedy je MCF nevyhnutný, Žiadny povšimnuteľný vplyv*.

Štyria odborníci uviedli, že zmeny a doplnenia MCF zvýšili prevádzkové náklady v dôsledku nových požiadaviek na dokumentáciu a potreby ďalšieho školenia zamestnancov.

Jeden respondent poznamenal, že výsledkom týchto zmien a doplnení bola zvýšená prevádzková flexibilita a efektívnosť, čo naznačuje, že napriek výzvam, nové nariadenia môžu priniesť aj výhody.

Dvaja experti zdôraznili, že na určenie, kedy je MCF potrebný, sú potrebné významné procedurálne úpravy, čím poukázali na potrebu zosúladenia sa s novými požiadavkami.

Je zaujímavé, že štyria respondenti nezaznamenali žiadny viditeľný vplyv zmien MCF, čo naznačuje, že v prípade niektorých CAMO boli tieto zmeny hladko integrované alebo výrazne nezmenili existujúce procesy.

Je pozoruhodné, že zatiaľ čo sedem expertov identifikovalo mierny nárast celkových prevádzkových nákladov v dôsledku nových požiadaviek MCF v úvodnej otázke, následný prieskum špecificky zameraný na aspekty vplyvu týchto zmien odhalil miernu odchýlku, pričom štyria respondenti poukázali na zvýšené prevádzkové náklady v dôsledku nových požiadaviek na dokumentáciu a školenie. Rozdiel v počte odpovedí môže naznačovať, že hoci sa väčšina odborníkov v prvej otázke zhoduje na miernom zvýšení prevádzkových nákladov, niektorí respondenti možno považovali tieto náklady za súčasť všeobecného zvýšenia prevádzkových nákladov a nepripisovali ich potrebám pre zavedenie nových požiadaviek na dokumentáciu a potreby ďalšieho školenia zamestnancov.

Pozorovanie zvýšenej prevádzkovej flexibility a efektívnosti iba jedným respondentom naznačuje, že vnímané výhody z hľadiska prevádzkovej efektívnosti nie sú všeobecne pozorované. Potreba významných procesných úprav, ako uviedli dvaja respondenti, ďalej zdôrazňuje výzvu integrácie týchto nových požiadaviek do existujúcich prevádzkových rámcov.

5.5.3. Používanie informačných a komunikačných technológií na vzdialené audity

V ďalšej časti prieskumu sú skúmané perspektívy odborníkov z odvetvia týkajúce sa využívania ICT na audity na diaľku. Odborníci boli požiadaní, aby ohodnotili svoj súhlas s vyhlásením: „*Usmernenie o používaní ICT pri auditoch na diaľku*

výrazne zlepši efektívnosť a flexibilitu CAMO pri vykonávaní auditov.“ Odborníci mali na výber z odpovedí: *Silno súhlasím, Súhlasím, Nesúhlasím a Silno nesúhlasím*.

Odpovede naznačili vo všeobecnosti pozitívny výhľad na prijatie ICT pre audity na diaľku. Celkom sedem z desiatich expertov buď súhlasilo, alebo jednoznačne súhlasilo s tým, že používanie ICT by výrazne zvýšilo efektívnosť a flexibilitu auditov CAMO. Táto väčšina naznačuje silnú vieru v potenciál digitálnych nástrojov na zefektívnenie auditových procesov, potenciálne zníženie logistickej záťaže a nákladov spojených s tradičnými fyzickými auditmi a zvýšenie kapacity vykonávať audity flexibilnejšie a častejšie.

Naopak, traja experti nesúhlasili s vyhlásením. Dôvody nezhody by mohli zahŕňať obavy o bezpečnosť údajov, alebo súčasnú schopnosť nástrojov ICT plne replikovať hĺbku fyzických auditov. Tieto nesúhlasné názory naznačujú, že aj keď existuje nadšenie pre technologickú integráciu do auditorských postupov, existujú aj kritické obavy, ktoré je potrebné riešiť.

Nadšené prijatie ICT pre audity na diaľku medzi väčšinou účastníkov prieskumu poukazuje na pripravenosť niektorých segmentov priemyslu presadzovať inovatívne riešenia. Menšina vyjadrujúca výhrady však naznačuje, že prijatie môže byť nerovnomerné a môže si vyžadovať cielené úsilie na zabezpečenie toho, aby technológia spĺňala všetky prevádzkové a regulačné požiadavky.

V pokračovaní skúmania osvojenia si ICT v rámci auditov sa prieskum snažil získať poznatky o perspektívach odborníkov v súvislosti s používaním ICT na vykonávanie auditov na diaľku a dohľad nad činnosťami údržby. Odborníkom bola položená otázka: *Aký je váš pohľad na používanie ICT na vykonávanie auditov na diaľku a dohľad nad činnosťami údržby?* Na výber boli poskytnuté štyri možnosti: *Veľmi podporný, predvídajúc významné zlepšenie efektívnosti a flexibility, Podporný s výhradami ohľadom bezpečnosti dát a integrity vzdialených auditov, Skeptický ohľadom účinnosti a spoľahlivosti auditov na diaľku a Obavy z výziev a rizík spojené s implementáciou ICT*.

Štyria experti vyjadrili veľkú podporu využívaniu ICT pri auditoch na diaľku, pričom predpokladali výrazné zlepšenie efektívnosti a flexibility. Táto skupina presadzuje transformačný potenciál digitálnych nástrojov a naznačuje, že ICT môžu zlepšiť procesy auditu v súlade s modernými technologickými trendmi. Na druhej strane, rovnaký počet respondentov bol skeptický k účinnosti a spoľahlivosti auditov na diaľku vykonávaných pomocou ICT. Títo experti vyvolávajú obavy, či digitálne platformy dokážu dosiahnuť dôkladnosť a presnosť vyžadovanú pri tradičných osobných auditoch.

Okrem toho dvaja odborníci podporili používanie ICT, ale s výhradami týkajúcimi sa bezpečnosti údajov a integrity auditov na diaľku. Ich opatrný optimizmus uznáva výhody ICT a zároveň zdôrazňuje kritickú potrebu silných bezpečnostných opatrení na ochranu citlivých informácií a zachovanie integrity procesov auditu.

Je zaujímavé, že žiadni odborníci neuviedli priame obavy z problémov a rizík spojených so zavádzaním ICT, čo naznačuje, že hoci existujú značné výhrady, nepovažujú sa za neprekonateľné prekážky.

Odpovede naznačujú zložitú situáciu, kde nadšenie pre technologický pokrok koexistuje so značnou opatrnosťou. Táto rozličnosť názorov podčiarkuje potrebu dôkladnej úvahy pri integrácii ICT do audítorských postupov.

5.5.4. Implementácia systému správy záznamov

V rámci poslednej časti prieskumu, experti vyhodnotili potenciálne dopady implementácie systému správy záznamov. Sledované oblasti vplyvu zmien sú: *Vylepšená prevádzková efektivita, Zvýšené požiadavky na školenie, Väčší dôraz na digitálnu transformáciu a Vylepšená bezpečnosť údajov a ochrana súkromia*. Hodnotenia sa pohybujú od 1 (veľmi významné) do 5 (bez aplikácie).

Pokiaľ ide o potenciálny vplyv na zvýšenú prevádzkovú efektívnosť, odborníci rozdelili svoje hodnotenia rovnomerne medzi významnejšie kategórie, pričom každá z nich mala tri hlasy pre veľmi významné (1), dosť významné (2) a stredne významné (3). Žiadny z expertov nepovažoval tento vplyv za málo významný (4) a iba jeden odborník sa domnieval, že nemá praktické uplatnenie (5). Toto rozdelenie naznačuje všeobecnú zhodu o zlepšení prevádzkovej efektívnosti, hoci názory na stupeň významnosti sa líšia.

V súvislosti so zvýšenými požiadavkami na odbornú prípravu v dôsledku nového systému sa názory líšili, čo naznačuje rôzne vnímanie jeho významu. Jeden odborník ho ohodnotil ako veľmi významný (1), traja ako dosť významný (2), dvaja ako stredne významný (3) a najväčšia skupina, štyria odborníci, ho považovala za menej významný (4). Žiadni odborníci nepovažovali tento vplyv za irelevantný (5). Tieto odpovede zdôrazňujú všeobecné presvedčenie, že hoci je potrebný ďalší tréning, jeho dôležitosť nezatieňuje iné faktory.

Digitálna transformácia bola uznaná prevažne za dosť významnú (päť hlasov za 2), čo naznačuje, že CAMO sa bude musieť prispôbiť a potenciálne zvýšiť investície do nových technológií. Jeden expert ohodnotil potrebu adaptácie ako veľmi významnú (1), zatiaľ čo dvaja ju považovali za stredne významnú (3) a ďalší dvaja ju považovali za menej významnú (4). Toto rozšírenie poukazuje na uznanú potrebu, aby CAMO prijali ďalšie digitálne pokroky, aj keď existujú rozdiely v tom, nakoľko sú tieto investície vnímané ako naliehavé alebo rozsiahle.

Pokiaľ ide o opatrenia na zlepšenie bezpečnosti údajov a ochrany súkromia, väčšina odpovedí sa sústredila na strednú významnosť, pričom traja odborníci ju hodnotili ako dosť významné (2) a päť ako stredne významné (3). Jeden odborník to považoval za veľmi významné (1) a jeden to považoval za menej významné (4). Nikto nehodnotil tento vplyv ako neuplatniteľný (5), čo poukazuje na všeobecné uznanie dôležitosť zlepšenia bezpečnosti údajov a ochrany súkromia, ktoré prináša nový systém.

Odpovede na prieskum preukazujú všeobecný pozitívny výhľad na vplyvy implementácie systému správy záznamov na prevádzku CAMO, najmä pri zvyšovaní prevádzkovej efektívnosti, podpore digitálnej transformácie a zlepšovaní opatrení na zabezpečenie údajov. Aj keď sa uznáva potreba zvýšenej odbornej prípravy, nepovažuje sa to za nepriaznivú výzvu.

6. Záver

Hoci sa zistilo, že mnohé zmeny a doplnenia majú okrajový vplyv na prevádzku CAMO, zameranie sa zúžilo na tri významné oblasti s identifikovaným najsignifikantnejším vplyvom: používanie informačných a komunikačných technológií na audity na diaľku, implementácia systému správy záznamov a zavedenie scenárov pre kontrolné lety údržby.

Údaje zhromaždené prostredníctvom prieskumu spomedzi odborníkov z praxe ďalej obohatili naše chápanie týchto zmien. Získané odpovede poskytli pohľad, ktorý potvrdil niektoré počiatočné predpoklady a zároveň ponúkol nový pohľad na praktické dopady týchto regulačných zmien.

Rôznorodosť vnímania vplyvu zmien medzi odborníkmi dokazuje, že každé CAMO je jedinečné svojimi prioritami a ich schopnosť prispôbovania sa novým zmenám závisí od veľkosti organizácie, technologickej vybavenosti, zázemia, typu prevádzky, flotily, či financií.

Implementácia systému správy záznamov vynikala a získala značné uznanie za svoj vplyv na prevádzkové postupy v rámci CAMO. Táto zmena je v súlade so strategickým posunom smerom k digitalizácii, pričom sa kladie dôraz na zlepšenie správy a dostupnosť údajov, ktoré sú v dnešnom prevádzkovom prostredí založenom na údajoch kľúčové.

Podobne sa zdôraznilo, že informačné a komunikačné technológie pre audity na diaľku sú významným vývojom v rámci regulačného prostredia, ktorý umožňuje efektívnejšie procesy auditu zvýšením flexibility a znížením potreby fyzickej prítomnosti. Táto adaptácia odráža širšie trendy v digitalizácii a znamená posun smerom k moderným technologickým postupom.

Naopak, zavedenie scenárov kontrolných letov údržby nemalo očakávaný hlboký vplyv na aktivity CAMO. Prieskum odhalil zhodovanie sa medzi odborníkmi o miernom zvýšení nákladov v dôsledku novej dokumentácie a požiadaviek na školenie, ale tieto zmeny sa nepovažovali za zásadne transformujúce chod CAMO.

Komplexné preskúmanie a cieľový prieskum naznačujú, že celkový vplyv nedávnych zmien EASA časť 145 na CAMO je obmedzenejší, než sa pôvodne očakávalo. Zatiaľ čo niektoré oblasti, ako napríklad správa záznamov a ICT pre audity na diaľku, sú v súlade s cieľmi digitálnej transformácie a ponúkajú jasné výhody, mnohé zmeny zásadne netransformujú prevádzku CAMO.

Vzhľadom na tieto zistenia by budúci výskum mohol preskúmať integráciu pokročilejších digitálnych riešení, ako sú decentralizované úložné systémy, s cieľom zvýšiť bezpečnosť a správu údajov v rámci CAMO. Preskúmanie týchto možností by mohlo poskytnúť odporúčania na regulačné úpravy zamerané na zlepšenie postupov v oblasti bezpečnosti a správy údajov. Tento smer nielen sleduje trajektóriu rastúcej digitálnej integrácie, ale je v súlade aj s potrebou zvýšených bezpečnostných opatrení vo svete, ktorý je čoraz viac zameraný na údaje.

Referencie

- [1] About EASA. EASA. [online]. Dostupné na: <https://www.easa.europa.eu/en/the-agency/faqs/about-easa> [citované 2024-04-26]

- [2] European Union Aviation Safety Agency (EASA). SKYbrary. Dostupné na: <https://skybrary.aero/articles/european-union-aviation-safety-agency-easa> [citované 2024-04-26]
- [3] EASA Part-145 Approval: The Key Steps to Launch an MRO. Raven. [online]. Dostupné na: <https://raven.aero/news/easa-part-145-approval-the-key-steps-to-launching-an-mro/> [citované 2024-04-26]
- [4] Part 145, Maintenance organisation approvals. Úrad pre vydávanie publikácií Európskej únie. [online]. Dostupné na: <https://op.europa.eu/sk/publication-detail/-/publication/4ab79626-df94-4d62-989e-dd1bb88af22a/language-en/format-PDF/source-search> [citované 2024-04-26]
- [5] EASA Part 145 – Maintenance organisations. AeroImpulse. [online]. Dostupné na: <https://aeroimpulse.de/en/insights/easa-part-145-maintenance/> [citované 2024-04-26]
- [6] EASA PART 145 – Aircraft Maintenance Organisation. Aircraft Engineer. [online]. Dostupné na: <https://www.aircraftengineer.info/easa-part-145/> [citované 2024-04-26]
- [7] Maintenance Management – EASA Part CAMO, Part CAO and EASA Part-M. AeroImpulse. [online]. Dostupné na: <https://aeroimpulse.de/en/wissenswertes/easa-part-camo-part-cao/> [citované 2024-04-26]
- [8] sasadmin (2020) EASA Part CAMO Safety Risk Management Overview. Online. In Sofema 14.5.2020. Dostupné na: <https://sassofia.com/blog/easa-part-camo-safety-risk-management-overview/> [citované 2024-04-26]
- [9] EASA, 2020. *Príloha II k rozhodnutiu 2020/002/R*. [online]. Dostupné na: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/acceptable-means-of-compliance-and-guidance-materials/amc-gm-part-145-issue-2-2> [citované 2024-04-26]
- [10] EASA, 2021. *Príloha II k rozhodnutiu 2021/009/R*. [online]. Dostupné na: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/acceptable-means-of-compliance-and-guidance-materials/amc-gm-part-145-issue-2-3> [citované 2024-04-26]
- [11] EASA, 2022. *Príloha II k rozhodnutiu 2022/011/R*. [online]. Dostupné na: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/acceptable-means-of-compliance-and-guidance-materials/amc-gm-part-145-issue-2-4> [citované 2024-04-26]



NÁVRH A VYBUDOVANIE SIMULÁTORA PRACOVISKA RIADIACEHO LETOVEJ PREVÁDZKY PRE POTREBY KATEDRY LETECKEJ DOPRAVY

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

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

Abstract

The growing popularity of air travel increases the demands on qualified ATC personnel. Despite technological advances offering operational benefits, the ever-increasing need for skilled personnel remains. The diploma thesis deals with the construction of an ATC simulator at the Department of Air Transport. The ATC simulator is an excellent practice-educational aid, among other things, quite fun, for students who are interested in the air traffic control industry or who want to become air traffic controllers. Simulator training enhances their practical skills and prepares them for the demands of industry. Through a study of the global concept of ATC simulators and market analysis, we introduce the reader to the issue of ATC simulators. This is followed by a focus on the analysis of ATC simulators used for personnel training in Slovakia and neighboring countries. After a theoretical introduction to ATC simulators, we define the goals and methodological approaches of the work, which prepare the ground for the following practical part of the work, in which we will focus exclusively on the simulator we built. We will move on to examine in more detail the build, configuration and key roles of the "Escape Light" software provided by Eurocontrol which is our simulation software for ATC simulations. Through detailed explanations and visualizations, we will clarify the functions and features of the individual program parts of the Escape Light software, which are necessary for the effective operation of the simulator. In the final part, we will describe the finished simulator and all the functionalities it has. The creation of the exercise is the necessary conclusion of the construction, and at the same time it is the result of the practical application of the knowledge gained during the construction of the simulator.

Keywords

Air Traffic Controller (ATCO), Simulator, Air Traffic Control (ATC), Exercise

1. Úvod

Odvetvie leteckej dopravy zaznamenáva trend vysokého nárastu prevádzky, ako aj dopytu po službách. Nárast prevádzky vo vzdušnom priestore znamená vyšší počet letov, ktorým je potrebné zabezpečiť bezpečnú a plynulú prevádzku, respektíve je potrebné riadiť neustále sa zvyšujúci počet letov vo vzdušnom priestore, ako aj nárast kvalifikovaného personálu spôsobilého na riadenie letov. V najbližších rokoch sa predpokladá nárast leteckej prevádzky, pričom s nárastom letovej

prevádzky je priamo úmerne potrebný aj nárast počtu zamestnancov v odvetví riadenia letovej prevádzky. Technologický pokrok síce zabezpečí určité zefektívnenie prevádzky, avšak pracovné pozície riadiacich letovej prevádzky sú neustále nevyhnutnou súčasťou riadenia vo vzdušnom priestore. V tejto súvislosti máme možnosť zapojiť sa do vybudovania simulátora riadenia letovej prevádzky na Katedre leteckej dopravy, ktorý umožňuje študentom osvojiť si základné princípy poskytovania leteckých navigačných služieb. Používanie vedomostí z odvetvia riadenia letovej prevádzky v praktických cvičeniach na simulátore zvyšuje kompetentnosť a pripravenosť užívateľov, respektíve záujemcov, ktorý sa v budúcnosti radi stanú riadiacimi letovej prevádzky. Skúsenosť so simulátorom môže študentovi veľmi napomôcť pri kvalifikačnom výcviku v prípade, že sa uchádza o pozíciu riadiaceho letovej prevádzky, poprípade pseudopilota ale určite aj pri uchádzaní sa o iné pozície spojené s riadením letovej prevádzky. V počiatočnej časti práce uvádzame čitateľa do problematiky simulátorov ATC. Rozdelíme a vysvetlíme si jednotlivé koncepcie simulátorov ATC používaných pri výcviku riadiacich letovej prevádzky vo svete. Po oboznámení sa s koncepciou rôznorodosti simulátorov

nasleduje analýza súčasného trhu so simulátormi ATC, pričom si ukážeme a vysvetlíme vlastnosti konkrétnych simulačných programov vytvorených svetovými hráčmi na trhu. Urobí sa analýza situácie so simulátormi ATC na Slovensku a v okolitých štátoch. Hranicu medzi teoretickou a praktickou časťou práce tvorí kapitola s názvom Cieľ a metodika práce s informáciami o použitých postupoch pri tvorbe práce a cieľom, ktorý sa má doceliť. Nasleduje praktická časť, v ktorej si hneď na úvod budeme môcť pozrieť, časovú os budovania simulátora a jeho konfiguráciu. Vysvetlia sa najdôležitejšie programy celého simulátora, bez ktorých nie je možná jeho funkcia. Každá súčasť programu na simuláciu ATC s názvom „Escape Light“, vytvoreným a poskytnutým inštitúciou Eurocontrol, má svoje špecifické funkcie na základe ktorých efektívne funguje celý systém. Od vytvárania simulácií až po ich spustenie, upravovanie, testovanie, zálohovanie, ovládanie a ďalšie. Každá dôležitá funkcia a charakteristika softvéru Escape Light sa písomne a graficky objasní. Záverom práce si môžeme pozorovať celkový výsledok úsilia práce. Posledná kapitola sa zaoberá konečnou podobou simulátora, jednotlivými pracovnými pozíciami a ich funkciou. V neposlednom rade sa oboznámime so svojpomocne vytvoreným cvičením na simulátore. V softvéri Escape Light sa pomocou nadobudnutých poznatkov o tomto programe a jeho súčiastiach vytvorilo v simulácii cvičenie. Opis úlohy a charakteristik cvičenia, symbolicky ukončuje prácu

2. Metodika a metódy skúmania

Metodika a metódy skúmania počas budovania simulátora ATC na Katedre leteckej dopravy zahŕňajú:

- Voľbu vhodného prostredia, respektíve miestnosti v ktorej je vhodné prevádzkovať simulátor. Zvolená miestnosť musí zabezpečiť najmä priestorové požiadavky, bezpečnostné požiadavky (miestnosť je možné uzamknúť) a taktiež možnosť pripojenia do elektrickej siete ako aj možnosť pripojenia na internetovú sieť;

- Výstavbu konštrukcie. Konštrukcia je dovezená v kompletne rozloženom stave z Riadenia letovej prevádzky Českej republiky. Postupne sa konštrukcia skladala do jednotlivých celkov. Jednotlivé celky sa následne spojili do jedného komplexného funkčného celku. Počas skladby bolo zistené, že mnoho súčastí ako napríklad rôzne typy skrutiek a spojov chýba, pričom sa podľa parametrov tieto časti objednali a dodatočne aplikovali. Taktiež je potrebné zabezpečiť vhodnú prepájaciu elektrickú kabeláž, ktorá kompatibilnú so všetkými prvkami simulátora. Jedná sa o zabezpečenie typov prenosu digitálnych dát cez DVI, HDMI, Display Port, USB, LAN, LAN SWITCH, sieťové napájacie kabeláže k monitorom;

- Inštaláciu potrebných hardvérových komponentov. V tejto fáze budovania je potrebné vybrať počítače a obrazovky s parametrami, ktoré sú kompatibilné so simulačným softvérom ATC Escape Light. Počítače aj obrazovky sa namontovali na konštrukciu simulátora a spojajdnili. Pri zapájaní je potrebné doobjednať množstvo kabeláže potrebnej k spojajdneniu;

- Inštaláciu softvérovej časti. Operačný systém Windows 11. Inštalácia programov Oracle – Virtual box verzie 6 a FileZilla. Tieto dva programy sú nevyhnutné pre inštaláciu simulačného softvéru Escape Light. V programe Escape Light je po spustení potrebné získať prístupové heslá k jednotlivým častiam (dátovým balíkom) od Eurocontrol. Escape light obsahuje 5 dátových balíkov – dva pre pozície oblastného riadenia, jeden pre pozíciu pseudopilota, jeden pre spustenie samotnej simulácie takzvaný „ECHOES a jeden pre zadávanie, úpravu, tvorbu, kontrolu dát simulácie takzvaný „IPAS“;

- Samotné spustenie simulácie a nadobúdanie informácií o spôsobe akým softvér Escape Light funguje a ako je možné simulácie spúšťať, upravovať, riadiť;

- Tvorbu cvičení. Cvičenia sú vytvárané úpravou parametrov v simulácií takým spôsobom, aby riadiaci počas tohto cvičenia musel použiť aspoň niektoré poznatky a schopnosti ktorými môžu byť napríklad: letecká frazeológia, komunikácia medzi pilotom a riadiacim, priestorové videnie, pamäť, reakčný čas, predvídavosť, zachovanie psychického kludu v náročných situáciách, priestorová predstavivosť, znalosť leteckých

3. Výsledky

Vytvorí sa prehľad rôznych simulačných softvérov ATC a ich vlastností, ktoré sú poskytované na trhu so simulátormi ATC. Dosiadne sa prehľad využitia simulátorov ATC na Slovensku a v okolitých krajinách. Oboznámime sa s univerzitami disponujúcimi simulátormi ATC a s ich využitím pri výučbe študentov. Dôsledne sa zdokumentuje budovanie, konfigurácia a jednotlivé komponenty simulátora, pričom je kladený dôraz na kľúčovú úlohu softvérového vybavenia „Escape Light“, poskytnutého inštitúciou Eurocontrol. Pochopí sa samotné budovanie ATC od začiatku výstavby konštrukcie simulátora, až po nainštalovanie hardvérových a softvérových prvkov simulátora, končiac tvorbou samotných funkčných cvičení v simuláciách, vytváraných cez softvér Escape Light. Cvičenie na

simulátore ponúka možnosť praktického precvičenia práce riadiaceho letovej prevádzky a pseudopilota. Predstavujú sa funkčné prvky simulátora, a objasní sa význam vlastného cvičenia, ktoré symbolizuje integráciu teoretických poznatkov s praktickou aplikáciou.

4. Záver

Rozhodnutie vybudovať simulátor riadenia letovej prevádzky (ATC) na Katedre leteckej dopravy je výzvou, no zároveň aj príjemnou skúsenosťou. Prostredníctvom výskumu a analýzy sme sa oboznámili s koncepciou rozmanitosťou simulátorov ATC na svetovom trhu. Preskúmali sa súčasne dostupné softvéry pre simulácie ATC na trhu a vyhodnotili špecifickú simulátorov ATC používaných vo výcviku riadiacich letovej prevádzky v rámci Slovenska a susedných krajín. Vymedzením jasných cieľov a metodík sme sa pustili do praktickej realizácie našej vízie. Dôsledne sa zdokumentuje budovanie, konfigurácia a jednotlivé komponenty simulátora, pričom sa kladie dôraz na kľúčovú úlohu softvérového vybavenia „Escape Light“, poskytnutého inštitúciou Eurocontrol. Máme možnosť komplexne pochopiť prevádzku simulátora ATC, od začiatku skladania konštrukcie simulátora, až po nainštalovanie hardvérových a softvérových prvkov simulátora, končiac tvorbou samotných funkčných cvičení v simuláciách, vytváraných cez softvér Escape Light. Výsledný simulátor je navrhnutý tak, aby zabezpečoval praktický výcvik, respektíve poskytol možnosť uplatnenia a nadobudnutia vedomostí v praktických cvičeniach. Cvičenie na simulátore ponúka možnosť praktického precvičenia práce riadiaceho letovej prevádzky a pseudopilota. V záverečnej časti práce sa predstavili funkčné prvky simulátora, a objasnili význam vlastného cvičenia, ktoré symbolizuje integráciu teoretických poznatkov s praktickou aplikáciou.

Referencie

- [1] Bc. Hugo Kupka, „Návrh a vybudovanie simulátora pracoviska riadiaceho letovej prevádzky pre potreby Katedry leteckej dopravy,“ Žilina, 2024.



NÁVRH A REALIZÁCIA TROJVALCOVÉHO SPAĽOVACIEHO MOTORA V USPORIADANÍ DO HVIEZDY

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

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

Abstract

This article looks at different combustion engine topologies and concentrates on designing and building a two-stroke radial engine prototype for use in aircraft. With an emphasis on these engines' application in the aviation sector, the goal is to offer a thorough understanding of the mechanical factors that influence these engines' efficiency and performance. The article's theoretical section discusses the fundamental ideas behind combustion engines and the benefits and drawbacks of various designs. It also emphasizes the Trabant automobile engine, which has been utilized in aircraft; the prototype motor was built using parts from this engine. The design of the building, the use of contemporary simulation tools for design optimization, and the prototype's production processes are all covered in the practical section. The best way to manufacture anything with a CNC milling machine that is readily available is also covered.

Keywords

Engine, Radial engine, Two-stroke engine, Engine prototype, Trabant

1. Úvod

Spoľahlivosť agregátov je veľmi podstatná v leteckom odvetví. Vibrácie spôsobené rôznymi konštrukčnými prevedeniami spaľovacích agregátov sú jedným z faktorov ktoré z veľkej časti ovplyvňujú spoľahlivosť a efektívnosť. Minimalizovanie vibrácií sa dá pomocou šikovne zvolenej konštrukcie. O návrhu a zostrojení experimentálneho motora s novou konštrukciou si viac povieme v tomto článku.

2. Metodika a metódy skúmania

Dôležitým faktorom pri tvorení akéhokoľvek projektu je zvoliť si parametre a ciele.

2.1. Informácie o prototypu

Pred zahájením vývoja tohto motora boli stanovené nasledujúce požiadavky: Objem motora by nemal presiahnuť 1000 kubických centimetrov, konštrukcia by mala byť jednoduchá a náklady na výrobu nízke. Navrhnutý bol hviezdicový dvojtaktný motor bez potreby preplňovania, čo zaručuje jeho jednoduchosť, nízku hmotnosť a výhodnosť pre použitie v leteckom priemysle. Tento koncept je zameraný na minimalizáciu výrobných nákladov podobne ako môj predchádzajúci projekt Bistella 500. Rozhodol som sa preto využiť niektoré súčasti z motorov P60, P63, P66 a 5B, známe tiež ako motory z automobilu Trabant, čo viedlo k výberu pracovného názvu TrabY-motor – motor Trabant usporiadaný do tvaru písmena Ypsilon. Hlavný rozdiel medzi motorom Bistella a TrabY spočíva v dizajne kľukového hriadeľa. Bistella používa tradičný kľukový hriadeľ štvordobého hviezdicového motora, kde sú všetky ojnice pripojené k jednému bodu, ktorý sa otáča okolo centrálnej osi hriadeľa. Tento dizajn umožňuje symetrické zapálenie valcov, avšak neprináša žiadnu prirodzenú vyváženosť motora, čo si vyžaduje prídanie protizávažia, čím zvyšuje hmotnosť rotujúcich častí. Na druhej strane, kľukový hriadeľ motora TrabY má ojnicné čapy

usporiadané každý o 120°, čo vedie k umiestneniu troch valcov jednej hviezdoy do troch rozdielnych rovín, na rozdiel od motoru Bistella, ktorý má päť valcov usporiadaných v jednej rovine. Motor pracuje vďaka koordinovanému pohybu všetkých troch piestov. Keď sa piesty pohybujú smerom nahor, vzniká v kľukovej skrini podtlak, čo spôsobí prúdenie vzduchu cez karburátor. Tu sa vzduch mieša s palivom a vytvára sa vhodná zmes. Za riadenie naplňovania kľukovej skrine zodpovedá rotačný disk, ktorý v určitých fázach otáčania kľukového hriadeľa otvára a zatvára sací kanál. Keď sa piest pohybuje z vrchnej polohy do dolnej, sací kanál sa uzatvára a zmes vo vnútri začína byť stlačená. Keď piesty dosiahnu bod, kde otvoria výpustové kanály, pripravená zmes začne prúdiť týmito kanálmi, čím sa naplní spaľovací priestor a vytlačí sa zvyšok spalín do výfukového systému. Pri ďalšom pohybe piesta smerom nahor sa zatvoria prepúšťacie kanály, ale výfukový kanál zostáva ešte chvíľu otvorený, čo vedie k strate časti čerstvej zmesi. Keď piest uzavrie výfukový kanál, začína fáza kompresie. Krátko predtým, ako piest dosiahne svoju hornú polohu, dojde k zapáľovaniu stlačenej zmesi elektrickým výbojom na zapáľovacej sviečke v každom z valcov. Nasleduje fáza expanzie, ktorá pokračuje až k otvoreniu výfukového kanálu. Výfuková fáza ideálne prebieha od momentu otvorenia výfukového kanálu do otvorenia prepúšťacích kanálov. Po ich otvorení dochádza k opätovnému výplachu a začína sa nový cyklus. Z tohto porovnania vyplýva, že hviezdicový motor TrabY má jednoduchšiu konštrukciu a je výrazne lacnejší na výrobu ako zmieneny hviezdicový motor Bistella. Avšak, kvôli ojnicným čapom umiestneným mimo stredu, je tento typ motora dlhší ako hviezdicový motor tradičnej konštrukcie. Najväčšou výhodou motora TrabY je prirodzená vyváženosť. Kvôli spoločnému pohybu piestov nám vznikajú sily prvého aj druhého rádu, ktorých výslednica je nulová. Dôvodom prečo som nenavrhol tento koncept aby bol štvordobý je pomerne jednoduchý a je ním cena. Hlavnou výhodou konvenčných štvordobých motorov je oddelené mazanie od palivovej sústavy. V tejto konfigurácii nie je možné použiť mazanie s mokrou skriňou. Ak by sme chceli využiť systém

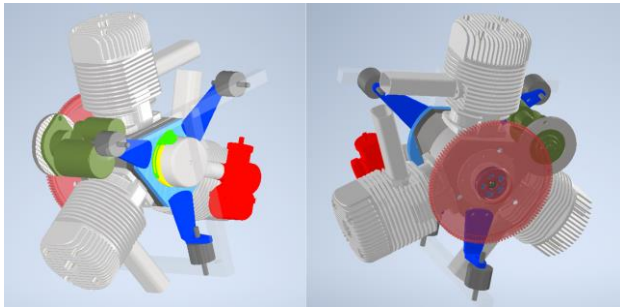
mazania suchou skriňou, potrebovali by sme zložitú odsávaciu sústavu a viacero čerpadiel. Ďalším nepriaznivým faktorom je frekvencia odpaľovania. V prípade dvojdojby konfigurácie nám motor opáli každú otočku a dodáva silu po dobu 120° otočenia kľukového hriadeľa. Takže rotačné ústrojenstvo musí byť dostatočne ťažké aby po dobu 240° dodávalo kinetickú energiu. V prípade štvordobého motora je tento pomer horší. Sila sa síce dodáva po dobu 180° otáčania kľukového hriadeľa, avšak doba kedy motor ide na prázdno je 540° otočenia kľukového hriadeľa. Z toho dôvodu by muselo byť rotujúce ústrojenstvo ešte ťažšie.

2.2. Návrhy súčiastok

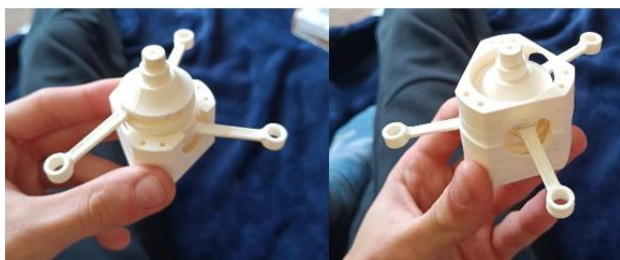
Srdcom motora je kľukový hriadeľ. Zdvih 73 mm ako majú motory P60,P63,P66 a 5B som sa rozhodol zachovať. Dôvod je, že pokiaľ by sme zmenili zdvih motora negatívne by sme narušili časovanie valca, čím by daný motor mohol mať nepriaznivú výkonovú krivku. V rámci zachovania jednoduchosti konštrukcie sa taktiež využili ojnicné ložiská, ktoré sa dajú kúpiť samostatne. Ide o vonkajší krúžok s klietkou a ihličkami a samostatný vnútorný krúžok. Vďaka tomu nemusia byť ojnicné čapy tvrdené a mať špeciálne povrchové leštenie, ale môžu byť vyrobené z rovnakého materiálu ako zbytok kľukového hriadeľa. Tým, že sú všetky diely dodané z už nepoužívaných motorov, je veľká pravdepodobnosť, že budú čiastočne opotrebované. Nie je to ináč ani s ojnicami, ktorých plochy pre spodné ojnicné ložiská vykazujú povrchové poškodenie známe ako pitting. Aj to bolo dôvodom, prečo som vybral ložisko s vonkajším krúžkom a nie len sadu ihličiek v klietke. Pitting nemá skoro žiadny vplyv na pevnosť ojnice avšak ihličky ložiska by mohli byť v krátkej dobe ničené. Mazanie tohoto ložiska zaisťujú mazacie diery, ktoré sa na danom ložisku nachádzajú. Do ojnice sa ložisko nalisuje tak, že diery v ojnici budú splyvať s dierami v novom ložisku. Kvôli minimálnej dĺžke je kľukový hriadeľ navrhnutý tak, aby boli roviny ojnic čo najbližšie pri sebe. Z toho dôvodu sú v častiach kľukového hriadeľa, kde sa nachádzajú spodné ojnicné čapy vyfrézované kruhové miesta kvôli dostatočnému miestu pre spodok ojnice, ktorá je rozšírená kvôli ložisku. Kraje kľukového hriadeľa sú vytvarované s rádiusom pre hladký pohyb zmesi. Spojovacie výkvyky dodávajú potrebnú hmotnosť danej konštrukcii. Hlavné ložiská kľukového hriadeľa boli vybrané za účelom najlepších vlastností. Pri navrhovaní som myslel na ľahké skladanie motora, preto som vybral valčekové ložiská XX, keďže daný motor nebude v testovacej fáze namáhaný axiálnymi silami. Pre prípad, že bude daný motor vybavený vrtuľou, ktorá začne namáhať motor axiálnymi silami budeme musieť vymeniť použité valčekové ložiská za guľôčkové ložiská YYY, ktoré sú navrhnuté na dostatočnú pevnosť axiálnych aj radiálnych síl. Na oboch stranách kľukového hriadeľa sú vytvorené dosadacie plochy pre jednotlivé tesniace elementy ako aj pre adaptér na upevnenie zotrvačníka ku kľukovému hriadeľu a osadenie pre rotor zapaľovacej sústavy. Pri navrhovaní bloku motora som implementoval jednu zásadnú technológiu. Ide o vyosenie osí valcov voči osi otáčania kľukového hriadeľa. Má to za následok niekoľko vecí. Prvou je zníženie trenia piestu voči valcu. Pri expanzii nám pôsobí veľká sila, ktorá tlačí na piest z vrchu, pričom kľukový hriadeľ, cez ktorý sa vyprodukovaná rotačná sila prenáša sa pohybuje pomalšie akoby bolo prirodzené pre piest. Z tohoto dôvodu nám ojnica vytvára protisilu, ktorá pôsobí na piest z opačnej strany. Tým, že je ojnica pod uhlom je daný piest nútený sa oprieť o jednu stranu valca. Pokiaľ vyosíme os valcov, zníži sa uhol medzi osou valca a ojnicou. Pri kompresnej fáze je však ojnica pod väčším uhlom, čo spôsobuje, že na opačnej

strane nám vzniká zvýšené trenie. Dôležité je, že celkové trenie sa zníži, keďže trenie piestu produkované počas expanzie je násobne väčšie ako trenie piestu počas kompresie. Ďalšou výhodou tejto technológie je zmenené časovanie motora. Počas pohybu piestu z hornej úvrati k dolnej úvrati sa otočí kľukový hriadeľ o niekoľko stupňov viac ako v prípade, že sa pohybuje piest z dolnej úvrati k hornej. Príklad: 193°-167°. Vďaka tomu má horiaca zmes viac času na prehorenie. Tým pádom je motor efektívnejší a má vyšší výkon. Toto vyosenie valcov je obvyčajne s výskytom nesymetrických vibrácií. Je to spôsobené práve nerovnomerným pohybom piestu pri prvej polovici rotácie kľukového hriadeľa voči druhej polovici. Táto nerovnováha má dopad na sily prvého aj druhého rádu. V mojej konštrukcii je však výslednica síl nulová vďaka sústrednému smerovaniu piestov. Ináč povedané, akékoľvek nesymetrické vibrácie jedného piestu, budú vyrušené spoločným pohybom piestov. Najväčší problémom, s ktorým som sa musel vysporiadať bolo zostrojenie bloku motora tak, aby som ho bol schopný vytvoriť a zároveň aby bolo možné celý motor poskladať. Dôvodom mojich obáv je to, že kľukový hriadeľ je lisovaný, pričom ojnice sú súčasťou kľukového hriadeľa. Tým pádom musí byť blok motora navrhnutý tak, aby sa doň dala vložiť kľuka so všetkými ojnicami. Tento problém som vyriešil tak, že som blok motora rozdelil na dva hlavné bloky. Tak môže byť kľuka uložená do bloku a vyriešil sa hlavný problém. Jednu časť bloku uzatvára rovný kus dosky, vytvarovanej, aby kopíroval tvar jadra bloku a zároveň bol nosnou časťou pre prvé hlavné ložisko kľukového hriadeľa. V tejto časti motora sa nachádza výstupný hriadeľ, na ktorý som v tomto prípade pripevnil zotrvačník. Zotrvačník je použitý z agregátu automobilu VW BUS T2. Profil ozubenia totižto dokonale pasuje do pastorku štartéra agregátu automobilov Škoda Felícia 1,3 MPI. Tento štartér je osadený v spomínanej doske a je vyosený tak, že zapadá presne medzi dva valce. Kvôli dostatočnej tolerancii je v danej doske určité vybratie, ktoré umožňuje správny kontakt štartéra a zotrvačníka. Na prepojenie kľukového hriadeľa a zotrvačníka využijeme prírubu, ktorá sa jednou skrutkou priskrutkuje k dosadacej ploche kľukového hriadeľa. O adekvátny prenos sily sa nám postará uloženie s perom. Obe časti motora sú utesnené labyrintovým tesnením z motora 5B. Na tejto strane sa však musel zväčšiť vnútorný rozmer tesniaceho labyrintového krúžku. Na opačnej strane sa nachádza uloženie druhého hlavného ložiska. V tejto časti motora som sa rozhodol umiestniť sací otvor, ktorý je ovládaný/zatváraný rotujúcim diskom. Pre tento typ sacieho rozvodu som sa rozhodol kvôli mojim skúsenostiam s úpravami tohoto typu sania z agregátov P60,P63,P66 a 5B. Pri navrhovaní som rozmyšľal aj nad typom rozvodu klapkovým ventilom, avšak nepodarilo sa mi nájsť potrebné miesto na jeho uloženie. Bočná časť motora sa preto skladá z dvoch častí, medzi ktorými sa pohybuje daný disk. K vonkajšej časti je prichytená príruha, na ktorú sa cez gumovú hadicu prichytí karburátor. K vonkajšej časti je prichytený aj držiak, v ktorom je nalisovaný tesniaci labyrint. K tomuto držiaku je po obvode prichytený snímač kľukového hriadeľa, ktorý má možnosť byť čiastočne posunutý na obe strany a tým sa môže doladiť správne časovanie zapaľovania. Stator zapaľovania je taktiež prichytený o tento držiak pomocou troch dlhých skrutiek, ktoré ho držia aj s vymedzovacou podložkou. Rotor zapaľovania je prichytený o kľukový hriadeľ pomocou vystreďovacieho palca a dlhej skrutky. Pôvodný návrh mal tri držiaky motora na strane od zapaľovania. Avšak takáto konštrukcia sa ukázala ako príliš slabá kvôli váhe motora. Preto som dva držiaky silenblokov prerobil, aby držali silenblok uložený pod motorom. Vďaka tejto konštrukcii je motor

prichytený na štyroch miestach z čoho dva sú pod motorom. Pred samotnou výrobou jednotlivých komponentov som si jednotlivé časti vytlačil na 3D-tlačiarňi a vyskúšal som kompatibilitu jednotlivých častí a postupov skladania.



Obrázok 1. 3D model prototypu motora TrabY



Obrázok 2. Kontrola koštrukcie prototypu na zmenšom 3D modeli

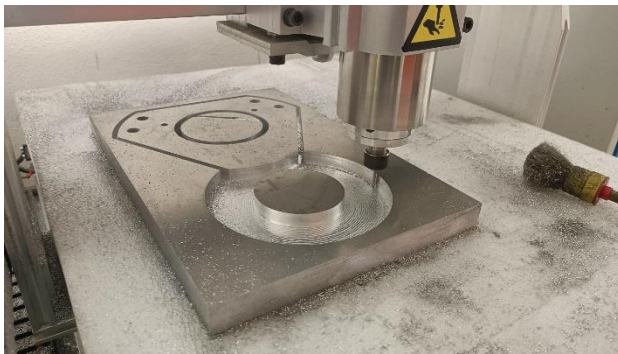
2.3. Výroba súčiastok

Pri výrobe jednoduchých súčiastok som sa rozhodol využiť možnosti rezania laserom. Išlo o výfukové príruby, prírubu karburátora, rotačný disk sania aj s protikusom, ktorý je nalisovaný na kľukový hriadeľ. V neposlednom rade to boli držiaky silenblokov. Spomínané držiaky silenblokov boli vypálené ešte v starom návrhu, takže som ich musel rozrezať a pozvárať v 90° uhle. Na výpalok príruby karburátora som navaril oceľové kolienko správneho rozmeru. Výfuky v tejto prototypovej konfigurácii budú zabezpečovať jakle navarené k jednotlivým výfukovým prírubám. Na blok motora som využili guľatinu z duralu. Najskôr som ju narezal na rozmery, ktoré umožnia obrábanie na školskej trojosej frézke. Ide o CNC fréza 600x400 800W. Jej zdvih je rovných 100 mm. Prvá časť bloku motor sa vyrábala z duralovej dosky. Táto doska sa pripevnila obojstrannou páskou. Na obrábanie som používal frézy, ktoré boli súčasťou CNC frézy. Jednalo sa o 3mm dvojbitvú frézu. Tento typ frézy bol veľmi krehký a rýchlosť obrábania bola pomerne pomalá. Z dôvodu rýchlejšieho obrábania som zakúpil dvojbitvé 6mm frézy. Ich najväčšou výhodou bola vyššia rýchlosť obrábania, ktorou vedľajším efektom bolo priveľké zahrievanie obrábaného materiálu. Z dôvodu ochrany koštrukcie bola na dosadacej ploche umiestnená doska z pevnejšieho molitanu. Zvýšenou teplotou sa stratil daný molitan pevnosť a po čase sa začal taviť. Z tohoto dôvodu som prešiel na ochranu povrchu dosadacej plochy doskou tvorenou drevotrieskou. Taktiež som musel zmeniť typ uchytenia, keďže obojstranná páska nebola adekvátnym pojivom. Použil som samorezné skrutky do dreva, ktoré držali pomocou kovových profilov obrábaný materiál na mieste. Problém s prehrievaním som riešil pomocou malého ventilátora zo stolného počítača umiestneného tak, aby chladil obrábaný blok, a pritom odfúkaval duralovú triesku. Ďalšou obrábanou časťou bol plát

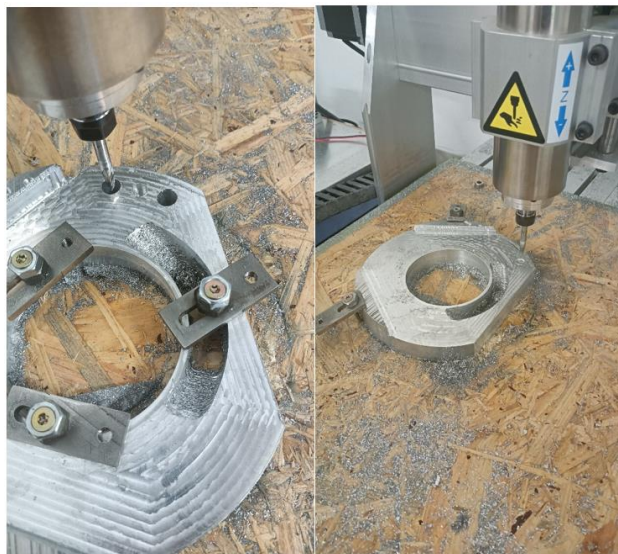
uloženia druhého hlavného ložiska a sacieho kanálu. Nasledovalo obrábanie dvoch hlavných častí jadra bloku motora. V tejto fázy som zistil, že drevotriesková doska nemá dostatočné pevnostné charakteristiky a musel som obrábané časti pripevniť pomocou závitových tyčí, ich zámkom, ktoré zapadli do drážok v profiloch CNC frézy a kovových profilov, ktoré spolu držali obrábaný kus na mieste. Tieto časti boli natoľko vysoké, že som sa rozhodol ich vyfrézovať na dva-krát t. j. najskôr z jednej strany, potom daný kus otočiť a dofrézovať zo strany druhej. Pri frézovaní takto vysokého bloku však začal nastávať problém nadmerného ohrievania, ktorý vygradoval do stavu, kedy sa začal taviť materiál priamo na britvy frézy. Riešením bolo zníženie rýchlosti obrábania. Ďalším problémom, ktorý sa vyskytol bola nedostatočná dĺžka vybratí pre odvod obrobeneho materiálu t. j. duralovej triesky. Z dôvodu absencie adekvátnej frézy som si použitú frézu upravil. Upol som ju do sústruhu a brúsením som odobral materiál z krku frézy. Vďaka tomu sa zväčšila vzdialenosť medzi rotujúcou frézkou a obrábaným materiálom, čím sa vyriešil problém s natavovaním materiálu na krk frézy. Z dôvodu príliš pomalého obrábania som začal pátrať akoby sa dalo frézovať efektívnejšie. Zistil som, že dvojbitvé frézy sú dobré pre obrábanie kovových materiálov, ale na dural sú najlepšie jednobitvé frézy. Rozhodol som sa ich objednať cez online obchod. Do ich príchodu som naďalej pracoval s dvojbitvými 6mm frézami. Podarilo sa mi opracovať obidve časti jadra bloku. Na presné obrábanie druhej strany som však potreboval referenčné body na kalibráciu CNC frézy. Urobil som to tak, že som prevrtal na stojanovej vrtačke predvrtané 10mm diery. Vďaka tomu som mal referenčné body. V tej dobe prišli jednobitvé frézy. Tie umožnili čistejšie frézovanie a najmä rýchlejšie. Vďaka svojmu tvaru odvádzali triesku efektívne preč z obrábaného materiálu a problém s prehrievaním obrábaného materiálu zmizol. Po dokončení obrábania z oboch strán som ručnou frézkou doladil všetky ostré hrany a nedokonalosti. Z dôvodu nepresného vystredenia boli jednotlivé časti zľahka posunuté. Tieto nepresnosti sa ladili neskôr. Následne som zložil blok motoru na sucho, pričom bolo potrebné doladiť súososť 10mm dier pre štifty motora. Štifty motora som vytvoril zo závitovej tyče zarezanej a opracovanej na presných dĺžkach. Pomocou vyrobených štiftov som zoskrutkoval vyrobený blok. Popri tom som vytváral motorové lôžko. Použil som kovovú koštrukciu z bývalého leteckého simulátora. Do tejto koštrukcie som navaril jakel, o ktorý sa chytali spodné silenbloky motora. Do tohoto motorového lôžka som upevnil blok motora, ktorého dosadacie plochy som zarovnal. Avšak spomínané vyosenie jednotlivých častí spôsobovalo nerovnosť na dosadacích plochách valcov motora. Tieto nerovnosti som na hrubo zarovnal uhlovou brúskou. Následne som excentrickou brúskou zahladil daný povrch, ktorý som doladil ručne hoblíkom na brúsny papier. Rovnosť plochy som si kontroloval uholníkom. Otvory pre valce však nemohli byť dofrézované na CNC frézke. Bolo ich treba doladiť ručne. Postupoval som tak, že po obvode som vyvrtal veľké množstvo dier. Následným obratným úderom kladiva sa oddelila odvrtná časť bloku. Následne som ručnou frézou doladil nedokonalosti vzniknuté týmto postupom. Pomocou tesnenia valca som si naznačil miesta, kde sa budú nachádzať štifty, vyvrtal som kolo diery a narezal som príslušný závit. Štifty som vyrobil zo závitovej tyče, ktorú som narezal a upravil na stanovené rozmery. Ako posledné som vytvoril držiaky tesniacich labyrintov bloku. Ich výroba bola rýchla a bezproblémová.



Obrázok 3. Rezanie materiálu



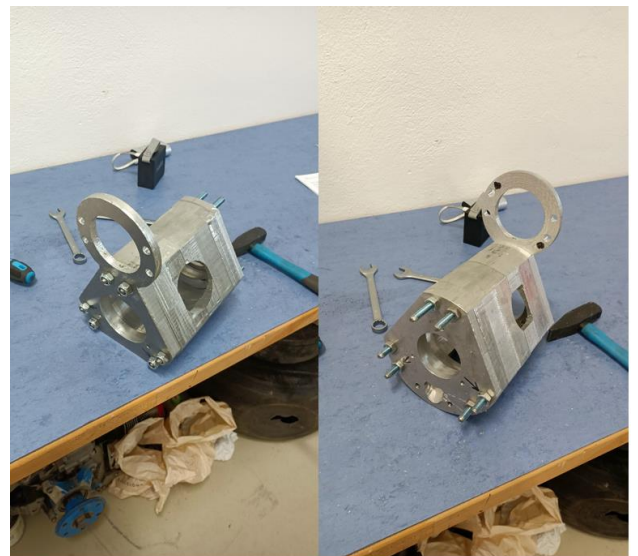
Obrázok 4. Obrábanie materiálu



Obrázok 5. Obrábanie materiálu



Obrázok 6. Úprava nástroja a ukážka "lepenia" hliníku na nástroj



Obrázok 7. Zložený blok motora

2.4. Výroba kľukového hriadeľa

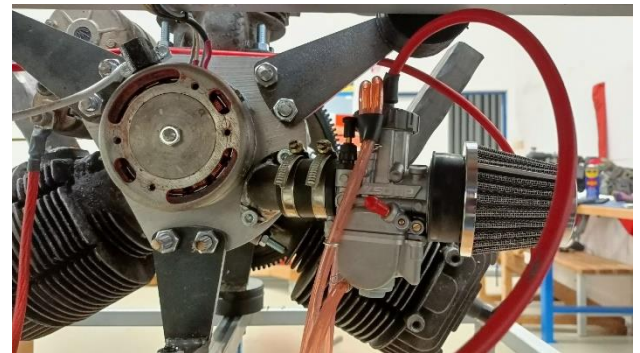
Kľukový hriadeľ musí byť kvôli svojej konštrukcii zložený z viacerých častí. Ide o samotné časti kľukového hriadeľa, ložiská a ojnice. Ojnice a ložiská sa stávajú súčasťou kľukového hriadeľa pri jeho lisovaní. Nosné časti kľukového hriadeľa sa vyrábajú na sústruhu obrábaním ocelevej guľatiny. Môj pôvodný plán bolo vyrobiť tieto na sústruhu nachádzajúcom sa v priestoroch katedry. Bohužiaľ takto veľký a najmä ťažký kus ocele nie je možné upnúť do skľučovadla sústruhu nachádzajúceho sa v dielni. Kľukový hriadeľ som si musel dať vyrobiť. Išlo o výrobu ojnicných čapov, krajných častí, vnútorných výkrovkov a príruby na uchytenie zotrvačnika. Ojnicné čapy sa vytvárali z menšej guľatiny kvôli úspore odpadového materiálu. Na ostatné komponenty sme využili 130mm ocelovú guľatinu ktorú som pre sústružníka narezal na požadované rozmery. Krajné časti sa upli do sústruhu, vytvoril sa potrebný profil obrábacím nožom, pričom dosadacia plocha na ložisko sa zabrusila brúsny kameňom na potrebné rozmery. Na ručnej fréžke sa odrézovalo vybratie materiálu okolo spodného ojnicného oka a následne sa vytvorila diera pre spodný ojnicný čap. Vnútrné výkrovky sa

zarovnali na stanovené rozmery a na ručnej fréze sa vytvorili vybratia a diery. Poslednou časťou, ktorá bola sústružená, je príruha na zotrvačnik. Najskôr sa vytvoril potrebný profil ubratím materiálu. Následne sa naznačila a vyvrtala päťka dier v stanovenej rozteči. Nakoniec sa v tejto rozteči vyrezali potrebné závit. Po vytvorení daných komponentov bolo potrebné zaručiť ich pevnosť. Preto som sa rozhodol pre tepelnú povrchovú úpravu kalením. Jednotlivé časti kľukového hriadeľa som zohrial na vopred stanovenú teplotu a následne som ich ponoril do oleja. Pri tomto procese môže nastať deformácia tvarov kaleného objektu. Preto som všetky kritické rozmery ešte viac krát prekontroloval. Na výsledné lisovanie kľukového hriadeľa som využil ručný lis v dielňach katedry, prípravky vyrobené z kovu ale aj vytlačené na 3D tlačí. Ako prvé som osadil ojnicné čapy vnútornými krúžkami spodného ojnicného ložiska. Následne som osadil krajnú časť kľukového hriadeľa na lis, mierne nahrial, vystredil a nalisoval pripravený zmrazený spodný ojnicný čap. Tento čap som osadil ojnicou s ložiskom. Prichystal som prípravky na lisovanie stredného výkroku. Daná výkrovok som vystredil, mierne nahrial a nalisoval som na nalisovaný čap z krajnej časti kľukového hriadeľa. Tento postup sa opakuje pri všetkých častiach kľukového hriadeľa. Po nalisovaní a zrovnaní teplôt som kľukový hriadeľ upevnil na stolicu, kde som pomocou odchytkomerov zmeral hádzavosť kľukového hriadeľa. Po sérii obrátých úderov som docielil požadovanú hodnotu hádzavosti.

2.5. Finálne zostrojenie prototypu

Prvým krokom bude očistenie a odmastenie všetkých častí bloku motora. Druhým krokom je namazanie všetkých ložísk kľukového hriadeľa olejom. Následne si nasunieme zohriate vnútorné krúžky hlavných ložísk na kľukový hriadeľ. Zbytok valčekových ložísk nalisujeme do krajných častí bloku motora. Ďalším krokom je umiestniť šesť dlhých pevnostných skrutiek M10 spolu s podložky do krajnej časti bloku tak, aby boli hlavičky na hladkej strane tejto časti bloku, pričom na spodnej strane bude umiestnený držiak silenbloku. Na príslušnú časť jadra bloku rovnomerne naniesieme špeciálny motorový tmel odolný voči benzínu. Túto časť nasunieme na skrutky a rukou dotlačíme na krajnú časť bloku. Následne sa vloží kľukový hriadeľ do tejto zloženej polovičky bloku. Pokiaľ používame guľôčkové ložiská je potrebné, aby bolo ložisko nalisované na kľuke. Prípravná časť bloku sa zľahka nahreje a kľukový hriadeľ sa vloží/nalisuje do tejto zloženej polovičky bloku. V ďalšom kroku naniesieme vrstvu motorového tmelu na druhú polovicu jadra bloku a následne ju nasunieme na zbytok motora. Týmto istým spôsobom namontujeme držiak druhého hlavného ložiska. V prípade guľôčkových ložísk musíme tento kus bloku nahriať. Pokračujeme nalisovaním zohriateho protikusú rotačného disku. Po krátkom vychladnutí vložíme rotačný disk do vybratia a skontrolujeme jeho správne časovanie. Poslednou časťou bloku motora je kryt rotačného disku. Naniesieme naň motorový tmel a vložíme ho správnou orientáciou na zbytok bloku motora. Posledným krokom pri stavbe motora je nasadenie troch držiakov silenblokov, na ktoré sa nasadia položky s maticami a celý blok sa dotiahne do kríža na 80Nm. Motorový tmel musí schnúť 24 hodín, kým sa pokúsime o spustenie motora. Takto zložený blok osadíme silenblokami a vložíme do motorovej stolicy. Počas doby kedy schne tmel, môžeme osadiť zbytok bloku tesniacimi labyrintami a ich držiakmi. Následne vložíme príruhu na kľukový hriadeľ a zľahka dotiahneme centrálnu skrutku M12 tak, aby sa príruha nevysunula. Na príruhu

nasadíme zotrvačnik, ktorý zaistíme voči rámu motorovej stolicy tak, aby sa nepohol. Prvé dotiahneme skrutky M10, ktoré držia zotrvačnik na moment 70Nm. Poslednú dotiahneme centrálnu maticu M12 na moment 120 Nm. Zotrvačnik odistíme a vyskúšame voľnú rotáciu kľukového mechanizmu. Následne si nasadíme štartér dvoma skrutkami M10. Na druhej strane skompletizujeme zapalovaciu sústavu t. j. nasadíme stator, rotor a snímač otáčok motora. Na príruhu karburátora naniesieme jemnú vrstvu tmelu a pripevníme k saciemu otvoru. Karburátor pripevníme o príruhu gumovou hadicou, ktorú dotiahneme kovovými sťahovacími páskami. V ďalšom kroku zostrojíme všetky tri piestne sústavy. Počas procesu treba dbať na dostatočné mazanie povrchov jednotlivých súčiastok. Pred nasadením valcov poriadne namažeme piestne sústavy aj vnútorné plochy valcov. Na spodné časti valcov naniesieme motorový tmel, následne ich nasadíme na jednotlivé piestne sústavy a dotiahneme k bloku motora. Na utesnenie hláv použijeme hliníkové tesnenia, ktoré taktiež namažeme olejom. Hlavy nasadíme spolu s namazanými tesneniami a dotiahneme matice M10 do kríža na moment 40Nm. Pripravené výfukové zvody pripevníme spolu s tesneniami na jednotlivé valce. Ako posledné zapojíme všetko príslušenstvo ako je kabeláž a prívod paliva do karburátora.



Obrázok 9. Detailný záber na karburátor a zapalovanie motora Traby



Obrázok 9. Zložený prototypový motor Traby

3. Výsledky

Tento prototyp je skonštruovaný hlavne na overenie výhod tejto konfigurácie. Treba však povedať, že súčasné odpaľovanie valcov jednej hviezdy prináša nevýhodu v podobe veľkého časového okna medzi jednotlivými expanziami. Vďaka svojej modulovateľnej konštrukcii je možné vytvoriť dve, prípadne tri rady valcov. V prípade usporiadania do dvojhviezdy by sa zmenšilo časové okno medzi jednotlivými expanziami. Usporiadanie do trojhviezdy by malo ešte lepšie vlastnosti vďaka

nulovému časovému oknu medzi expanziami. Toto usporiadanie by bolo stále možné efektívne chladiť vzduchom. V prípade ďalšieho vývoja tohto konceptu by som zväžil použitie valcov menšej kubatúry napríklad z nejakej modernej motorovej dvojdoobej píli. Totižto agregáty z automobilu trabant boli navrhnuté koncom päťdesiatych rokov, čo má za následok, že nemajú tak efektívnu geometriu jednotlivých kanálov ako moderné motory, ktoré boli vyvíjané s väčším porozumením prúdenia a najmä so simulovaním v rôznych CFD modelovacích prostrediach. Taktiež ich výukové systémy sú optimalizované na kompaktné rozmery. Konceptia malej dvojhviezdy by bola veľmi vhodná pre väčšie UAV. Agregát by ponúkal nízku hmotnosť, nulové vibrácie a adekvátny výkon.

4. Záver

Venovali sme sa v tomto článku návrhu a realizácii trojvalcového dvojdoobeho spaľovacieho motora v usporiadaní do hviezdy. Mojm cieľom bolo skonštruovať a vyrobiť funkčný prototyp motora. Po dôkladnom štúdiu teoretických poznatkov o spaľovacích motoroch som pristúpil k návrhu a výrobe jednotlivých súčiastok motora. V tejto fáze som musel preukázať svoje technické a konštruktérske zručnosti, aby som dosiahol požadovanú pevnosť, tuhosť a hmotnosť motora. Výsledky tejto práce potvrdzujú, že sa mi podarilo skonštruovať a vyrobiť funkčný trojvalcový spaľovací motor v usporiadaní do hviezdy s potenciálom pre rôzne využitie. V budúcnosti by som sa chcel venovať optimalizácii konštrukcie motora a rozvoju riadiaceho systému pre jeho reguláciu a optimalizáciu výkonu.

Podakovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky KEGA 024ŽU-4/2023 s názvom "Integrácia najnovších vedných poznatkov v rámci zvyšovania kvality praktickej a laboratórnej výučby študijného programu Letecká doprava".

Referencie

- [1] BELL, A. G., (2022). Two-Stroke Performance Tuning. J H Haynes & Co Ltd, 2022. ISBN 978-17-8521-856-9.
- [2] KRÍŽ, J., (2008). *Pohonná jednotka*. EDIS, 2008. ISBN 978-80-8070-872-6.
- [3] LUBJÁK, P., (2022). Návrh trojvalcového hviezdového dvojdoobeho motora. Bakalárska práca; online. doc. Ing. Jozef Čerňan, PhD. (vedúci záverečnej práce). Žilinská univerzita v Žiline, 2022. Dostupné na: <https://opac.crzp.sk/?fn=detailBiblioFormChildO1C9TU&sid=CAD4058F471880B8254985ED6788&seo=CRZP-detail-kniha>
- [4] ŠLEHOFER, V., (1974). *Údržba a opravy vozů Trabant 600 a 601*. SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1974. ISBN 04-233-74.
- [5] ŠTEFÁNIK F. et al., (1985). *Športové lietanie, lietadlá, letci*. Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1985. ISBN 63-118-85.
- [6] ŠTEFÁNIK F. et al., (1988). *Športové lietanie, lietadlá, letci*. Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1988. ISBN 063-072-87.



VYUŽITÍ METOD VIBRAČNÍ ANALÝZY PRO KONTINUÁLNÍ SLEDOVÁNÍ TECHNICKÉHO STAVU KRITICKÝCH PRVKŮ LETECKÉHO TURBÍNOVÉHO MOTORU

Dominik Michael Mrakvia
Air Transport Department
University of Žilina
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

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

Abstract

The reliable operation of an aircraft turbine engine is critical to the safety, regularity and economy of airline operations. Existing methods for vibration diagnostics of jet engines have provided valuable information on potential problems and have proven to be an important and irreplaceable tool for jet engine maintenance, especially for predictive maintenance. However, real-time vibration diagnostics of critical components of in-service jet engines is only marginally used and its full potential is not being realised. The main objective of this work is to verify the use of vibration analysis methods currently used in the diagnostic processes of continuous condition monitoring of aircraft jet engines and, in addition, new advanced analysis methods in the environment of a newly designed vibrodiagnostic setup for the purpose of simulating selected types of damage to critical parts of an aircraft turbine engine. The first sub-target is to design, develop and verify the functionality of the vibrodiagnostic assembly for data acquisition and subsequent analysis. The second sub-task is to monitor and record vibrodiagnostic data using an accelerometer. The nature of each simulated condition is determined using vibration signal analysis methods. This provides a small-scale analogy to the diagnostic processes of critical elements of an aircraft turbine engine. The thesis also focuses on the potential for innovation in this area, particularly by improving the use of measured data. The results of the analysis are used to develop a proposal for a possible vibration monitoring system for use in engines currently in service.

Keywords

jet engine, vibration diagnostics, vibrostand, simulation of bearing failures, bearings

1. Úvod

Rotační stroje hrají v současném světě zásadní roli v průmyslových odvětvích, kde plní náročné úkoly v drsných podmínkách, včetně velkého zatížení, vysokých teplot a nepříznivých podmínek. Dlouhodobé vystavení tak náročným podmínkám však činí tyto stroje náchylnými k případnému poškození a vznikům poruchových stavů [1,2]. V letectví je obrovský důraz kladen na pohonnou jednotku, neboť motory jsou považovány za srdce letadla. Porucha nebo selhání v těchto životně důležitých komponentech může vést k velmi vážným následkům zahrnujícím nejen vysoké finanční ztráty, ale také ztráty na životech. Moderní dopravní letadla jsou vybavena systémy sledujícím stav motorů (EHMS), které sbírají data o parametrech z rozličných senzorů, jako jsou vibrace, teplota, tlaky apod. [3], za účelem vyhodnocení aktuálního stavu motoru a poskytování včasných varování před dosažením kritického stavu komponent leteckého motoru [4]. Je známo, že vibrace jsou nejčastěji užívaným parametrem pro sledování stavu rotačních strojů napříč různými průmyslovými odvětvími [5]. Napříč různými analytickými metodami je vibrační analýza považována za jednu z nejrozšířenějších a nejpoužívanějších metod sledování stavu [6]. Hlavním důvodem využití metod vibrační analýzy je jejich schopnost identifikovat 90 % poruchových stavů v rotačních strojích [7]. Většina systémů monitorujících vibrace je omezena pouze na sledování vibrací způsobených nevyváženým rotorem nebo převody, ale také ložisky [3]. Součásti vykazující závady nebo poškození, jako jsou ložiska, vytvářejí dodatečné dynamické síly charakterizované periodickou nebo stochastickou povahou [5]. Nepřetržitě

mechanické rázy, které jsou důsledkem poruchy procházející, vytvářejí sled impulsů patrný v signálu ložiska. Tyto dopady modulují signál na charakteristických frekvencích spojených s lokalizací defektu, jako jsou: základní frekvence valivých elementů (FTF), frekvence přechodu valivého elementu (BPF), frekvence přechodu valivého elementu po vnitřním kroužku (BPFI) a frekvence přechodu valivého elementu po vnějším kroužku (BPFO) [9–11]. Je důležité zmínit, že skutečné charakteristické frekvence mohou vykazovat nepatrné odchylky od vypočtených hodnot, typicky v rozmezí několika procent [12]. Velký důraz je v současnosti kladen na hledání možností extrakce příznaků a diagnostiky poruch založených na pokročilem zpracování signálů, které lze využít v algoritmičeských procesech diagnostických modelů pro EHMS. Mnoho nedávných studií se zabývá slibnými technikami zaměřenými na měření nelinearity vibračního signálu, jako je Rekurentní kvantifikační analýza (RQA), Empirický modální dekompozice (EMD) a Symbolická dynamická analýza (SDA). Tyto metody již byly použity u analýzy ložisek [13], palivového čerpadla [14] nebo defektu ozubeného kola [15] a dalších rotačních zařízení. Autoři nabízejí prozkoumání technik použitelných pro systémy monitorování stavu leteckých motorů, přičemž zdůrazňují jejich schopnost detekovat jemné dynamické změny svědčící o raných známkách poškození. Článek podrobně popisuje návrh a konstrukci specializovaného vibračního zařízení pro simulaci defektů ložisek, na kterém jsou nasimulovány tři různé poruchové stavy na kuličkových ložiskách, aby napodobily provozní poruchy součástí leteckých motorů. Pro identifikaci simulovaných podmínek byly provedeny analýzy v časové a frekvenční oblasti. Kromě toho jsou prezentovány tři pokročilé metody zpracování signálu vhodné pro extrakci vlastností a

diagnostiku poruch v kritických součástech leteckých motorů, jako jsou ložiska. Integrace těchto metod má potenciální výhody, zejména ve zvýšení spolehlivosti a udržitelnosti životně důležitých částí leteckého pohonného systému, čímž přímo ovlivňuje bezpečnost letu.

2. Metodika a metody zkoumání

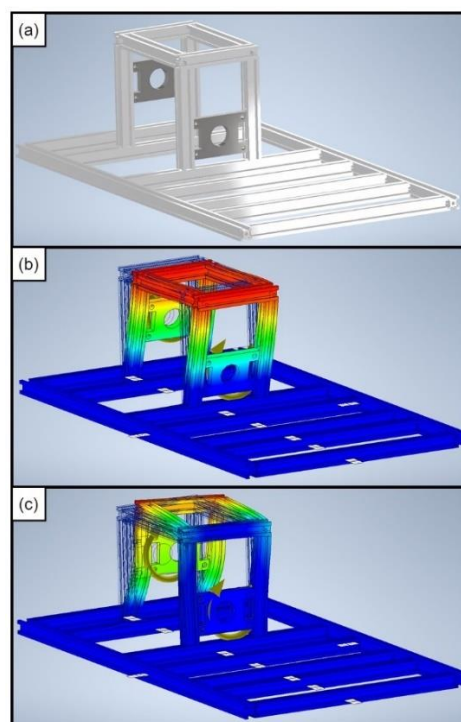
K ověření tvrzení týkajících se potenciálních zlepšení je třeba provést experiment. Za tímto účelem je nutné navrhnout a zkonstruovat zařízení schopné simulovat různé závady srovnatelné s těmi, které by se mohly vyskytnout na proudovém motoru. Toto zařízení musí kopírovat charakteristiky rotačního stroje v malém měřítku a být doplněné ložisky a hřídelí. Je důležité, aby zařízení bylo schopné měřit a zaznamenávat vibrace během provozu. Tato část poskytuje přehled metodologie současných přístupů k monitorování stavu leteckých motorů pro lepší pochopení zamýšlených návrhů. Samostatné části jsou věnovány měřicí aparatuře pro vibrační testování poruchových stavů ložisek a přehledu tří pokročilých analytických technik pro zpracování signálů, které mají potenciál být využity v níže popsaných aplikacích a jejichž výsledky lze porovnat s poznatky prezentovaného článku.

2.1. Přehled systémů měření vibrací leteckých proudových motorů

Primární důraz v monitorování stavu leteckých motorů na základě vibrací je kladen na referenční, nebo také tzv. baseline, měření, klasifikace poruch a prognózy nebo diagnostiky poruch [3,16]. Monitorování vibrací v leteckých proudových motorech v reálném čase je nezbytné pro zajištění jejich optimálního provozu a technického stavu. Stávající monitorovací systémy využívají dobře rozmístěné senzory měřící vibrace (akcelerometry) v různých sekcích motoru. Algoritmus systému identifikuje a sleduje nejvyšší vibrace napříč sekcemi motoru a poskytuje tak komplexní pohled na dynamiku. Historická data z minulých letů jsou sledována prostřednictvím zprávy ACMS (Assessing and Measuring vibrations – vyhodnocování a měření vibrací). V některých systémech více algoritmů firmwaru přispívá ke komplexnímu monitorování vibrací ložisek na základě jedinečné charakteristiky motoru. Takový přístup ke sledování aktuálních údajů o vibracích a jejich porovnávání s historickými hodnotami umožňuje posoudit jakékoli odchylky nebo trendy. Když monitorované údaje o vibracích překročí předem definované prahové hodnoty, spustí se výstraha sloužící jako indikace, že stav monitorovaných ložisek vykazuje anomálie, což si vyžádá další kontrolu nebo údržbu. Výše uvedené systémy však nejsou schopny přesně diagnostikovat konkrétní poškozené díly a v některých případech rozpoznat typ poškození, které problém způsobuje. To lze provést hloubkovou analýzou naměřených údajů o vibracích. Změna amplitudy nebo jiných vibračních charakteristik by mohla naznačovat různé poruchové stavy součástí motoru. Spolehlivá indikace závady v její rané fázi a posouzení její povahy a stádia v reálném čase by mohly být velmi přínosné především pro plánování údržby, přizpůsobení logistiky náhradních dílů, dokonce i pro zamezení nákladným prostojům. Těchto schopností by bylo možné dosáhnout využitím vhodných analytických metod v jednotkách systémů monitorování vibrací představujících základní součásti systémů sledování stavu leteckých motorů.

2.2. Návrh a konstrukce zařízení pro vibrační diagnostiku (vibrostand)

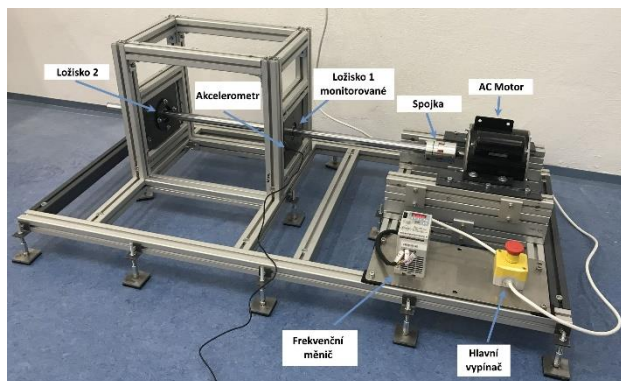
Vibrační zkušební zařízení, tzv. „vibrostand“ bylo navrženo a zkonstruováno pro účely simulace a sledování závad, které se mohou vyskytnout při provozu leteckého motoru a jeho kritických součástí, jako jsou ložiska a hřídele. To poskytuje analogii s možnými provozními poruchovými stavy v malém měřítku. Pokud jde o konstrukční kritéria, vycházela z potřeby vytvořit vibrační zařízení, které by bylo poháněno 400wattovým elektromotorem na střídavý proud přenášejícím spojku svůj točivý moment na hřídel o průměru 25 mm. Samotná hřídel bude procházet dvěma ložisky (sledovaným a nosným) uloženými v ložiskových domcích. Vzdálenost mezi ložiskovými domky by měla být dostatečná, aby byla zajištěna dostatečná vzdálenost pro instalaci kotouče se závažími a zajišťovací příruby určených pro budoucí experimenty, které nejsou předmětem tohoto článku. Jedním z kritérií bylo, že konstrukce musí být dostatečně tuhá, aby odolala všem silám a tahům, které při provozu vznikají. Z tohoto důvodu byla navržená konstrukce podrobena modální analýze v softwaru Autodesk Inventor 2023, jak je vidět na obr. 1, za účelem zjištění kritických oblastí konstrukce, které byly následně dodatečně vyztuženy a zajištěny. Rám byl vyroben z hliníkových profilů, protože umožňovaly relativně snadnou instalaci, modulárnost konstrukce a umožňovaly správné spojení s ložiskovými domky a umožňovaly jejich nastavení jak ve svislé, tak ve vodorovné ose. To bylo důležité, protože umístění hřídele, motoru a ložiskového pouzdra muselo být přesně v ose, aby se ve spektrech zabránilo nežádoucím vibracím způsobeným nesouosostí.



Obr. 1. Model vibrostandu (a) a jeho modální analýzy při točivém momentu 10 Nmm (b – frekvence 139,71 Hz a c – frekvence 310,03 Hz)

Další výhodou použití hliníkových profilů byla jejich relativně nízká hmotnost. Kromě toho byly na finálním rámu namontovány stavitelné nohy se silnými antivibračními pryžovými podložkami. Antivibrační guma byla také umístěna

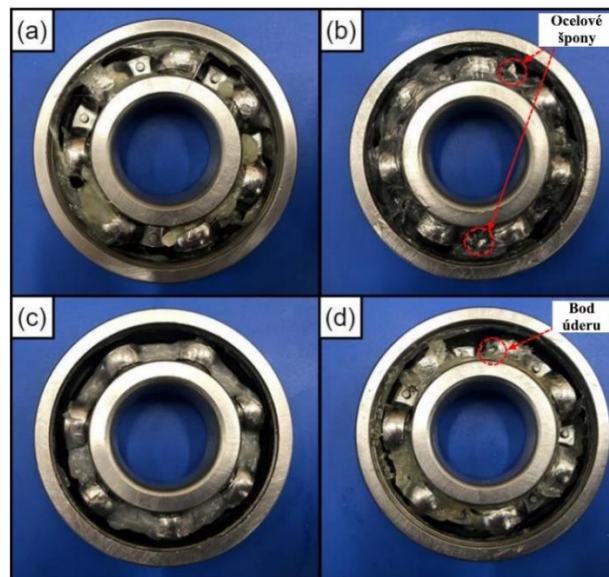
mezi nohy motoru a profily, ke kterým byla připevněna, aby se snížily vibrace motoru a minimalizoval se výskyt rezonančních jevů, což umožňuje sledovat pouze vibrace, které jsou z hlediska analýzy zajímavé. Dva kusy ložiskových domků vyrobené z vysokopevnostní oceli byly navrženy tak, aby se otvory na jedné straně překrývaly a na druhé straně byly namontovány krytky, které po dotažení tlačí na vnější kroužek ložisek. Takto jsou držena na místě a zabraňuje se jejich klouzání a posouvání podél hřídele. Finální podoba zařízení je viditelná na obr. 2.



Obr. 2. Popis jednotlivých částí vibrostandu

2.3. Experimentální testování poruchových stavů ložisek

Pro účely tohoto článku byl vibrostand použit k simulaci následujících stavů ložisek: (a) referenční měření, (b) kontaminace ložiska cizími předměty (ocelové špony), (c) kontaminace palivem a (d) mechanické poškození klece ložiska. Kontaminace maziva ložiska – vazelíny bylo dosaženo smícháním a vtlačení dvou gramů ocelových špon do maziva ložiska. Pro simulaci znečištění ložiska provozní kapalinou bylo ložisko (se sejmutými krytkami) ponořeno na 5 minut do vaničky s leteckým palivem. Pro simulaci podmínek, které by mohly nastat v proudových motorech, byl jako kontaminant použit letecký petrolej obchodního označení JET-A1. Po tomto namočení byly krytky nasazeny zpět na svá původní místa a ložiska byla připravena k umístění do domků pro testování. Vzhledem k tvrdosti jednotlivých dosedacích ploch bylo rozhodnuto poškodit nejslabší část ložiska, přesněji klec fyzickým úderem. Uvedené přístupy byly použity pro simulaci poruchových stavů, které se mohou vyskytnout během provozu motoru a byla tak vytvořena analogie skutečné degradace v praxi. Zároveň takto nastavený experiment poskytuje benchmarková data a umožňuje ověřit navržené metody v praxi v rámci budoucího výzkumu. Detailní obrázek jednotlivých testovaných poruchových stavů je na obr. 3 níže.



Obr. 3. Detail na jednotlivé testované poruchové stavy

Vibrostand byl před testováním ponechán běžet 10 minut, aby došlo k zaběhnutí a vytvoření stejnoměrně vyváženého stavu. Nohy byly upraveny podle vibračního spektra. Při nastavené frekvenčního měniče na 50 Hz byly při testování ložisek naměřeny konstantní otáčky 990 ot./min. Všechna tři ložiska podrobená testování byla typu MTM 6305 2RS. Vibrační signály každého ložiska byly zpočátku měřeny, aby se stanovily referenční podmínky představující jejich normální, bezvadný provoz. Následně byla znovu provedena měření po vytvoření poruchového stavu. Pro sledování vibračního signálu ve třech osách byl na straně ložiskového domku magnetem připevněn akcelerometr Recovib Feel 2G/6G se vzorkovací frekvencí 1024 Hz. Orientace os je zobrazena na obr. 4. Každý stav byl měřen pětkrát a každé měření mělo délku devět sekund.



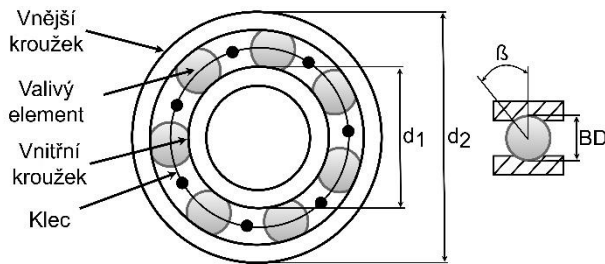
Obr. 4. Orientace os akcelerometru

Každý vzorek vibrací byl podroben analýze v časové a frekvenční oblasti, aby se identifikovaly změny v hodnotách střední kvadratické hodnoty (RMS) a amplitud kritických frekvencí ložisek. RMS (představující efektivní hodnotu vibračního signálu) se běžně používá k určení závažnosti poškození a rozvinutí

poruchového stavu (vibrační energie) zařízení a vypočítává se podle následujícího vzorce:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N a_i^2} \quad (1)$$

Oblastí zájmu byly následující kritické frekvence: otáčková frekvence (f_r), frekvence přechodu valivého elementu po vnějším kroužku (BPFO), frekvence přechodu valivého elementu po vnitřním kroužku (BPFI), základní frekvence valivých elementů (FTF) nebo frekvence selhání klece, a frekvence otáčení valivých elementů okolo své osy (BSF). Pro lepší názornost jsou jednotlivé části ložiska popsány na obr. 5. kde β představuje kontaktní úhel valivého elementu ložiska.



Obr. 5. Popis jednotlivých částí ložiska a rozměrů

Kritické frekvence byly vypočteny podle následujících vzorců (2)-(7), kde NB představuje počet valivých těles v ložisku, v tomto případě sedm kuliček a PD je střední průměr ložiska.

$$f_r = \frac{n}{60} \quad (2)$$

$$PD = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (3)$$

$$BPFI = \frac{1}{2} f_r N_B \left[1 + \left(\frac{BD}{PD} \cos \beta \right) \right] \quad (4)$$

$$BPFO = \frac{1}{2} f_r N_B \left[1 - \left(\frac{BD}{PD} \cos \beta \right) \right] \quad (5)$$

$$FTF = \frac{1}{2} f_r \left[1 - \left(\frac{BD}{PD} \cos \beta \right) \right] \quad (6)$$

$$BSF = \frac{PD}{BD} f_r \left[1 - \left(\frac{BD}{PD} \cos \beta \right)^2 \right] \quad (7)$$

Údaje poskytnuté výrobcem ložisek byly použity k ověření výsledků získaných z výše uvedených vzorců (2)-(7). Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1. Zájmové frekvence pro detekci poruchových stavů ložisek

Kritické frekvence	FTF	F_r	BPFO	BSF	BPFI
Frekvence (Hz)	6	16.5	42	58	73

2.4. Navrhované pokročilé metody zpracování signálu

Jak je v tomto článku dále prokázáno, je možné rozlišit poruchy ložisek na základě analýzy rychlé Fourierovy transformace. Tato metoda se dnes spolu s obálkovou analýzou vibrací používá k diagnostice vad a poruch ložisek na rotačních strojích. Je předpokládáno, že jiné analytické metody by mohly poukázat

na změny vibrací mnohem dříve a tak včas diagnostikovat poruchy, aby se snížilo riziko poškození ostatních částí motoru. V rámci této části práce je uvedeno srovnání mezi nimi a shrnutí jejich diagnostického potenciálu.

a) Rekurentní kvantifikační analýza (RQA)

Rekurentní kvantifikační analýza (RQA) je technika používaná pro nelineární analýzu časových řad, která umožňuje vizualizaci a studium opakujících se vzorů měření v čase [17]. Graf opakování, grafické znázornění této analýzy, je vytvořen porovnáním každého bodu v časové řadě a výsledkem je dvourozměrný obrazec odrážející opakování v datech. Tento graf lze analyzovat za účelem zjištění změn ve vzorcích a lze kvantifikovat charakteristiky. Mezi ty patří míra opakování a trvání opakujících se rekurencí. Parametry, jako je entropie, určují náhodnost, přičemž vyšší entropie naznačuje větší nepředvídatelnost. Tyto analýzy pomáhají při systematickém hodnocení struktury a dynamiky měřených komponent. RQA je široce používána v různých oblastech jako je strojírenství, ekonomie a lékařství, čímž existuje potenciál pro jeho aplikaci v diagnostice vibrací kritických prvků leteckých motorů. Předchozí studie, kterou provedli Pecho a Bugaj [14], prokázala použití RQA k vývoji standardů poruch a vzorů pro simulované poruchy palivového čerpadla. RQA vyniká svou schopností zachytit složité a nelineární vzory, včetně neperiodických frekvencí. Zatímco vibrace poškozených ložisek jsou obecně periodické, rané fáze poruchových stavů mohou vykazovat neperiodické vibrace. Citlivost RQA na změny v opakujících se vzorcích z ní činí vhodnou volbu pro detekci anomálií nebo nepravidelností ve vibracích. Kombinace metod analýzy FFT a RQA by mohla poskytnout komplexní přístup, který podpoří schopnost diagnostikovat poruchové stavy v raných i pozdějších fázích vývoje poruchového stavu proudového motoru. Tato integrovaná metoda je zvláště příslibem pro pokrokové strategie prediktivní údržby.

b) Symbolická dynamická analýza (SDA)

Funguje tak, že mapuje konkrétní rozsahy amplitud na symbolickou reprezentaci. Tyto symboly pak vytvářejí sekvence popisující vývoj vibračních signálů. Na základě toho je možné kvantifikovat vibrační vzorce a jejich složitost. To se provádí pomocí měření entropie, kde vysoká entropie, stejně jako v jiných popsanych analytických metodách, poukazuje na složitější a měnící se systém, zatímco změny v něm mohou signalizovat anomálie. Pomocí toho by bylo možné detekovat a katalogizovat poruchové stavy ložisek. Taková možnost byla studována v článku [18], kde bylo cílem analyzovat poruchu převodovky pomocí SDA. Jejich výsledky prokázaly její využití pro diagnostiku poruch. Na základě naměřeného vibračního signálu byla vytvořena fázová mapa spolu s Poincarého grafem a na základě umístění bodů na grafu je detekován poruchový stav. Výzkumníci také poukázali na to, že tato metoda je poměrně jednoduchá a má nízké nároky na výpočetní výkon, protože k diagnostice poruchového stavu je zapotřebí pouze 12 funkcí. Diagnostikoval také chyby s velmi vysokou mírou spolehlivosti, a to vyšší než 95 %. Implementace takové metody pro letecké proudové motory by mohla vyústit ve spolehlivou a výpočetně nenáročnou metodu vibrační diagnostiky v reálném čase. Zjednodušeně řečeno, tato metoda analýzy nabízí symbolické znázornění naměřených vibračních signálů, čímž usnadňuje rozpoznávání vzorů a detekci anomálií, jak je popsáno výše.

c) Empirický rozklad módů (EMD)

EMD (Empirical Mode Decomposition) je technika zpracování signálu, která umožňuje rozložit komplexní signál na jednodušší komponenty. To se provádí rozkladem naměřeného vibračního signálu na funkce vnitřního režimu (IMF – Intrinsic Mode Functions). Každá představuje úzkopásmovou oscilaci, která je přítomna v původním signálu. Ty jsou pak spojeny do funkcí kombinovaného režimu (CMF – Combined Mode Functions), což umožňuje rozdělit vibrační signál na 3 části, a to: šum, signál a trend. Na základě tohoto rozkladu signálu jsou detekovány a kategorizovány poruchy, jak uvádí studie [15]. Studie se zaměřila na detekci vad ložisek v jejich raných fázích, kdy jsou vibrační vzory doprovázející přítomnost vad běžně maskovány hlukem. V tomto případě byla metoda EMD použita jako doplňková metoda zaměřená na odfiltrování šumové části rozdělením komplexního signálu rotačního stroje na tři výše uvedené části. EMD je další analytickou metodou, která by mohla být přínosná v oblasti diagnostiky vibrací proudových motorů v reálném čase, zejména pro svou schopnost zachytit a vyhodnotit nestacionární vibrace s časově proměnnými frekvencemi. V určitých případech může EMD čelit problémům, jako je mísení módů, a může být citlivá na šum.

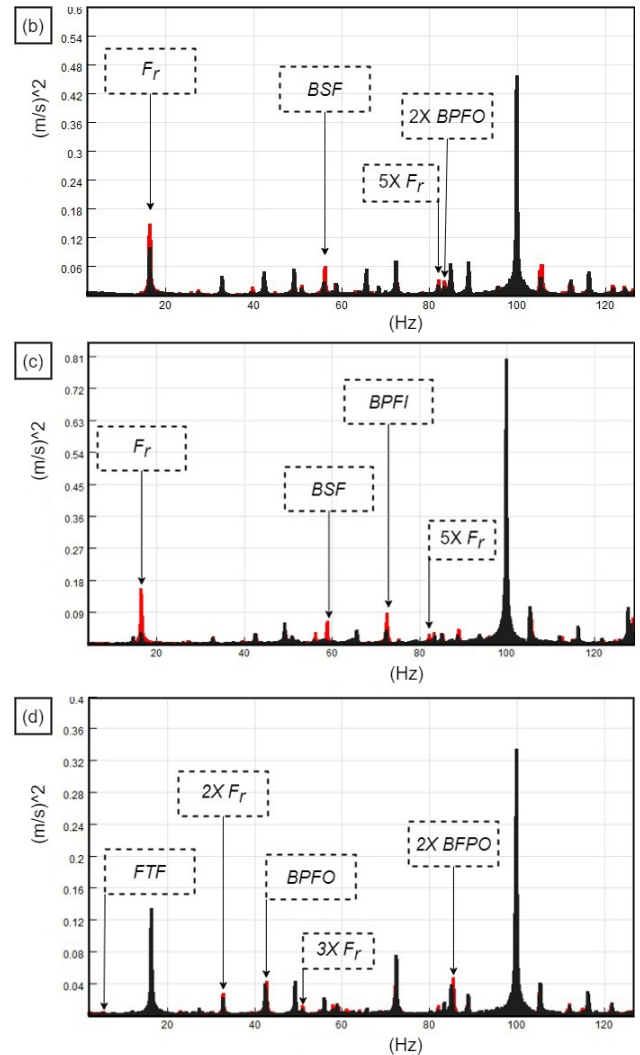
3. Výsledky

V této části jsou uvedeny statistiky průměrných hodnot amplitud pro sledované frekvence a také analýzy ve frekvenční oblasti a jejich porovnání pro jednotlivé testované poruchové stavy. Podle průměrných hodnot uvedených v tabulce 2, hodnoty výrazně klesly v ose y (axiální směr). Existuje proto předpoklad, že nejvyšší změny frekvencí, které nás zajímají, mohou být patrné v axiálním směru, proto je analýza dále zaměřena na tuto specifickou osu.

Tabulka 2. Porovnání průměrných hodnot RMS

Rozdíl RMS	Osa X (%)	Osa Y (%)	Osa Z (%)
Con. (a) – Con. (b)	4	-60	-37
Con. (a) – Con. (c)	3	-11	-7
Con. (a) – Con. (d)	11	-33	-1

Jak je vidět na obr. 6. (b), přítomnost ocelových špon ve spektru vibrací byla patrná zvýšením amplitudy u frekvencí F_r , BSF , $5X F_r$ a $2X BPFO$, kde podle tabulky 3 byla nejvyšší změna v průměrných hodnotách amplitudy pozorována pro $2X BPFO$ a $5X F_r$. Přítomnost dominantního píku na 100 Hz byla zkoumána ve všech sledovaných podmínkách (a) až (d) a byla způsobena frekvenčním měničem nastaveným na 50 Hz, proto 100 Hz odpovídá $2X$ síťové frekvenci, kterou tak není možné považovat za frekvenci zájmu.



Obr. 6. Překrytí měření referenčních (černá) a poruchových stavů (červená)

Kontaminace ložisek palivem byla charakterizována výrazným zvýšením frekvencí: F_r , BSF a $BPFI$, což bylo jasně vidět na obr. 6. (c). Zvýšení bylo prezentováno také v $5X F_r$. Procentuální rozdíl v amplitudách byl mnohem vyšší ve srovnání s dříve simulovaným poruchovým stavem. V posledním simulovaném stavu byla porucha klece ložiska doprovázena zvýšením pěti frekvencí. Nejvyšší nárůst byl zaznamenán u frekvencí FTF , 2. a 3. násobku F_r a také $2X BPFO$. Nárůst průměrných hodnot amplitudy u FTF bohužel není ve spektru vibrací zcela zřetelně patrný, protože hodnoty byly relativně nízké ve srovnání s jinými frekvencemi, nicméně díky statistice zájmových frekvencí se podařilo tuto změnu identifikovat.

Tabulka 3. Průměrné hodnoty amplitud pro ložisko kontaminované ocelovými šponami

Prům. Amp. (m/s^2)	Zájmové frekvence			
	F_r	BSF	$2X BPFO$	$5X F_r$
Stav (a)	0.129	0.0217	0.024	0.0123
Stav (b)	0.1419	0.0255	0.063	0.0271
Rozdíl (%)	10.34	14.90	61.90	55

Tabulka 4. Průměrné hodnoty amplitud pro ložisko kontaminované palivem

Prům. amp. (m/s ²)	Zájmové frekvence			
	F_r	BSF	$BPFI$	$5X F_r$
Stav (a)	0.0692	0.0173	0.0339	0.0228
Stav (b)	0.1307	0.0614	0.0691	0.0343
Rozdíl (%)	47.05	71.82	50.94	33.53

Tabulka 5. Průměrné hodnoty amplitud pro mechanicky poškozené ložisko

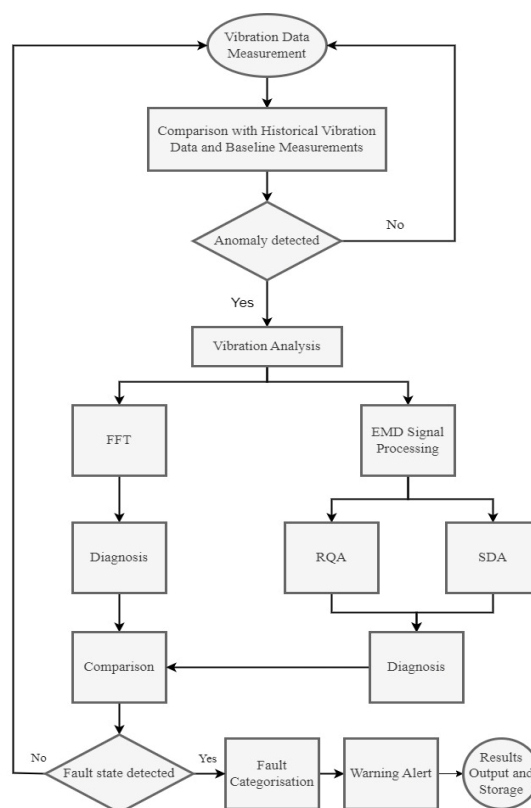
Prům. amp. (m/s ²)	Zájmové frekvence				
	FTF	$2X F_r$	$BPFO$	$3X F_r$	$2X BPFO$
Stav (a)	0.0009	0.0189	0.0360	0.0334	0.0173
Stav (b)	0.0014	0.0241	0.0396	0.0396	0.0467
Rozdíl (%)	35.71	21.58	9.09	15.66	62.96

4. Diskuse

Podle provedené analýzy bylo prokázáno, že FFT analýza je dostatečná pro diagnostiku již vzniklých poruchových stavů všech testovaných ložisek. Všechny podmínky zaznamenaly nárůst sledovaných frekvencí, které byly spojeny s konkrétními částmi ložiska, které byly ovlivněny simulovanou vadou. Příspěvek navíc přinesl přehled a srovnání tří pokročilých metod zpracování signálu, na základě kterého byl zpracován návrh jejich případné integrace do jednotlivých diagnostických procesů leteckého motoru. Návrh systému je shrnut ve vývojovém diagramu na obr. 7. Systém jako celek by mohl fungovat takto: naměřené vibrace by byly porovnány s uloženými referenčními měřeními a historickými daty. Pokud je zjištěna nesrovnalost, je provedena analýza dat o vibracích, která se skládá ze dvou částí. První z nich využívá FFT analýzu pro tradiční diagnostiku. Druhá by využívala EMD pro zpracování signálu. Samotná analýza by byla provedena dvěma metodami – RQA a SDA. Porovnání výsledků by poskytlo definitivní odpověď, zda je došlo k rozvinutí poruchového stavu. Pokud ano, následovala by kategorizace závady, v kokpitu by se zobrazilo upozornění a výsledky by se uložily pro pozdější použití v rámci údržbových úkonů.

5. Závěr

Tento článek popisuje návrh a konstrukci vibrační stolice používané k měření a simulaci různých poruchových stavů kuličkových ložisek, které se mohou vyskytnout u leteckých proudových motorů. Toto zařízení je vhodné nejen pro testování ložisek, jak tomu bylo v případě prezentovaného experimentu, ale lze jej použít také pro simulaci nesouososti a podmínek nevyváženosti hřídele, které by mohly být předmětem budoucího výzkumu.



Obr. 7. Blokové schéma popisující funkčnost navrhovaného systému

Diagnostika simulovaných vad ložisek prokázala použití statistického srovnání pomocí efektivních hodnot pro sledované frekvence (referenční i simulované podmínky) spolu s FFT frekvenční analýzou. Pomocí analýzy v časové a frekvenční oblasti byly identifikovány a charakterizovány jednotlivé poruchové stavy a konečné výsledky analýzy jsou základem pro srovnání se zde navrženými metodami zpracování signálu v budoucím výzkumu. Zkoumání omezení navrhovaných analytických metod je zásadní, zejména při zvažování jejich použití v leteckých motorech, kde jsou zásadní přísná kritéria spolehlivosti a přesnosti.

Reference

- [1] J. Chen, C. Lin, D. Peng, H. Ge, 2020. Fault Diagnosis of Rotating Machinery: A Review and Bibliometric Analysis. IEEE Access. Vol.8.
- [2] Z. Feng, M. J. Zuo, 2013. Fault diagnosis of planetary gearboxes via torsional vibration signal analysis. Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 36, Issue 2, pp. 401-421.
- [3] A. Mironov, P. Doronkin, 2022. Advanced Vibration Diagnostic System for Aviation Jet Engine. Reliability and Statistics in Transportation and Communication, Vol. 410, pp. 171-185.
- [4] M. Vishwakarma, R. Purohit, H. Vishwakarma, P. Rajput. 2017. Vibration Analysis & Condition Monitoring for Rotating Machines: A Review. Materials Today: Proceedings. 4. pp. 2659-2664.

- [5] Tiboni M, Remino C, Bussola R, Amici C, 2022. A Review on Vibration-Based Condition Monitoring of Rotating Machinery. *Applied Sciences*. 12(3):972.
- [6] Chirag Mongia, Deepam Goyal, Shankar Sehgal, 2022. Vibration response-based condition monitoring and fault diagnosis of rotary machinery. *Materials Today: Proceedings*, Vol. 50, pp. 679-683.
- [7] C. Malla, I. Panigrahi, 2019. Review of Condition Monitoring of Rolling Element Bearing Using Vibration Analysis and Other Techniques. *J. Vib. Eng. Technol.* 2019, 7, 407–414.
- [8] A. Mironov, P. Doronkin, New technique of vibration diagnostics of turbomachines. In: Heitmeir, F., Martelli, F., Manna, M. (eds.) *Proceedings of 8th European Conference on Turbomachinery: Fluid Dynamics and Thermodynamics*, Graz, pp. 773–781.
- [9] J. Dybała, R. Zimroz, 2014. Rolling bearing diagnosing method based on Empirical Mode Decomposition of machine vibration signal. *Applied Acoustics*, Vol. 77, pp. 195-203, ISSN 0003-682X.
- [10] P. D. McFadde, J. D. Smith, 1984. Vibration monitoring of rolling element bearings by the high-frequency resonance technique — a review. *Tribology International*. Vol 17, pp. 3-10.
- [11] A. Sharma, 2022. Fault Diagnosis of Bearings Using Recurrences and Artificial Intelligence Techniques. *ASME. ASME J Nondestructive Evaluation*. August 2022; 5(3): 031004.
- [12] B. R. Randall, 2004. State of the Art in Monitoring Rotating Machinery - Part 1. *Sound and Vibration*. Vol. 38, pp. 14-21+13.
- [13] K. Kecik, A. Smagala, K. Ciecieląg. 2023. Diagnosis of angular contact ball bearing defects based on recurrence diagrams and quantification analysis of vibration signals. *Measurement*. Vol. 216, pp.112963.
- [14] P. Pecho, M. Bugaj, 2018. Vibration fault detection of fuel pump using Recurrence Quantification Analysis. *Transportation Research Procedia*. Vol. 35, pp. 287-294.
- [15] R. Medina, J. C. Macancela, P. Lucero, D. Cabrera, M. Cerrada, et al., 2019 Vibration signal analysis using symbolic dynamics for gearbox fault diagnosis. *The international Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol. 104, pp. 2195-2214.
- [16] C. Xia, Y. Zhan, Y. Tan, W. Wu, 2022. Research on Forecasting Aeroengine Vibration Signals Based on the MAE Model. *IEEE Access*, vol. 10, pp. 110676-110688.
- [17] C. Webber, N. Marwan, 2015. Recurrence Quantification Analysis – Theory and Best Practices. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-07155-8>
- [18] J. B. Ali, N. Fnaiech, L. Saidi, B. Chebel-Morello, F. Fnaiech, 2015. Application of empirical mode decomposition and artificial neural network for automatic bearing fault diagnosis based on vibration signals. *Applied Acoustics*, Vol. 89, pp.



KOMPARÁCIA KONKURENCIESCHOPNOSTI LETECKÝCH DOPRAVCOV EÚ A ASEAN V KONKTEXTE NOVEJ BILATERÁLNEJ DOHODY O SLUŽBÁCH LETECKEJDOPRAVY

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

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

Abstract

The comparison of competitiveness of EU and ASEAN air carriers in the context of the new bilateral agreement on air transport services, thesis analyzes the agreement and also analyzes financial and operational indicators of selected airlines from both regions. Based on the collected data and evaluation of the results, it is possible to identify the factors that affect the competitiveness of these carriers and formulate recommendations to strengthen them.

Keywords

ASEAN, EU, competitiveness, bilateral agreement, airline

1. Úvod

Letecká doprava je kľúčovým odvetvím globálnej ekonomiky a hrá dôležitú úlohu v rozvoji obchodu a cestovného ruchu v Združení národov juhovýchodnej Ázie (ASEAN) a Európskej únii. Európska únia a ASEAN pred rokom 2021 spolupracovali v oblasti leteckej dopravy prostredníctvom spletej siete vzájomne prepojených bilaterálnych dohôd medzi jednotlivými členskými štátmi oboch regionálnych hospodárskych komplexov. To sa zmenilo po podpísaní novej bilaterálnej dohody medzi ASEAN a Európskou úniou, ktorá nahrádza vyše 140 bilaterálnych dohôd o leteckých službách medzi členskými krajinami Európskej únie a členskými krajinami ASEAN. Táto dohoda vytvára ekonomické pravidlá pre členské krajiny ASEAN a Európskej únie pre uskutočňovanie medzinárodnej leteckej dopravy medzi oboma regionálnymi komplexami.

2. Nová bilaterálna dohoda medzi ASEAN a EÚ o leteckej doprave

EÚ a ASEAN sú dva významné regióny s rozsiahlym obchodným a investičným partnerstvom. V roku 2023 letecké spoločnosti z Európskej únie prepravili 2,2 miliardy cestujúcich a 34,5 milióna ton nákladu, zatiaľ čo letecké spoločnosti z ASEAN prepravili 1,2 miliardy cestujúcich a 22,5 milióna ton nákladu.

Pred uzatvorením bilaterálnej dohody medzi regiónmi letecká doprava medzi Európskou úniou a Združením národov juhovýchodnej Ázie spolupracovala prostredníctvom zložitej siete poprepletaných bilaterálnych dohôd medzi jednotlivými členskými štátmi. Rokovania o komplexnej dohode o leteckej doprave medzi ASEAN a Európskou úniou sa začali v roku 2016, kedy sa spolu vydali na cestu k prehĺbeniu spolupráce v oblasti leteckej dopravy. Rokovania sa uzavreli o 5 rokov neskôr, a to 2. júna 2021 na virtuálnom mimoriadnom stretnutí predstaviteľov ASEAN – EÚ.

Dohoda o leteckej doprave medzi ASEAN a Európskou úniou vznikla ako reakcia na vyvíjajúcu sa dynamiku globalizácie, regionálnej integrácie a technologického pokroku v odvetví leteckej dopravy. Keďže si ASEAN aj Európska únia uvedomujú kľúčovú úlohu leteckej dopravy pri uľahčovaní obchodu, cestovného ruchu a medziľudských výmen, videli príležitosť posilniť svoje prepojenie a využiť synergie medzi svojimi trhmi leteckej dopravy.

Medzi hlavné ciele bilaterálnej dohody patria:

- Liberalizácia leteckých služieb – podporou otvoreného neba a odstránením prekážok vstupu na trh sa dohoda zameriava na podporu konkurencieschopného a dynamického trhu leteckej dopravy, ktorý sa 17 vyznačuje väčším výberom trás, nižšími cenami a väčším komfortom pre cestujúcich.
- Harmonizácia právnych predpisov – zlepšenie zosúladenia bezpečnostných, ochranných a environmentálnych noriem medzi združením ASEAN a EÚ má zásadný význam pre zabezpečenie bezproblémovej prevádzky, podporu interoperability² a zlepšenie vzájomného uznávania certifikátov a licencií.
- Uľahčenie prístupu na trh – zjednodušenie administratívnych postupov, získanie prevádzkových povolení a zabezpečenie prepravných práv je nevyhnutné pre letecké spoločnosti, aby mohli rozšíriť svoju činnosť a využiť nové trhové príležitosti v rámci ASEAN a EÚ.
- Budovanie kapacít a technická pomoc – posilnenie inštitucionálnych kapacít a podpora výmeny poznatkov sú nevyhnuté na účinné vykonávanie ustanovení dohody. Iniciatívy budovania kapacít, programy technickej pomoci, a semináre odbornej prípravy uľahčujú prenos odborných znalostí, osvedčených postupov a inovácií medzi ASEAN a EÚ.

3. Komparácia konkurencieschopnosti vybraných dopravcov oboch zoskupení

Na začiatku si vyberieme vzorku 10 dopravcov z jednotlivých zoskupení (ASEAN a EÚ). Kvôli férovému zastúpeniu oboch trhov budeme sledovať 5 leteckých spoločností z Európskej únie a 5 leteckých spoločností z ASEAN, ktorí sú relevantní z hľadiska konkurencieschopnosti a zastupujú segmenty trhu ako nízko-nákladové letecké spoločnosti a tradičné letecké spoločnosti.

Medzi vybrané ukazovatele budú patriť finančné ukazovatele, celkové aktíva, lietadlový park, počet prepravených cestujúcich, CARGO, CASK, on-time performance, load factor, letiská v sieti.

4. Výsledky

Pri finančných ukazovateľoch z hľadiska ziskovosti boli v roku 2022 najúspešnejšie spoločnosti Ryanair a Singapore Airlines. Ryanair dosiahol celkový zisk 1,44 miliárd €, zatiaľ čo Singapore Airlines 1,39 miliardy €. Naopak, najväčšie straty vykázali SAS (-6,5 miliardy €), VietJet (-953 miliónov €) a WizzAir (-646,7 miliónov). Z hľadiska celkových aktív vedú Lufthansa (43,33 miliárd €), Singapore Airlines (33,98 miliárd €) a Ryanair (15,15 miliárd €). Tieto letecké spoločnosti disponujú značnými finančnými zdrojmi, ktoré im umožňujú investovať do nových lietadiel, technológií a iného. Veľkosť flotily je v priemere väčšia u leteckých spoločností z Európskej únie. Najväčší lietadlový park má Lufthansa (710 lietadiel), hneď za ním Ryanair (500 lietadiel), zatiaľ čo v regióne ASEAN je to Singapore Airlines (133 lietadiel). Väčší lietadlový park umožňuje leteckým spoločnostiam prepravovať viac cestujúcich a znižovať prevádzkové náklady na jedno sedadlo. Pri prevádzkových ukazovateľoch z pohľadu počtu prepravených cestujúcich za rok 2022 bol najvyšší u spoločnosti Lufthansa (101 miliónov) a Ryanair (97 miliónov). Tieto letecké spoločnosti prepravujú najviac cestujúcich aj vďaka svojej rozsiahlej sieti destinácií, a u spoločnosti Ryanair aj dôsledkom nízkych cien leteniek. V oblasti prepravy nákladu (cargo) dominuje Lufthansa (12,6 miliárd ATK). Lufthansa je jedným z najväčších dopravcov nákladu na svete a disponuje modernou flotilou nákladných lietadiel. Na druhom mieste sa nachádza spoločnosť z regiónu ASEAN a to Singapore Airlines (9,8 miliárd ATK). Nízko-nákladové spoločnosti v priemere dosahujú nižšie hodnoty CASK (Cost per Available Seat Kilometer) a taktiež sa sústreďujú aj na dosahovanie vyššieho on-time performance (OTP). Dôvodom je, že nízko-nákladové spoločnosti sa zameriavajú na dosiahnutie nízkych prevádzkových nákladov, príkladom nám môže byť spoločnosť Ryanair, ktorá je v tomto profesionál a znižuje svoje prevádzkové náklady ako sa len dá. Napríklad aj maličkosťami, ako používaním vlastných predných schodov lietadla na výstup a nástup pasažierov, vďaka čomu šetrí na letiskových poplatkoch. Takéto praktiky na znižovanie nákladov spoločnosti môžu dopomôcť k cenovej konkurencieschopnosti. Vo všeobecnosti letecké spoločnosti s nižším CASK sú cenovo konkurencieschopnejšie, keďže nie sú tak závislé na vysokej cene leteniek a môžu svoje letenky ponúkať za nižšie ceny s vyššou šancou predaja. Tradičné spoločnosti kladú väčší dôraz na komfort a širokú škálu služieb pre cestujúcich ako na nízke ceny leteniek. OTP je pre nízko-nákladové spoločnosti dôležitá práve preto, že s meškaním sa spájajú aj ďalšie náklady ako môžu byť odškodnenia pasažierov a iné. Okrem toho, OTP môže aj zavážiť u spokojnosti zákazníka s leteckou spoločnosťou, predsa len leteckú dopravu využíva mnoho cestujúcich hlavne kvôli vyššej rýchlosti oproti ostatným druhom dopravy. V našom

porovnaní najvyšší OTP mali 3 nízkonákladové spoločnosti VietJet (92%), AirAsia (91,56%) a Ryanair (90%). Prekvapením však bol najnižší OTP, ktorý mal taktiež nízko-nákladový dopravca a to spoločnosť WizzAir (62,3%). Load Factor (využitie kapacity lietadiel) je u väčšiny spoločností nad 70%, pričom najvyššie hodnoty dosahujú VietJet (85%) a Singapore Airlines (85%). Tieto letecké spoločnosti maximalizujú svoje príjmy z predaja leteniek tým, že lietajú s plnými lietadlami. Na základe porovnaní rôznych ukazovateľov môžeme povedať, že najkonkurencieschopnejšie letecké spoločnosti v roku 2022 boli Ryanair a Singapore Airlines. Tieto spoločnosti dosahujú vysoké zisky, prepravujú veľké množstvo cestujúcich a efektívne využívajú svoje zdroje. Taktiež okrem toho Singapore Airlines sa zapája aj do cargo segmentu trhu a ponúka viacero tried a kvalitné služby. Naopak najmenej konkurencieschopné letecké spoločnosti v roku 2022 boli letecké spoločnosti SAS, WizzAir a Thai Airways, ktoré mali nízky Load Factor a lietal s prázdnymi lietadlami, OTP mali nižší, čo znamená, že častejšie meškali, prepravovali menšie množstvo pasažierov a hlavne neefektívne využívali svoje zdroje čo ich priviedlo k finančným stratám.

Referencie

EUROPEAN COMMISSION. Aviation: EU and ASEAN sign landmark region-to-region agreement connecting 1.1. billion people. Online. Dostupné na: https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/eu-and-asean-sign-landmark-region-region-agreement-2022-10-17_en.

EUR - Lex. European Union – United States aviation agreements. Online. Dostupné na: <https://eur-lex.europa.eu/EN/legal-content/summary/european-union-unitedstates-aviation-agreements.html>.

EU-ASEAN. Comprehensive air transport agreement between the member of Southeast Asian nations, and the European union and its member states. Online. Dostupné na: https://transport.ec.europa.eu/system/files/2022-12/2022_EU%E2%80%93ASEAN_Comprehensive_Air_Transport_Agreement.pdf.



ORGANIZÁCIE POSKYTUJÚCE SLUŽBY POZEMNÉHO ODBAVENIA LIETADIEL, CESTUJÚCICH, BATOŽINY A NÁKLADU (GND HDL) A ICH CERTIFIKÁCIA V SR

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

Denis Kontárová
Letové prevádzkové služby
Slovenskej republiky, štátny podnik
Ivanská cesta 93
823 07 Bratislava

Abstract

The aim of this article is to introduce the agenda of aircraft ground handling in terms of current and future legislation basis, where the first chapter of the article focuses on the reasons that led to the need for a new (EU) regulation on ground handling. Following this, the objectives as well as respective parts of the regulation are described. The second chapter examines the current state and development of legislation in the Slovak Republic and worldwide by looking at organizations that are trying to contribute to the issue. By comparing the requirements of the IGOM (IATA) manual and the draft Regulation (EU), differences and variations in the approach to dealing with the issue of ground handling are identified. The output of the work is the procedures and requirements for obtaining a ground handling organization certificate in the Slovak Republic and an assessment of the benefits of the new (EU) ground handling regulation.

Keywords

Ground handling, EASA, Regulation, Certification

1. Úvod

Služba pozemného vybavenia lietadiel, cestujúcich, batožiny a nákladu (ďalej len GH - pozemná obsluha lietadiel) je oblasť letectva, ktorá zahŕňa množstvo rôznych činností vykonávaných v krátkom časovom slede v tesnej blízkosti lietadla viacerými subjektami naraz, predstavujúc tak významný bezpečnostný aspekt. Organizácie poskytujúce služby GH ponúkajú prevádzkovateľom lietadiel širokú škálu služieb v priestoroch letísk aj mimo nich [1].

GH je významnou a v súčasnosti takmer jedinou neregulovanou súčasťou leteckého priemyslu, ktorá je zároveň vystavená vysokej miere konkurencie a komerčného tlaku. K výzve zvýšenia úrovne prevádzkovej bezpečnosti prispievajú mnohé aspekty - nárast množstva pozemných obslužných zariadení používaných pri procesoch GH, kratšie časy pre pozemnú obsluhu (turn-arounds) alebo aj vysoká fluktuácia personálu. Pozemná prevádzka na odbavovacích plochách sa stáva čoraz zložitejšou v dôsledku nárastu objemu leteckej dopravy a rozšírenia počtu poskytovateľov služieb GH, okrem iného aj v dôsledku početných požiadaviek stanovených leteckými prevádzkovateľmi alebo prevádzkovateľmi letísk [1].

Kritický rozmer bezpečnosti činností služieb GH sa prejaví, keď pri poskytovaní týchto služieb dôjde k chybám: tieto chyby môžu viesť k poškodeniu lietadla alebo iného zariadenia na zemi, k zraneniam alebo dokonca k smrti osôb na zemi alebo v extrémnom prípade k nehode lietadla [1].

Vzhľadom na významný vplyv činností pozemnej obsluhy na bezpečnosť letov Európska únia, uznávajú potrebu vytvoriť a udržiavať podmienky pre bezpečnú leteckú dopravu od začiatku procesu až do jeho konca, rozšírila rozsah pôsobnosti nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) 2018/1139 o spoločných pravidlách v oblasti civilného letectva aj na oblasť činností súvisiacich so službami pozemnej obsluhy lietadiel. Týmto rozšírením rozsahu pôsobnosti základného nariadenia sa

organizácie poskytujúce služby GH formálne uznávajú ako samostatná zainteresovaná strana v oblasti bezpečnosti letectva, ktorá je zahrnutá medzi oblasti letectva dôležité z hľadiska bezpečnosti a regulované na úrovni Európskej únie [1].

2. Problematika pozemnej obsluhy

Pre potreby tohto článku je základným odrazovým dokumentom návrh nariadenia (EÚ) pre pozemnú obsluhu lietadiel, EASA AMC a GM. Toto nariadenie by malo vyjsť do platnosti do konca roka 2024 a zároveň ovplyvní nariadenia Komisie (EÚ) č. 139/2014 (ADR) a nariadenie Komisie (EÚ) č. 2022/1645. Návrh nariadenia je dielom oddelenia leteckej prevádzky Európskej agentúry pre bezpečnosť letectva [2].

Dôvodov pre vznik nového nariadenia (EÚ) o pozemnej obsluhu lietadiel je viacero, medzi hlavné však patria absencia jednotných a harmonizovaných postupov pre výkon dozoru a tiež potreba vyriešiť nedostatky spojené najmä s kultúrou bezpečnosti a ohlasovaním udalostí v prostredí pozemnej obsluhy lietadiel súvisiacich s bezpečnosťou. Štatistiky hlásení o udalostiach s vplyvom na bezpečnosť zaznamenané v databáze Európskeho centrálného archívu (ECR) Európskej komisie pre všetky oblasti letectva od roku 2015 odhalili viacero faktov, na základe ktorých je možné vidieť nedostatočnú úroveň bezpečnostných požiadaviek kladených na činnosti GH [2].

Predkladaný návrh má niekoľko konkrétnych cieľov:

- vytvoriť rovnaké podmienky pre poskytovanie služieb GH a organizácie, ktoré ich poskytujú na letiskách v rozsahu pôsobnosti základného nariadenia;
- zabezpečiť základ pre bezpečné poskytovanie služieb pozemnej obsluhy lietadiel stanovením harmonizovaných požiadaviek na systém riadenia pre organizácie poskytujúce služby GH vrátane systému riadenia bezpečnosti;

- poskytnúť právny rámec na podporu organizácií poskytujúcich služby GH popri rozvoji a podpore kultúry bezpečnosti;
- umožniť rozvoj účinných rozhraní na zmierňovanie bezpečnostných rizík vyplývajúcich z činností poskytovaných organizáciami GH, prevádzkovateľmi lietadiel a prevádzkovateľmi letísk vrátane výmeny informácií dôležitých z hľadiska bezpečnosti;
- zabezpečiť minimálne normy a požiadavky na odbornú prípravu a výcvik personálu, ktorý bude vykonávať činnosti GH zamerané na udržanie jeho trvalej odbornej spôsobilosti;
- znížiť počet auditov vykonávaných u organizácií GH, ktoré v súčasnosti realizujú najmä prevádzkovatelia lietadiel, dozorné orgány alebo odborné združenia (IATA) v rámci aktuálnych požiadaviek a
- vytvoriť spoločný systém pre príslušné orgány na výkon dohľadu nad organizáciami GH a ich činnosťami (s osobitným dôrazom na tzv. „kooperatívny“ dohľad; tj. dohľad nad organizáciami, ktoré poskytujú služby GH vo viacerých členských štátoch) a do budúcnosti poskytnúť základ pre vytvorenie konceptu dohľadu založeného na princípoch „rizikovosti“ (kedy sa dohľad (audit) plánuje v súvislosti s prioritami vo vzťahu k identifikovaným rizikovým oblastiam a nie „plošne“) [2].

2.1. Legislatívne požiadavky

Vo väčšine členských štátov EASA je v súčasnosti jediným regulačným rámcom pre príslušné orgány na vykonávanie priameho dohľadu nad organizáciami GH smernica 96/67/ES o pozemnej obsluhu uverejnená v roku 1996, ktorá má iný rozsah pôsobnosti - reguluje prístup organizácií GH na trh určitých letísk. Smernica o GH je transponovaná do vnútroštátnych právnych predpisov členských štátov odlišným spôsobom. V dôsledku toho existujú rôzne orgány zodpovedné za overovanie vykonávania smernice o GH a v niektorých štátoch sa príslušné orgány zodpovedné za dohľad nad bezpečnosťou na tomto monitorovaní alebo overovaní vôbec nepodieľajú. Smernica o GH bola určená na reguláciu prístupu na trh, nie na reguláciu bezpečnosti činností GH, hoci v niektorých členských štátoch sa vnútroštátne právne predpisy transponujúce smernicu o GH do určitej miery vzťahujú na bezpečnosť činností, keďže chýbajú vhodnejšie právne nástroje na dohľad nad bezpečnosťou. Členské štáty využívajú aj ustanovenia nariadenia (EÚ) č. 965/2012 o leteckej prevádzke a nariadenia (EÚ) č. 139/2014 o letiskách na vykonávanie nepriameho dohľadu nad činnosťami GH prostredníctvom požiadaviek na zmluvné služby, ktoré sa vzťahujú na prevádzkovateľov lietadiel, resp. prevádzkovateľov letísk [2].

2.1.1. ICAO

Vzhľadom na chýbajúcu celoeurópsku legislatívu, na trhu s pozemnou obsluhou pôsobí viacero organizácií, ktoré majú rozdielny dosah na jej fungovanie. Medzinárodná organizácia civilného letectva (ďalej len ICAO – International Civil Aviation Organization) zodpovedá za stanovenie noriem a pravidiel týkajúcich sa civilného letectva. Má široký medzinárodný dosah, kedy sú členské štáty ICAO povinné implementovať

dané nariadenia do svojich vnútroštátnych právnych systémov. Hlavné dokumenty ICAO sú normy a odporúčané postupy (SARPS) obsiahnuté v 19 prílohách – Annexoch. Za zmienku stojí, že zatiaľ neexistuje žiadny návrh na zmenu a doplnenie Annexu 19 (*Safety Management*), ktorý by vyžadoval povinnosť zaviesť SMS aj pre poskytovateľov služieb GH. Neexistuje ani návrh, ktorý by od členských štátov vyžadoval, aby GH zahrnuli do svojho programu dohľadu, ale len, aby monitorovali (zahnutím GH do svojho štátneho bezpečnostného programu) výkonnosť činností GH v ich štátoch v oblasti bezpečnosti. Dohľad nad organizáciami GH teda zostáva v kompetencii jednotlivých štátov [3].

Organizácia ICAO zriadila pracovnú skupinu pre pozemnú obsluhu v rámci panelu pre projektovanie a prevádzku letísk, aby preskúmala otázky bezpečnosti, efektívnosti a štandardizácie súvisiace s pozemnou obsluhou a určila stav a budúce potreby ustanovení ICAO v súvislosti s pozemnou obsluhou na letiskách. Pracovná skupina ICAO vypracovala návrh príručky pre prevádzku GH, ktorý bol koncom roka 2019 uverejnený ako dokument Doc 10121 Ground Handling Manual. Zámerom príručky ICAO Doc 10121 je venovať sa službám pozemnej obsluhy, ktoré tvoria neoddeliteľnú súčasť leteckého systému a priamo prispievajú k bezpečnosti letov a prevádzky letísk. Obsah tejto príručky poskytuje usmernenia pre všetky zainteresované strany zapojené do GH lietadiel, ktoré by mohli ovplyvniť bezpečnosť prevádzky. Dokument spája prevádzku GH a zásady SMS s cieľom zdôrazniť bezpečnostné zlepšenia v celom systéme pre GHSP, ako aj prevádzkovateľov letísk a letiskových spoločností. Poskytuje tiež usmernenie pre štáty, ktoré im má pomôcť pri začleňovaní GH do ich štátnych bezpečnostných programov [4].

2.1.2. IATA

IATA pôsobí ako sprostredkovateľ a líder v odvetví štandardizácie pozemnej obsluhy. Napriek tomu, že nevykonáva priamu reguláciu, nepublikuje priamo záväzné pravidlá ani neposkytuje služby, jej úsilie prispieva k štandardizovaným a bezpečným postupom pozemnej obsluhy v celom leteckom priemysle, k zlepšeniu efektívnosti a kvality služieb pozemnej obsluhy pre letecké spoločnosti a cestujúcich a udržateľnejšej budúcnosti pre prevádzku pozemnej obsluhy. Bez ohľadu na to, že pravidlá, ktoré vydáva, nie sú plošne aplikované ani právne záväzné na úrovni zákona, leteckí dopravcovia, ktorí sú jej, členom ich uplatňujú. Aj vzhľadom na počet členov v organizácii v súčasnosti na trhu s pozemnou obsluhou neexistuje subjekt, ktorý by mal väčší dosah ako IATA [5].

V prvom rade IATA vypracováva normy a osvedčené postupy, ktoré následne poskytuje subjektom po celom svete. Globálne normy a ich dôsledné uplatňovanie sú základom bezpečnej a efektívnej pozemnej prevádzky. IATA kontinuálne vyzýva odvetvie pozemnej obsluhy, aby urýchlilo celosvetové prijatie Príručky pozemnej prevádzky IATA (ďalej len IGOM - IATA Ground Operations Manual) s cieľom zabezpečiť celosvetovú prevádzkovú konzistenciu a bezpečnosť. IATA tiež vyzýva vlády, aby vo svojich regulačných rámcoch pre dohľad uznali bezpečnostný audit IATA pre pozemnú prevádzku (ďalej len ISAGO – IATA Safety Audit for Ground Operations). To priniesie významné výhody vrátane harmonizácie osvedčených postupov, zavedenia systému riadenia bezpečnosti (SMS) zo strany prevádzkovateľov pozemnej obsluhy a zníženia počtu

duplicitných auditov. Rozvoj dlhodobých stratégií a investícií je kľúčom k udržateľnej pozemnej prevádzke [6].

2.1.3. *Legislatíva Slovenskej republiky*

Na Slovensku neexistujú osobitné právne predpisy upravujúce služby pozemnej obsluhy. Súčasný stav legislatívy na Slovensku upravuje Smernica rady 96/67/ES z 15. októbra 1996 o prístupe na trh služieb pozemnej obsluhy na letiskách Spoločenstva. Tato smernica bola transponovaná do slovenského právneho poriadku ale nezaobrá sa prevádzkovo-organizačnými aspektami organizácií poskytujúcich služby GH, na ktoré sa v článku sústredíme [7]

Zákon č. 143/1998 Z.z., známy aj ako letecký zákon, je základný právny predpis, ktorý upravuje leteckú činnosť na Slovensku. Jeho cieľom je zabezpečiť bezpečnosť, efektívnosť a udržateľnosť leteckej prevádzky, ako aj ochranu životného prostredia a práva cestujúcich. Čo sa týka prepojenia tohto zákona a pozemnej obsluhy lietadiel, zákon v § 32 o prevádzkovaní letísk a leteckých pozemných zariadení uvádza, že držiteľ povolenia na prevádzkovanie letiska je oprávnený poskytovať služby na vybavenie cestujúcich a nákladu a pozemnú obsluhu lietadiel. Ďalej aj v § 37, ktorý pojednáva o licenciách tuzemských leteckých dopravcov stanovuje, že držiteľ licencie je oprávnený okrem iného poskytovať služby na vybavenie cestujúcich a nákladu a pozemnú obsluhu lietadiel. V leteckom zákone je poskytovanie služieb na vybavenie cestujúcich a nákladu a pozemnú obsluhu lietadiel vymedzené ako iné podnikanie v civilnom letectve, pokiaľ nie je poskytované držiteľom povolenia na prevádzkovanie letiska a držiteľom licencie na vykonávanie leteckej dopravy. Hlbšie sa zákon problematikou poskytovania GH nezaobrá [8].

Desiata časť leteckého zákona pojednáva o štátnej správe v civilnom letectve. Orgánmi štátnej správy na Slovensku sú Ministerstvo dopravy Slovenskej republiky a Dopravný úrad. Dopravný úrad v súčasnej dobe vykonáva štátny odborný dozor organizácií poskytujúcich služby GH, ktoré sú radené ako iné podnikanie v civilnom letectve v súlade s leteckým zákonom [8].

V súčasnej dobe všetky medzinárodné letiská na Slovensku sami ponúkajú a vykonávajú služby pozemnej obsluhy lietadiel, a teda audity (dohľad) u nich vykonáva Dopravný úrad. Tento fakt je prepojený na smernicu 96/67/ES - hlavným dôvodom je, že ani jedno z 3 slovenských letísk, ktoré majú pravidelnú leteckú dopravu, nedosahuje ročne viac ako 2 milióny cestujúcich na linkách komerčnej leteckej dopravy alebo 50 000 ton nákladu. Spomínanými letiskami sú letisko Bratislava, Poprad-Tatry a Košice [7].

Na najväčšom slovenskom letisku v Bratislave pôsobí 8 leteckých spoločností, ktoré obsluhujú pravidelné letecké spojenia. Týmito spoločnosťami sú Ryanair, Wizz Air, Pegasus Airlines, Air Cairo, Air Montenegro, Aegean Airlines, Corendon Airlines a Smartwings. Podľa oficiálneho zoznamu leteckých spoločností, ktoré sú aktuálnymi členmi IATA, je členmi 6 z týchto spoločností. Výnimkou sú Wizz Air a letecká spoločnosť s najväčším počtom leteckých spojení z bratislavského letiska – Ryanair. Vyplýva z toho, že 75% leteckých spoločností s pravidelnými letmi z letiska Bratislava sa riadi nariadeniami IATA a sú auditované podľa certifikátu ISAGO, čomu sú na letisku prispôbené aj prevádzkové postupy. Do akej miery teda

ovplyvní tieto zaužívané postupy príchod nového nariadenia z dielne EASA? [9][10]

3. **Porovnanie požiadaviek na výkon činností GND HDL**

V Príručke pozemnej prevádzky IATA (IGOM) sú uvedené požiadavky na vykonávanie činností súvisiacich s pozemnou obsluhou. Tieto požiadavky zahŕňajú vymedzenie noriem pozemnej obsluhy pre letecké spoločnosti a poskytovateľov pozemných služieb s cieľom zabezpečiť bezpečné, účinné a efektívne vykonávanie činností pozemnej obsluhy. V IGOM sa stanovujú minimálne normy určené leteckým priemyslom na zníženie nákladov a prevádzkovej zložitosti, požiadaviek na odbornú prípravu, zranení a škôd spôsobených na zemi. Slúži ako referenčný nástroj pre audity ISAGO a poskytuje rámec na dodržiavanie priemyselných noriem a osvedčených postupov v oblasti služieb pozemnej obsluhy [11][12].

EASA navrhla celoeurópske predpisy pre prevádzku pozemnej obsluhy, kde je cieľom navrhovaných predpisov zvýšiť bezpečnosť, kybernetickú ochranu a konzistentnosť činností pozemnej obsluhy na letiskách EÚ. Navrhovanými nariadeniami sa zavedie štruktúrovanejší proces dohľadu nad organizáciami pozemnej obsluhy prostredníctvom príslušných orgánov, čím sa zníži potreba viacnásobných auditov a umožní sa efektívnejšie pridelovanie zdrojov. Kľúčové aspekty navrhovaných nariadení zahŕňajú požiadavky, aby organizácie dodržiavali normy EÚ prostredníctvom uplatňovania prevádzkových postupov, odvetvových noriem a osvedčených postupov. To zahŕňa systém riadenia, kultúru bezpečnosti, odbornú prípravu zamestnancov, programy údržby zariadení pozemnej obsluhy a dôsledné podávanie správ a riešenie bezpečnostných problémov [13][14].

Súčasťou nariadenia budú aj tzv. GM a AMC, ktoré majú ešte viac upresniť a pomôcť s výkladom požiadaviek a uľahčiť tak ich implementáciu. Usmerňovacie materiály (GM) v letectve zohrávajú kľúčovú úlohu pri poskytovaní praktických rád, odporúčaní a osvedčených postupov, ktoré pomáhajú zainteresovaným stranám v odvetví pri dosahovaní súladu a dodržiavaní bezpečnostných noriem. Tieto materiály sú základnými odkazmi pre jednotlivcov a organizácie pôsobiace v leteckom priemysle a ponúkajú podrobné informácie o vykonávaní predpisov a noriem stanovených regulačnými orgánmi. Prijateľné spôsoby dosiahnutia zhody (AMC) v letectve sú nezáväzná stanoviská, ktoré vydávajú regulačné agentúry s cieľom definovať spôsoby, ako môžu subjekty dosiahnuť súlad so základnými požiadavkami. Tieto prostriedky poskytujú usmernenie, ako splniť regulačné normy a zabezpečiť bezpečnosť leteckej prevádzky. Nie sú povinné, ale slúžia subjektom ako cenné nástroje na zosúladienie ich činností s regulačnými normami a na zabezpečenie vysokej úrovne bezpečnosti a dodržiavania predpisov v leteckom priemysle. Vo všeobecnosti platí úzus, že ak sa organizácia bude riadiť postupmi uvedenými v GM/AMC, bude toto považované za splnenie príslušnej požiadavky nariadenia. Cieľom je vytvorenie unifikovanej schémy požiadaviek pre systém organizácie a systém riadenia daných spoločností, či už sa jedná o prevádzkovateľov letísk, prevádzkovateľov lietadiel alebo poskytovateľov navigačných služieb. EASA sa navrhovaným nariadením nesnaží priniesť nové požiadavky a postupy ako GH vykonávať. Aj naďalej by sa malo spoliehať na pokračujúce používanie priemyselných noriem a osvedčených postupov z dielne IATA. EASA pri vytváraní návrhu nariadenia pracovala práve so zdrojmi ako je IGOM, AHM, s výročnou bezpečnostnou

správou IATA ale aj postupmi certifikácie ISAGO. Takisto EASA konzultovala s IATA ako združením prevádzkovateľov lietadiel. V tejto kapitole bude dôležité zistiť, ako sa navrhované prepisy odchyľujú od predpisov, ktoré sa nachádzajú v príručke IGOM [15].

Vybranými aktivitami, ktorých požiadavky sa budú porovnávať a zároveň sú súčasťou pozemnej obsluhy lietadiel, sú plnenie a vypúšťanie lietadla palivom a odlet lietadla (aircraft departure).

3.1. Porovnanie požiadaviek na plnenie a vypúšťanie lietadla palivom od IATA a EASA

V príručke IGOM tieto požiadavky vieme nájsť v kapitole 3, ktorá sa vo všeobecnosti zaoberá bezpečnosťou lietadiel a ich obsluhou. V návrhu nariadenia sa problematika rieši v prílohe IV o prevádzkových požiadavkách na služby pozemnej obsluhy (GH.OPS). V podčasti o odbavovaní lietadla je vedená ako GH.OPS.315 [16][17].

Kapitola zaoberajúca sa plnením a vypúšťaním paliva sa v príručke IGOM začína vysvetlením pojmu bezpečnostnej zóny pri plnení, nákrešom príkladu týchto zón pre vrťulové aj prúdové lietadlo, pre lepšie pochopenie personálom a popisom, čomu by sa personál mal vyhnúť a nevykonávať, aby nebola ohrozená bezpečnosť. Ďalšia podkapitola popisuje postup v prípade, že príde k úniku paliva a následne rieši, ako postupovať pri plnení alebo vyprázdňovaní lietadla, ak sú na palube pasažieri. Konkrétne postupy sú popísané stručne a jasne, aby neprišlo k nedorozumeniu z hľadiska ich nepochopenia [16].

GH.OPS.315 o plnení a vyprázdňovaní paliva v lietadle na začiatku popisuje kto môže túto aktivitu vykonávať, za čo je poskytovateľ zodpovedný a aké požiadavky musí dodržiavať, aby bola zachovaná bezpečnosť. Prijateľné spôsoby preukázania zhody (AMC) následne popisujú spoločné postupy subjektov prítomných pri GH na zabezpečovanie znižovania rizík spojených s plnením a vyprázdňovaním, aká by mala byť komunikácia a interakcia medzi nimi a spomenuté je aj plnenie a vyprázdňovanie lietadla s pasažiermi na palube. Ďalšie AMC rozoberá úlohy a výcvik vedúceho plnenia. Usmerňovacie materiály hovoria o odporúčaných pokynoch pri plnení a vyprázdňovaní lietadla – podľa akých ďalších dokumentov alebo noriem a pokynov sa môže postupovať a ako by sa mali tieto postupy zosúladiť medzi všetkými zainteresovanými subjektami. Na konci sa ešte hovorí o rozhraní povinností medzi organizáciou GH, prevádzkovateľom lietadla a prevádzkovateľom letiska [17][18].

Ako možno vidieť, požiadavky, s ktorými prichádza EASA, sú rozsiahlejšie než to, čo vieme k plneniu/vyprázdňovaniu nájsť v príručke IGOM. Zatiaľ čo IGOM popisuje presný postup ako v daných situáciách postupovať, EASA prináša dodatočné usmernenia. Podobnosti sa dajú nájsť v časti, kde je popisované plnenie/vyprázdňovanie paliva s pasažiermi na palube - obe zdôrazňujú potrebu voľného priechodu v prípade núdze. Na konci tejto podkapitoly v IGOM je v krátkosti spomenuté odvolanie sa na prevádzkové postupy leteckej spoločnosti týkajúce sa plnenia, ako aj miestne letiskové a regulačné požiadavky. EASA sa tomuto venuje viac v jednom z GM, kde hovorí o tom, ako je prevádzkovateľ lietadla povinný poskytnúť svoje postupy organizácii GH, ktorá bude vykonávať plnenie/vyprázdňovanie a ako je prevádzkovateľ letiska zodpovedný za stanovenie postupov a zabezpečenie ich

dodržiavania. Opäť je vidieť, ako bol tento priemyselný štandard zobrať a širšie rozvinutý, aby sa zabezpečila vyššia miera bezpečnosti [16][17][18].

3.2. Porovnanie požiadaviek IATA a EASA pri odlete lietadla

IGOM pojednáva o odlete lietadla v štvrtej kapitole, ktorá sa už netýka bezpečnosti na rampe ale *turn-around* aktivít lietadla. Kapitola má 9 podkapitol, kde odlet lietadla je šiestou v poradí (4.6). V návrhu nariadenia EÚ sa odlet lietadla rozoberá v prílohe IV, podčasti 4 – *turn-around* lietadla. Odlet lietadla nesie označenie GH.OPS.435 [16][17].

Pri porovnávaní požiadaviek pri odlete lietadla je možné si všimnúť viacero podobností, a teda je vidieť, kde EASA takmer doslova prebrala priemyselný štandard od IATA. V prvej časti AMC od EASA popisuje ako zmierniť bezpečnostné riziká pri činnostiach pred odletom a tieto činnosti kopírujú postup, ktorý popisuje IATA v príručke IGOM. Ďalšie činnosti spojené s odletom lietadla, ktoré sú vymenované v danom AMC sú taktiež v skratke preklopené z IGOM [16][17][18].

Čo sa týka navrhovaného GM (Informovanosť o iných organizáciách zapojených do činností spojených s odletom lietadla), dá sa z neho pochopiť dôraz na stanovenie rozhraní medzi rôznymi organizáciami zapojenými do činností súvisiacich s odletom lietadla, čo je práve doména, ktorej sa EASA venuje postupne v celom návrhu nariadenia. Na druhej strane sa v príručke IGOM spomína len komunikácia s letovou posádkou, príručka teda nerieši výmenu informácií s inými stranami, ktoré sú zainteresované do daných činností [16][17][18].

Ak si porovnáme, akým spôsobom EASA postupovala pri vytváraní požiadaviek na plnenie/vyprázdňovanie lietadiel, a ako postupovala pri činnostiach súvisiacich s odletom lietadiel, môžeme vidieť pomerne veľký rozdiel. Zatiaľ čo pri plnení/vyprázdňovaní vytvárala dodatočné usmernenia, aby sa zabezpečila vyššia úroveň bezpečnosti, pri odlete lietadla len stručne popisuje vykonávané činnosti. Je teda jasne viditeľné užšie prepojenie s príručkou IGOM a prijatie požiadaviek IATA ako priemyselného štandardu, ktorý sa bude aj naďalej uplatňovať [16][17][18].

4. Metodika a metódy skúmania

Prvým cieľom článku je oboznámiť čitateľa s problematikou pozemnej obsluhy a dôvodom potreby navrhovania nariadenia (EÚ) o pozemnej obsluhu. Druhým cieľom je analýza súčasnej legislatívy vo svete a na SR s cieľom uceliť obraz na danú problematiku. Ďalším stanoveným cieľom je zhrnúť a doplniť postupy a požiadavky pre získanie osvedčenia organizáciami GH v SR. Hlavnými zdrojmi článku sú navrhované nariadenia (EÚ) o pozemnej obsluhu, stanovisko EASA (Opinion No 01/2024), príručka IGOM od IATA a ďalšie relevantné internetové zdroje zaoberajúce sa oblasťou pozemnej obsluhy.

5. Postupy a požiadavky pre získanie osvedčenia organizácie GND HDL v SR

Pre získanie osvedčenia na výkon činností GH v súlade s nariadením EU musí príslušný subjekt predložiť vyplnené vyhlásenie a dokumenty tak, ako sú uvedené v ORGH.GEN.105, prostredníctvom ktorých doloží plnenie požiadaviek (a spôsobu

ich plnenia) uvedených v jednotlivých prílohách nariadenia. Organizácia GH je zodpovedá za bezpečné poskytovanie služieb v súlade s viacerými požiadavkami. Požiadavky musia byť v súlade s nariadením po jeho publikácii, s nariadením (EÚ) 2018/1139 a jeho delegovanými a vykonávacími aktami, v súlade s vyhlásením danej organizácie, v súlade s požiadavkami a postupmi pre miestnu prevádzku, ktoré sú obsiahnuté v letiskovej príručke a v neposlednom rade v súlade s prevádzkovými pokynmi a postupmi prevádzkovateľa lietadla, ktorému poskytuje služby GH [19].

Organizácia GH si musí vypracovať *príručku pozemnej prevádzky* (GOM) a vykonávať svoju činnosť v súlade s ňou. Organizácia poskytujúca služby GH už má prevádzkovú príručku podľa nariadenia (EÚ) č. 965/2012 alebo letiskovú príručku podľa nariadenia (EÚ) č. 139/2014 ako súčasť svojho systému riadenia, potom stačí, aby svoju príručku zmenila a doplnila o prvky špecifické pre GH. Nové nariadenie teda od subjektov, ktoré už na trhu pôsobia, neočakáva vypracovanie všetkých postupov od nuly ale len doplnenie fungujúcich postupov novými alebo dodatočnými [19].

Organizácia GH musí vypracovať a zaviesť *systém riadenia*, ktorý je škálovateľný podľa typu činností, veľkosti organizácie a prevádzkového kontextu, aby riadila bezpečnostné riziká, usilovala sa o neustále zlepšovanie tohto systému a zabezpečila podporu kultúry bezpečnosti v rámci svojej organizácie. Súčasťou požiadaviek je aj vypracovávanie výročných správ o činnosti, ktoré majú pomôcť dozornému orgánu pri posudzovaní výkonnosti organizácie a tým k predĺženiu cyklu dohľadu [19].

Organizácia GH predloží príslušnému orgánu riadne vyplnené vyhlásenie vrátane prílohy pre každé letisko, na ktorom poskytuje služby. Príslušnému orgánu predloží dokumenty GOM a zoznam alternatívnych prostriedkov preukázania zhody používaných pri GH, pokiaľ možno v elektronickej podobe, v lehote spoločne dohodnutej s príslušným orgánom po predložení vyhlásenia a všetky aktualizácie v dostatočnom predstihu pred inšpekciou dohľadu alebo auditom príslušného orgánu. Zámerom vyhlásenia je, aby organizácia GH potvrdila svoje povinnosti vyplývajúce z platných bezpečnostných predpisov a že je držiteľom všetkých potrebných povolení, ktoré môžu vyžadovať miestne alebo vnútroštátne orgány na dodržiavanie iných platných požiadaviek, informovala príslušný orgán o existencii organizácie GH a umožnila príslušnému orgánu plniť jeho povinnosti v oblasti dohľadu [19].

Organizácia GH musí vytvoriť systém dokumentov a záznamov ako súčasť svojho systému riadenia. Organizácia GH zabezpečí, aby boli všetky dokumenty a záznamy prístupné zamestnancom, ktorí ich potrebujú na služobné účely alebo pre orgány, kedykoľvek je to potrebné. Organizácia GH musí zabezpečiť, aby boli zamestnanci pred vykonávaním pridelených úloh riadne vyškolení a preukázali svoju spôsobilosť v konkrétnych povinnostiach. Organizácia GH musí mať ako súčasť svojho systému riadenia postup, ktorým zabezpečí, aby pozemné obslužné zariadenia (GSE) používané na poskytovanie služieb pozemnej obsluhy. Organizácia GH v rámci svojho systému riadenia musí vypracovať a vykonávať program údržby s cieľom udržiavať systémy a vybavenie potrebné na poskytovanie služieb GH v takom prevádzkovom stave, ktorý neohrozuje bezpečnosť osôb, lietadiel a iných vozidiel alebo vybavenia, pravidelnosť a efektívnosť prevádzky [19].

Organizácia GH môže začať prevádzku na letisku, ak oznámila svoju činnosť príslušnému orgánu, informovala prevádzkovateľa letiska o svojom zámere začať poskytovať služby na tomto letisku a uzavrela s týmto prevádzkovateľom letiska formálnu dohodu v súlade s nariadením (EÚ) 139/2014. Súčasťou nariadenia (EÚ) bude aj vzor vyhlásenia, ktoré potrebné predložiť dozornému orgánu. Zjednodušene, po splnení všetkých požiadaviek a zavedení príslušných postupov vykoná organizácii GH dozorný orgán certifikačný audit, na ktorom vyhodnotí splnenie požiadaviek o udelení osvedčenia [19].

5.1. Príprava na prijatie navrhovaného nariadenia v SR

S cieľom zistiť súčasný stav prípravy na prijatie nového nariadenia z dielne EASA sme kontaktovali divíziu civilného letectva Dopravného úradu SR. Podľa nového nariadenia by mal Dopravný úrad pôsobiť ako príslušný orgán zodpovedný za dohľad nad organizáciami poskytujúcimi služby GH na slovenských letiskách, na ktoré sa vzťahuje nariadenie (EÚ) 2018/1139 a za prijímanie deklarácií od týchto organizácií. Dopravnému úradu bol prostredníctvom e-mailovej komunikácie zaslaný dotaz, ktorý obsahoval dve otázky:

- Ako pristupuje slovenský dozorný orgán ku prechodnému obdobiu (*transition period*), ktorá by mala byť 3 roky, prípadne 5 rokov od účinnosti tohto nariadenia, kedy bude prvýkrát auditovať organizácie poskytujúce GH. Bude dozorný orgán využívať maximum tohto času alebo je už prípadne plán auditov, ktoré budú vykonávané?
- Ako sa bude slovenský dozorný úrad stavať k akceptácii GH organizácie, ktorá už bude auditovaná podľa certifikátu ISAGO vzhľadom na fakt, že EASA *rules* budú vychádzať z *industry standards*, ktoré stoja na základe od IATA.

V dotaze sme nežiadali finálne stanovisko, cieľom bolo sa informovať, či v súčasnej dobe už prebiehajú jednania ohľadom pripravovaného nariadenia.

Odpoveď od Dopravného úradu: „Dopravný úrad v súčasnej dobe vykonáva štátny odborný dozor organizácií vykonávajúcich pozemnú obsluhu lietadiel tzv. iné podnikanie v civilnom letectve v súlade s kompetenciami a ustanoveniami § 45 a § 49 zákona č. 143/1998 Z. z. o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov. Nakoľko však nové nariadenie Komisie pre pozemnú obsluhu lietadiel nebolo ešte oficiálne uverejnené v Európskom úradnom vestníku (bol len vypublikovaný Opinion No 01/2024) Dopravný úrad je len v prípravnej fáze a to nastavením národnej legislatívy (zmena leteckého zákona a príslušných právnych predpisov) až po zmene/aktualizácii národnej legislatívy bude Dopravný úrad nastavovať ostatné procesy ako aj proces auditovania GH organizácií v súlade s novým nariadením. V novom nariadení pre GH organizácie je jasne uvedené dokedy a ako formou majú GH organizácie predkladať tzv. Vyhlásenia (*Declaration*) a príslušné dokumenty ako aj dokedy dozorný orgán má vykonať audit u daných organizácií. Zároveň by som Vás chcela informovať, že Dopravný úrad nebude suplovať IATA pri certifikácii GH organizácii podľa ISAGO aj napriek tomu, že nové GH nariadenie vychádza ako uvádzate: z *industry standards*, ktoré stoja na základe od IATA.“

Z odpovede od Dopravného úradu vyplýva, že v súčasnej dobe nie je pozornosť zameraná na prípravu prijatia navrhovaného

nariadenia. Dá sa predpokladať, že po jeho prijatí Dopravný úrad bude krok po kroku postupovať podľa nariadenia, keďže bude záväzné.

6. Záver

Nové navrhované nariadenie (EÚ) o pozemnej doprave so sebou prináša množstvo zmien. Pri používaní priemyselných noriem a osvedčených postupov na dosiahnutie súladu s nariadením by organizácia mala zabezpečiť, aby spĺňali kritériá bezpečnosti a kvality. Organizácia GH by mala identifikovať a zdokumentovať odchýlky od použitých odvetvových noriem. Ak sa to považuje za relevantné, mala by vypracovať posúdenie bezpečnostných rizík týchto odchýlok. Používanie priemyselných noriem a interných kontrol dodržiavania predpisov - organizácia GH by mala uplatňovať svoju funkciu monitorovania súladu s cieľom zabezpečiť nepretržité dodržiavanie tohto nariadenia pri používaní odvetvových noriem a osvedčených postupov na dodržiavanie nariadenia. Pri používaní poskytovateľa služieb tretej strany na overenie súladu s odvetvovými normami by si organizácia GH mala naďalej uvedomovať, že súlad s odvetvovými normami a osvedčenými postupmi preukázaný prostredníctvom odvetvových auditov tretej strany automaticky nezaručuje súlad s vykonávacími predpismi [19].

Situácia teda pôsobí tak, že zatiaľ čo bude certifikácia od EASA povinná na základe nariadenia, ktoré by malo vyjsť do platnosti do konca roka 2024, certifikát ISAGO bude aj naďalej dôkazom používania postupov a noriem, ktoré sú preukázateľne osvedčené. Dozornému orgánu, ktorý bude poverený certifikovať organizácie GH v krajine svojho pôsobenia, by mohlo zjednodušiť rozhodovanie o udelení osvedčenia aj fakt, že ak organizácia dlhodobo dokáže spĺňať požiadavky IATA, je to predpokladom na riadne spĺňanie požiadaviek od EASA. Aj keď sa v prípade Slovenska Dopravný úrad vyjadril, že nebude suplovať IATA pri certifikácii organizácie GH podľa ISAGO (čo sa koniec koncov od neho ani neočakáva), mohol by tento certifikát brať do úvahy aspoň z vyššie uvedeného pohľadu.

Nakoniec bolo nutné zhrnúť postupy a požiadavky, ktoré bude musieť organizácia poskytujúca služby GH splniť, aby mohla byť certifikovaná podľa nového nariadenia (EÚ). Požiadavky ako predloženie vyhlásenia príslušnému orgánu, požiadavky na riadenie, výcvik personálu, dokumentácia a pod. sa budú týkať plošne všetkých organizácií v Európskej únii. Je teda len otázkou času, kedy sa ukáže, či sa na základe nového nariadenia zlepšila bezpečnosť pri vykonávaní činností spojených s pozemnou obsluhou, keďže práve to je jedným z hlavných dôvodov prípravy nového nariadenia.

Referencie

- [1] European Union Aviation Safety Agency (2024). Annex to EASA Opinion No 01/2024. Online. Dostupné na: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/139245/en>. [citované 2024-02-27]
- [2] European Union Aviation Safety Agency (2024). Opinion No 01/2024. Online. Dostupné na: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/139247/en>. [citované 2024-02-27]
- [3] European Union Aviation Safety Agency (2024). Notice of Proposed Amendment 2023-106. Online. Dostupné na:

<https://www.easa.europa.eu/en/downloads/139240/en>. [citované 2024-04-05]

- [4] International Civil Aviation Organization (2019). Doc 10121 Manual on Ground Handling. First Edition. Published under the authority of Secretary General. ISBN 978-92-9258-821-2. [citované 2024-04-11]
- [5] International Air Transport Association (2024). Airlines. Online. Dostupné na: <https://www.iata.org/en/youandiata/airlines/>. [citované 2024-04-17]
- [6] International Air Transport Association (2024). Ground Operations. Online. Dostupné na: <https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/ground-operations/>. [citované 2024-04-11]
- [7] Smernica Rady 96/67/ES z 15. októbra 1996 o prístupe k trhu služieb pozemnej obsluhy na letiskách spoločenstva
- [8] Zákon č. 143/1998 Z.z. o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- [9] BTS AERO (2024). Letecké spoločnosti. Online. Dostupné na: <https://www.bts.aero/lety/letecke-spolocnosti/>. [citované 2024-04-17]
- [10] International Air Transport Association (2024). Airline list. Online. Dostupné na: <https://www.iata.org/en/about/members/airline-list/>. [citované 2024-04-17]
- [11] International Air Transport Association (2024). IATA Ground Operations Manual (IGOM). Online. Dostupné na: <https://www.iata.org/en/publications/store/iata-ground-operations-manual/>. [citované 2024-03-22]
- [12] International Air Transport Association (2024). IGOM Implementation and Standardized Procedures. Online. Dostupné na: <https://www.iata.org/en/training/courses/igom-implementation-standardization/tapp41/en/>. [citované 2024-03-22]
- [13] Airways Mag (2024). EASA EU Wide Regulation for Safer Ground Handling. Online. Dostupné na: <https://www.airwaysmag.com/easa-eu-wide-regulation-safer-ground-handling>. [citované 2024-03-22]
- [14] Regional Gateway (2024). EASA's EU-wide ground handling regulation to increase safety and security. Online. Dostupné na: <https://www.regionalgateway.net/easas-eu-wide-ground-handling-regulation-to-increase-safety-and-security/>. [citované 2024-03-22]
- [15] European Union Aviation Safety Agency (2024). Acceptable Means of Compliance and Guidance Materials. Online. Dostupné na: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/acceptable-means-of-compliance-and-guidance-materials>. [citované 2024-03-22]
- [16] International Air Transport Association (2023). IATA Ground Operations Manual. Edition 12. [citované 2024-03-22]

- [17] European Union Aviation Safety Agency (2024). ANNEX 1 to NPA 2023-106. Online. Dostupné na: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/139235/en>. [citované 2024-02-10]
- [18] European Union Aviation Safety Agency (2024). Draft AMC and GM to the Regulation. Online. Dostupné na: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/139255/en>. [citované 2024-02-10]
- [19] European Union Aviation Safety Agency (2024). ANNEX 1 to NPA 2023-106. Online. Dostupné na: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/139235/en>. [citované 2024-02-10]



OPTIMISATION OF AIRPORT AIRSIDE OPERATIONS AND REDUCTION OF AIRCRAFT DELAYS

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

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

Abstract

The demand for air transport has a rising tendency over the years. This leads to more and more aircraft movements at a given time. This increase may lead to traffic congestions and an increase in aircraft delays. Airports cannot expand indefinitely and therefore they need to look for other options to mitigate the congestions. The main objective of this paper is to increase airport airside efficiency and thus reduce aircraft delays at a chosen airport. Second chapter is dedicated to currently deployed solutions at airports and theories discussed among researchers which may help the cause. Fifth and sixth chapter focuses on airport airside efficiency at the Dubai International Airport. An in-house software solution for tracking ADS-B data is used for these needs. Output of this paper is an analysis of airport operations at the airport and recommendations are made to increase airport airside efficiency and reduction of aircraft delays.

Keywords

Airport airside efficiency, aircraft delays, AIXM, Dubai International Airport, information exchange models, ADS-B data, digital twin.

1. Introduction

It has always been a case that the aviation industry is being considered as one of the biggest technological pioneers in the world and it is very true from the point of view of the development of new technologies in aircraft as they seek to get them to the best point of operational efficiency, friendliness to the environment and safety alongside security. However, the opposite is true for the providers of air navigation services, or even the airports themselves. Airports have already gone through digitization, a process of converting analogue information into digital format, but many times they lack in the regard to digital transformation. Digital transformation aims to integrate more advanced digital solutions to already digitalized services, in order to achieve even better work efficiency. There are multiple solutions, which are being brought to the market and are being tried to be adapted by various aeronautical stakeholders. Aim of this paper is to bring a solution which tries to enhance airport airside efficiency. This leads us to the issue of AIXM and how its data is currently being used and what potential it has.

2. State of the Art

The aviation industry is characterised by long-term growth. It may not grow every day and rapidly, but more importantly it is steadily rising in the long term. Over the last couple of decades there have been particular setbacks which brought the aviation business to a halt, and it had to start over. However steadily over the years it regained its traction and got back on its feet which resulted in growth. The most recent notable event was the Covid-19 pandemic which caused a significant reduction of air travel, but nevertheless after just 2 years we saw flourishing numbers.

To accommodate these growing numbers of aircraft movements, new airports or additional infrastructure to existing

airports have to be built if aviation industry wants to grow even more. Airport capacity constraints have a serious impact on the future development of air traffic and therefore capacity enhancements have to be made to mitigate the airport constraint due to the sheer amount of air traffic as stated by **M. C. Gelhausen et al. (2013)** [1]. According to a study by **D. Lubig et al. (2021)**, a 10 % capacity increase at London Heathrow decreases inbound and outbound delay by 42 % and 80 %. Alongside air traffic congestions there also may be increased direct or indirect costs, such as increased operating, fuel, and maintenance costs for the airlines[2]. To allow greater amounts of traffic, airports have to expand in size. For an airport to handle the traffic congestions, expansions are inevitable [3]. However, everyone has their limits of some kind and airports are not an exception to the rule. Frequently, the place to do a physical expansion is not sufficient and airports cannot expand infinitely. It just may not be feasible to build new aprons with terminals or runways due to political, environmental, economic, and geological constraints as stated by **L. Yu-Hsin (2010)** [4]. In a study made by **M. Schrefl et al. (2022)** it has been recognized that it is important to advance technologically because automation is a possible solution to decreasing workloads and thus improving work efficiency [5]. Possibly the most famous concept solution is from EURONCONTROL. It is called "Airport Collaborative Decision-making" and works closely with the ATFCM network. It aims to improve the efficiency and resilience of the airport operations by optimising the use of resources and improving the predictability of air traffic. It is achieved by encouraging the airport stakeholders, such as airport operators, airlines, ground handlers and air traffic control alongside with the network manager to work more transparently and collaboratively, exchanging relevant accurate and timely information [6]. Other solution to reduce flight delays and optimise airside operations is by leveraging a so-called digital twin of an airport. Real-time alerts are possible when a vehicle or equipment is missing at an aircraft parking stand. This solution is deployed for example at Hong Kong Airport, and it

improves operational efficiency by reducing aircraft turn-around time [7]. Alongside the systems used in the world, there are also scholars who try to address this topic of mitigating air traffic congestions. One of the whitepapers is a one by **H. F. Fernandes and C. Müller (2019)**. They try to approach the problem of airside efficiency by creating a mathematical model which would allow to create the best way to sequence aircraft for departure and arrival. This problem may be mitigated by an appropriate sequencing of runway landing and take-off operations, thus increasing the efficiency of the whole airport. [8].

Tools and program are being proposed as a solution to better planning and coordination. **S. Chen et al. (2023)** in their paper created such a multi-agent planning and coordination tool for automated aircraft ground handling [9]. Research by **Ch. Stergianos et al. (2016)** has shown that the pushback process is pretty much interlined with aircraft delays that happen. When looking for the best sequencing order it is necessary to consider departing aircraft and the consequent blockage of an apron due to being pushed and while they start their engines [10]. Another paper published as a NASA report by **Ch. Bosson et al. (2015)** tries to achieve the same results as the study before. An algorithm was developed to be capable of computing optimal aircraft schedules and routing that reflect the integration of air and ground operations.

A study made by **J. Ma et al. (2019)** created a very complicated model at a macroscopic level which incorporated all of the knowledge we previously mentioned. This includes different airside components, aircraft speed, arrival and departure times, traffic sequencing and runway assignments. All of these aspects are factored in, and they are part of their computational experiments. The study was conducted at the Paris Charles De-Gaulle airport and one of the solutions applied, showed a decrease of 37 % of arrival delays and 36 % of departure delays, compared to the baseline case. They also concluded and confirmed that adjacent airspaces of airports, e.g. terminal manoeuvring areas, are the major bottlenecks of the air traffic management [11].

Literature review shows that scholars are mainly trying to address the problem by using mathematical algorithms, simulations and creating planning tools. They might work as a standalone solution but in order to fully achieve their potential, it is important for the tools to communicate with other systems used by the airport's departments. For example, if we take the A-CDM concept, multiple stakeholders are communicating between each other to exchange critical information. That is not possible, if each solution uses its own program language, which is unable to be de-coded by other airport department's programs. Therefore, it is wise, in order to advance forward, to use a standardized computer language, which enables communication between each solution.

2.1. Information Exchange Model

Just like as we humans exchange information, computers and their programs also need to exchange their data with each other. The integration of such model into our programs allows simpler electronic communication and faster exchange of data with each other. In practice, this means that a standardized computer language is created to exchange information that can be easily read by selected programs after the given language

implementation. Several such standardised models exist. This paper focuses on one of them called the Aeronautical Information Exchange Model (AIXM). it was meant to be used by the European AIS Database project by EUROCONTROL, but nowadays it has evolved into a computer language for the encoding and the distribution of digital aeronautical data used globally [12].

2.2. AIXM

AIXM provides an Extensible Markup Language (XML) schema that enables the coding of the aeronautical information that needs to be collected, managed, and provided by the Aeronautical Information Services (AIS). AIXM supports 4 basic data sets used by the AIS. It comprises of Aeronautical Information Publication, Instrument Flight Procedures, Obstacle and Airport Mapping data sets [12]. The system enables encoding of all parts of AIP and thus including its whole content in the 3 main sections - general, en-route, and aerodromes [13, 14]. And while the main usage of AIXM is in civilian operations, it has also practical use-case in military operations. A case study made by **R. Jardim et al. (2022)** showed the possibility of AIXM being used in them. The Brazilian army currently uses AIXM for storing geographic information and shares it with other Brazilian military branches. [15].

2.2.1. Digital Data Sets

A data set is data organized into a type of a structure. It is important to note that a data feature may appear in multiple data sets at once. For the purposes of increasing airport airside efficiency, we take a closer look at the Aerodrome Mapping Database (AMDB) and its applicability [16].

2.2.2. Aerodrome Mapping Database

The first step for creation of a digital database is to gather all available data for the purpose of compiling. After we successfully perform that, we organize and arrange the data into a database. AMDB supports requirements for collaborative decision making, common situational awareness and aerodrome guidance solutions in the following air navigation applications: position and route awareness including moving maps with own ship position, surface navigation, traffic awareness including surveillance and runway incursion detection with alerting service [14, 17].

2.3. The Use of AIXM in Air Transport Research

As AIXM just started being more widely used in the recent years, there are not many papers who explore the possibilities with AIXM. Nevertheless, couple of them exist and they do showcase the applicability of AIXM in the real world and how it can achieve better airside efficiency.

A study made by **S. Egami et al. (2020)** showed the possibility of building ontologies based upon various exchange models, which enhance operational efficiency. The aviation industry is always expanding and so are the numbers of air traffic movements. AIXM supports the creation of systems which improve the safety and efficiency of aircraft operations. Not only these systems allow for the better handling of those traffic numbers but also allow increasing them by enabling cross-department information exchange [18]. The recent moves into the direction

of global information standardization within the aviation industry has triggered an increased demand for aviation data to be readily available, accurate and easy for each party to use. Paper by **W. Rahayu et al. (2012)** states that system used in aviation are mainly old proprietary disparate systems so there is a growing need for a system which could act as a collaborative decision support system, where the right data can be used at the right time and by the right users. AIXM is the core standard model for data transmission and format conversion [19]. The **B. Ren and Y. Jiang (2021)** study explains that the extensibility of the data exchange model can be used to expand the corresponding data structure even more according to the characteristic of different national air traffic control systems and special business rules requirements [38]. A case study was done by **C. Morales and S. Moral (2016)** with the aim of modelling aircrew information management for estimation of situational awareness. Standards such as AIXM, will probably be widely implemented into electronic flight bags (EFBs) in the future [20]. Research on application modelling and visualization based on aviation information exchanged model was done by **X. Lai and J. Hu (2020)**. AIXM defines various aviation features which can be come across during the whole duration of a flight. These features can create a spatial simulation using computer visualization technology based on AIXM and therefore help flight operators, control personnel and other aviation entities to establish a better situational awareness and improve the flight safety [21]. The drone industry is also growing, even amongst the general public. **L. Xin et al. (2024)** case study created a helicopter path planning method based on AIXM obstacle dataset. It was used as the main source of aeronautical data in the aeronautical information exchange network and designed a method of AIXM structured obstacle data. This resulted in a reduction of the numbers of helicopter turns and ensured the safe distance between the flight path and the obstacles. Even though it was used for flight planning it is safe to assume it could be expanded to real-time operations and decision making. This same approach could be implemented into drones or other autonomous aeroplanes and increase airport airside efficiency [22].

Literature review suggests that the main point of the studies is to introduce AIXM and its use-cases. Between the scholars, it is widely agreed that AIXM provides a mean of enhancing air operations without evident drawbacks. Therefore, this paper takes advantage of the flexibility of AIXM data and brings a practical solution to enhancing airport airside operations. In the recent years, airport planners started to use simulations to predict traffic at their airports to anticipate better evolving traffic at their current taxi layouts. **M. Sabic et al. (2021)** created a model that includes an airport and airspace simulation software in conjunction with prediction models [23]. One exemplary use case was showcased by **K. Dönmez et al. (2022)** where they ran a simulation on the Samsun Çarşamba Airport in Turkey with a proposed taxiway system and found out it can significantly reduce airborne delays, departure queue delays and runway occupation times compared to a backtrack system [24]. This is where our paper steps in and uses the flexibility of AIXM data to change the layout of an airport's digital-twin and simulations are run to find better solutions for the optimization of airport airside efficiency.

3. Scope, Purpose, Objectives

Scope of this paper is twofold. It focuses on the optimization of airside efficiency and in addition, it focuses on the use and exchange of aeronautical data and its application in the airport airside operations. Second chapter is dedicated to solutions how the reduction of aircraft delays is accomplished. It describes mathematical algorithms and formulas, which enable to sequence airplanes in such way that the airport's traffic output is at its maximum. One of the objectives of this paper is to bring awareness about the problems caused by air traffic congestions at various levels and how they are all connected. Additional objective is to find a solution to optimize airport airside efficiency and consequently reduce aircraft delays at a chosen airport. In this paper AIXM data of a digital twin airport are utilized. In the second step a simulation is used at the airport of our choice. According to the simulation, two key performance indicators (KPIs) are looked at. The first one is taxi time and the second KPI is fuel consumption of a given aircraft. The main limitation of this paper is how the data for KPIs are obtained. It relies on publicly available ADS-B data, which can be missing at ground level. This may lead to not-so-true accurate data. The reason why we chose to explore the taxiway re-design possibilities with AIXM is because during our literature review, we did not come across any papers trying to achieve our goal by proposing similar steps. With a help of an in-house software, it is possible to change taxiway layouts very quickly, because AIXM data is very flexible.

4. Research Methodology

The research part of this paper is an analysis and made in conjunction with a business company, who is able to provide their in-house software to utilize AIXM data for airport airside simulations. Simulations are run at the airport and allow us to analyse current airside operations at it. This is quantitative research, where we obtain exact and objectively verifiable data. Based on observations seen in our KPIs, results are presented. They form a baseline from which we try to find a solution to optimize airport airside efficiency. We try to achieve the goal by re-designing current taxiway layout at our chosen airport by creating, relocating, or removing taxiways. In chapter 6 we use comparative methodology and compare these new KPIs to the old ones. A conclusion is made, whether the optimization of airport airside efficiency with the consequent aircraft delay reduction was achieved or was not.

5. Current Airside Operations and Aircraft Delays at a Chosen Airport

We have decided to explore the possibilities of enhancing operational airside efficiency at Dubai Airport. It is an airport which has multiple active aircraft movements in a given moment and has already a quite extensive taxiway infrastructure.

5.1. Dubai International Airport

Dubai has two main runways which are parallel to each other. Runway 12L and 12R, runway 30L and 30R. The runways are separated by taxiway M, which follows alongside the whole length of the RWY systems. The airport could be divided into three main segments. The first, northern segment, has Terminal 2 with Apron E. The second, middle segment, is located between the two runways and mainly consists of the taxiway M. It is used

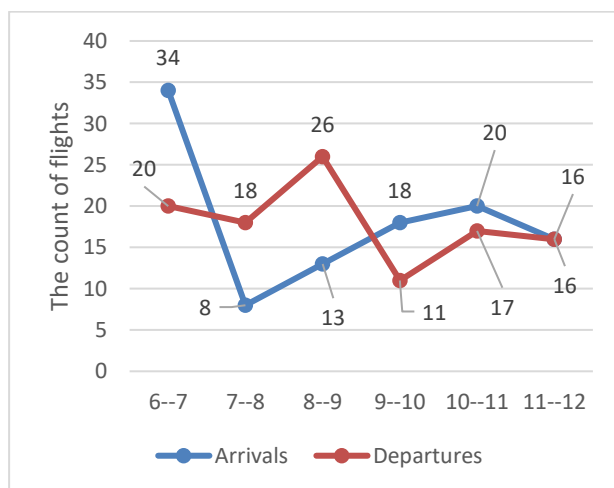
as a connection between the RWY ends and ATCOs sequence departing traffic on it. In a case of a wind from the SW to NE in a clockwise direction, Dubai uses runway 30L as the main landing runway and runway 30R as the main runway for departures. In a case of a opposite wind from the SW to NE in an anti-clockwise direction, then the main runway for landings is 12L and for departures runway 12R. This rule also applies in low-visibility operations. The third, southern segment, covers Terminal 1 and Terminal 3.

5.2. Simulation Tool

The team at “NG Aviation” has provided us with a simulation tool, called “NG-AviaSIM” which can observe live ADS-B traffic and record the data for future reference. It is an in-house software solution developed by them. It utilizes AIXM 5.1 data for visualisation and information access in 2D and 3D view. The live ADS-B data are recalculated in post-processing after the ground movement of an aircraft has finished. This process allows the calculation of multiple possible KPIs. These include taxi times, fuel consumption, average thrust levels and emissions produced (CO, HC, NOx). In order to find out KPIs of specific taxi routes, manually created simulations can be used. All other flights which are being simulated, are displayed to the user in the Preview mode. It also supports conflict detection. When a collision is detected, the user is notified, and he must make a manual change to the flight - adjusting the taxi route or defining a holding position on the route.

5.3. Airside Operations

For our purpose, live ADS-B data was recorded for Dubai Airport. We decided on morning traffic starting from 6 o’clock until 12 o’clock. The following ADS-B data was recorded during the morning of the 18th of April 2024. In total 217 aircraft movements were made in the 6-hour morning window. In the following graph, we see the traffic evolution for every hour. Out of the six hours, we have chosen a time period when peak traffic was experienced. On this date, it was experienced between 06 and 09 o’clock in the morning.



Graph 1. Traffic evolution at Dubai Airport on the 18th of April '24. Source: [NG-AviaSIM]

5.3.1. Arrivals

In total 55 aircraft movements were recorded. Average taxi-in time was 3 minutes and 11 seconds. In fact, half of the flights were shorter than 1 minute and 32 seconds. These numbers are quite impressive for an airport of such extent. However, during a close examination of the gathered data we find out that they are incomplete. This is the shortcoming of this paper. This is caused by the nature how the simulation tool obtains ADS-B data. It uses publicly available data on internet sites to download them in real time. These ADS-B data providers rely on community-made ADS-B capable antennas and receivers. Many times, these are mounted in not so suitable locations to be able to continuously capture all the ground movements at an airport reliably. Once the signal is lost, the simulation tool stops recording the data and ends the flight, even though the flight re-appears minutes later at a different position. However, all arrival simulations may be manually re-generated, with their full real life taxi routes. This comes at a great cost, because the manual simulation cannot replicate position holds, taxi speeds, and other operational restrictions of the real flight which were encountered during the live ADS-B data simulation. This means, that all values are going to be the most ideal case, where the flight reaches its gate in the shortest possible time without restrictions. In other words, the manual simulations are at a theoretical level, of what the airport and aircraft are able to achieve together.

As a showcase we use flight EK184. According to the raw data of the simulation tool the taxi time of the flight was 6 minutes and 37 seconds. In the case of this flight EK184, no adjustments were needed to the taxi route. However, it serves as a prime example how the re-generated simulation does not consider the real taxi speeds and other factors. In the re-generated simulation of the flight, we see a taxi time of 5 minutes and 22 seconds. And as we have noted earlier, compared to the real live ADS-B taxi time, this re-generated taxi time is well over a minute faster. Therefore, all simulations from now on are going to be in ideal conditions. In the table below, we have average taxi time and total fuel consumption.

Table 1. Re-generated KPIs for arrival flights. Source: [NG-AviaSIM]

Arrivals (36 flights)	
Avg. taxi-in time (mm:ss)	07:50
Median of taxi-in time (mm:ss)	08:30
Fuel consumption (kg)	16 386

5.3.2. Departures

As for departures the average taxi-out time, on a sample of 64 flights, was 16 mins and 42 sec. Median was just 2 seconds shorter. These numbers are quite believable and may depict the real traffic at the airport. However, arrivals and departures at an airport cannot be separated. Arrivals influence departures, and departures influence arrivals. It is a never-ending loop, which cannot be broken during live operations. Therefore, departures must be also manually re-generated, like it is the case with arrivals. This brings both of them on the same theoretical level, where we can see ideal operations without interruptions. We have re-generated all of the ADS-B traffic that we were able to.

Table 2. Re-generated KPIs for departure flights. Source: [NG-AviaSIM]

Departures (48 flights)	
Avg. taxi-in time (mm:ss)	07:39
Median of taxi-in time (mm:ss)	07:48
Fuel consumption (kg)	18 029

The total number of departures we work with is 48. The average taxi-out time is very similar to arrival's taxi-in, with a negligible difference of 10 seconds. However, the median is way lower compared to the arrivals and around 42 seconds less. In the table below we have a direct comparison between arrivals and departures after the re-generated simulations.

Table 3. Comparison of ARR and DEP KPIs. Source: [NG-AviaSIM]

Departures (84 flights)	ARR	DEP
Avg. taxi-in time (mm:ss)	07:50	07:39
Median of taxi-in time (mm:ss)	08:30	07:48
Fuel consumption (kg)	16 386	18 029

5.3.3. Arrival and Departure Flows

During our recording session of live ADS-B data, there was a north-westerly wind, which caused the airport to adapt the runway 30L as the main landing one, and runway 30R as the main one for take-offs. Dubai Airport does not have published standard taxi routes in the UAE AIP. This opened the question, what are standard procedures for taxiing and sequencing of aircraft.

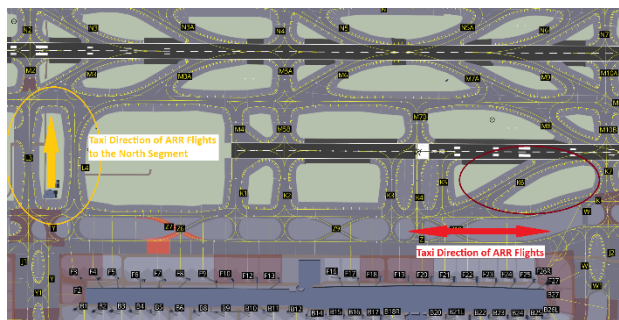


Figure 1. Standard arrival taxi flows during runway configuration of 30L and 30R. Source: edited by author [NG-AviaSIM]

Almost all of the arrivals did utilise rapid exit taxiways (RETs) to the left of the landing runway 30L. As they vacated the runway, for instance by using RET K6 (burgundy ellipsoid in figure 17), they joined main taxiways alongside the third segment of the airport, as depicted by red arrows in the figure. If flights wanted to get to the first segment, they joined taxiways L3 and L4, as depicted by the orange circle and arrow. In this runway configuration, flights to segment 1 of the airport, have a long non-direct taxi route. These flights were not always taking advantage of the RETs, to the right of the landing runway, which would mean shorter distances. As for departures, ATCOs were

sequencing traffic from the third segment of the airport by using taxiway L3, L4 and taxiway M, which is in between the two runways. This is the reason, why perhaps the landing aircraft on runway 30L do not always take RETs to the right. Aircraft taxiing for departures would end up head on with the landing aircraft.

6. Modelling of Solutions for Optimised Airside Operations and Reduced Aircraft Delays at a Chosen Airport

Dubai airport has a mature and extensive network of taxiways. If there is a room for improvement, then it is going to be a very small one. Both of the runways have multiple rapid exit taxiways at the recommended distances from runway thresholds by ICAO's Aerodrome Design Manual to accommodate the most traffic [48]. Taxiways are everywhere and they are all connected in multiple ways with each other. After careful consideration, we have decided to explore a possibility of enhancing airport airside efficiency by adding a perpendicular taxiway to runway 12L/30R.

6.1. Proposal With a Perpendicular Taxiway to RWY 30L

It would be located at the halfway mark of the runway, thus connecting taxiway M and N together. This could allow one more direct connection between these two taxiways. Observations of live ADS-B data in NG-AviaSIM showed us that, when runways 30L and 30R are in use and after landing on 30L, RETs to the right are rarely used. This can be due to the fact that they lead onto taxiway M, which is primary taxiway for sequencing departing aircraft. However, if operations permit and no aircraft are taxiing on M for departure, then ATCO's may use it to create a shortcut to northern part of the airport. In fact, we were able to observe two flights, which used this shortcut, when they wanted to get to the northern part of the airport.

NG Aviation has provided us with another tool called "NG AIME Data Creator". It is a tool that is used for the creation of AIXM data. In our case it allows us to easily create the new proposed taxiway. In the figure below we see a snippet of how the new taxiway was made. It is highlighted by the green outline.

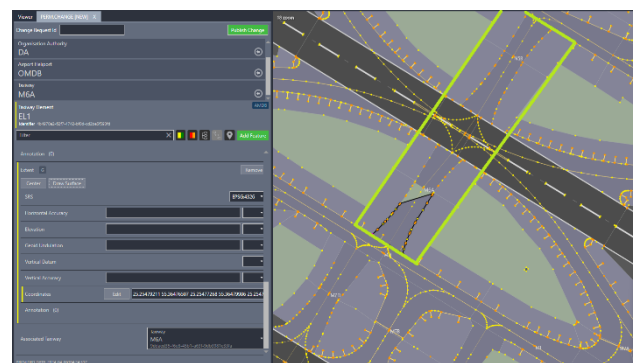


Figure 2. Design of a fictional taxiway M6A. Source: edited by author [NG AIME Data Creator]

After the data creation process, the new repository is uploaded into the NG-AviaSIM tool, and the airport is correspondently updated. The following figure showcases what the final output looks like.



Figure 3. Proposed new taxiways and their distance to RET M8. Source: edited by author [NG-AviaSIM]

This proposed change halves the distance, of the next possible turn to the right to get onto taxiway N, after an airplane has vacated runway 30L via RET M8 (indicated by red arrow). The old distance was approximately 900 metres (orange line) and now it is only 450 metres (green line) as seen in the illustration above. An if an airplane vacates via M11 as mentioned earlier, then the distance reduced from 1 300 metres to 830 metres. Therefore, this allows a bigger margin for ATCOs to work with in order to allow airplanes to use the RETs located to the right after landing and shortening the taxi routes.

In the end we use the simulation once again to re-generate existing flights that can utilize the new taxiways. In total, there were 5 arrivals out of the 36, that could use the new taxiways while respecting the outbound flow. In the next table, we compare old and new KPIs of all traffic together at the airport.

Table 4. KPIs comparison of all ARR and DEP traffic together. Source: [NG-AviaSIM]

KPIs	Old values	The difference	New values
Avg. taxi time (mm:ss)	07:44	-00:12	07:32
Median of taxi time (mm:ss)	08:04	-00:32	07:32
Fuel consumption (kg)	34 415	-453	33 962

7. Conclusions

In theory we have optimised the traffic situation of Dubai Airport’s airside operations with this solution. We have met our goal of improving airport airside efficiency and reduction of aircraft delays. We achieved this by shortening taxi-in for arrival and aircraft. Average taxi time was reduced by 12 seconds, which is an improvement by 2,5 %. The median was reduced by 32 seconds, which corresponds to an improvement of 6,6 %. On the other hand, we have not seen a big reduction in total fuel consumed. The 453 kilograms of fuel saved equals to an improvement of 1,3 %. However, over a longer period of operations, even the smaller percentage may create a significant difference.

In theory, it is faster and ATCOs have more options to route traffic. However, this reduction is only possible if ATCOs are more precise with their sequencing and timing. And moreover, the solution could be used only if the traffic situation permits. It all comes down to the airport management if the proposed solution and its cost is worth the saved time and fuel.

Acknowledgement

This publication was realized with support of Operational Program Integrated Infrastructure 2014 - 2020 of the project: Intelligent operating and processing systems for UAVs, code ITMS 313011V422, co-financed by the European Regional Development Fund



EUROPEAN UNION
European Regional Development Fund
OP Integrated Infrastructure 2014 – 2020



MINISTRY
OF TRANSPORT
AND CONSTRUCTION
OF THE SLOVAK REPUBLIC

References

- [1] GELHAUSEN, Marc C. (2013). Do airport capacity constraints have a serious impact on the future development of air traffic? *Journal of Air Transport Management*, 2013, vol. 28, p. 3-13. ISSN 1873-2089. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2012.12.004>. [cited 2024-02-16]
- [2] BALL, Michael et al. (2010). Total Delay Impact Study: A Comprehensive Assessment of the Costs and Impacts of Flight Delay in the United States. Available at: https://www.researchgate.net/publication/272202358_Total_Delay_Impact_Study_A_Comprehensive_Assessment_of_the_Costs_and_Impacts_of_Flight_Delay_in_the_United_States. [cited 2024-02-16].
- [3] MIRKOVIC, Bojana (2011). Airport Apron Capacity Estimation – Model Enhancement. *Procedia – Social and Behavioural Sciences*, 2011, vol. 20, p. 1108-1117. ISSN: 1877-0428. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.08.120>. [cited 2024-02-16].
- [4] YU-HSIN, Liu (2010). A genetic local search algorithm with a threshold accepting mechanism for solving the runway dependent aircraft landing problem. *Optimization Letters*, 2011, vol. 5, p. 229-245. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11590-010-0203-0>. [cited 2024-02-16]
- [5] SCHREFFL, Michael et al. (2022). Creating an ATC knowledge graph in support of the artificial situational awareness system. *Transportation Research Procedia*, 2022, vol. 64, p. 328-336. ISSN: 2352-1465. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.09.037>. [cited 2024-02-16].
- [6] EUROCONTROL (without date). Airport collaborative decision-making. Online. Available at: <https://www.eurocontrol.int/concept/airport-collaborative-decision-making>. [cited 2024-02-25].
- [7] UBUDU (without date). Leveraging the Digital Twin to reduce flight delays by optimising airside operations. Online. Available at: <https://ubudu.com/post/leveraging-the-digital-twin-to-reduce-flight-delays-by-optimising-airside-operations>. [cited 2024-02-19].
- [8] FERNANDES, H. Feuser and MÜLLER, C. (2019). Optimization of the waiting time and makespan in aircraft departures: A real time non-iterative sequencing model. *Journal of Air Transport Management*, 2019, vol. 79. ISSN: 0969-6997. Available at:

- <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2019.101686>. [cited 2024-02-16].
- [9] CHEN, Szu-Tung; ERMIS, Gulcin and SHARPANSKYKH, Alexei (2023). Multi-agent planning and coordination for automated aircraft ground handling. *Robotics and Autonomous Systems*, 2023, vol. 167, article 104480. ISSN: 0921-8890. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2023.104480>. [cited 2024-02-16].
- [10] STERGIANOS, Christofas et al. (2016). The importance of considering pushback time and arrivals when routing departures on the ground at airports. ICAOR 2016. Rotterdam 28-30 June. Available at: https://www.researchgate.net/publication/304581613_The_importance_of_considering_pushback_time_and_arrivals_when_routing_departures_on_the_ground_at_airports. [cited 2024-02-17].
- [11] MA, Ji et al. (2019). Integrated optimization of terminal manoeuvring area and airport at the macroscopic level. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2019, vol. 98, p. 338-357. ISSN: 1879-2359. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.12.006>. [cited 2024-02-19].
- [12] EUROCONTROL (without date). Aeronautical Information Exchange Model. Online. Available at: <https://www.eurocontrol.int/model/aeronautical-information-exchange-model>. [cited 2024-02-20].
- [13] AIXM AERO (without date). AIXM Change Control Board. Online. Available at: <https://aixm.aero/page/governance>. [cited 2024-02-20].
- [14] EURONCTROL (without date). Information Exchange Models. Online. Available at: https://ext.eurocontrol.int/aixm_confluence/display/ACGAMD/Information+exchange+models. [cited 2024-02-20].
- [15] JARDIM, Rafael et al. (2022). Design of a framework of military defence system for governance of geoinformation. *Procedia Computer Science*, 2022, vol. 199, p. 174-181. ISSN: 1877-0509. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.022>. [cited 2024-02-21].
- [16] TechTarget Contributor (without date). What is a data set? Online. In: TechTarget.com. Available at: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/data-set#:~:text=A%20data%20set%20is%20a,some%20type%20of%20data%20structure>. [cited 2024-02-21].
- [17] SKYBRARY (without date). Advanced Surface Movement Guidance and Control System (A-SMGCS). Online. Available at: <https://skybrary.aero/articles/advanced-surface-movement-guidance-and-control-system-smgcs>. [cited 2024-02-21].
- [18] EGAMI, Shusaku et al. (2020). Ontology-Based Data Integration for Semantic Interoperability in Air Traffic Management. 14th International Conference on Semantic Computing. San Diego, CA, USA, 03-05 February 2020. IEEE. P. 295-302. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/339906117-Ontology-Based-Data-Integration-for-Semantic-Interoperability-in-Air-Traffic-Management>. [cited 2024-01-21].
- [19] RAHAYU, Wenny et al. (2012). Moving towards a Collaborative Decision Support System for Aeronautical Data. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2012, vol. 23, p. 2085-2100. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/234834649-Moving-towards-a-Collaborative-Decision-Support-System-for-Aeronautical-Data>. [cited 2024-01-21].
- [20] MORALES, Carlos and MORAL, Serafin (2016). Modeling aircrew information management for estimation of situational awareness using dynamic Bayesian networks. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 2016, vol. 65, p. 93-103. ISSN: 1569-190X Available at: <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2015.11.008>. [cited 2024-01-21].
- [21] LAI, Xin and HU, Jingyu (2020). Research on Application Modeling and Visualization Based on Aviation Information Exchange Model. IOP Conference Series Materials Science and Engineering. Guangzhou, China, 27-29 December 2019. Available at: https://www.researchgate.net/publication/340490449_Research_on_Application_Modeling_and_Visualization_Based_on_Aviation_Information_Exchange_Model [cited 2024-01-21].
- [22] LAI, Xin and HU, Jingyu (2020). Research on Application Modeling and Visualization Based on Aviation Information Exchange Model. IOP Conference Series Materials Science and Engineering. Guangzhou, China, 27-29 December 2019. Available at: https://www.researchgate.net/publication/340490449_Research_on_Application_Modeling_and_Visualization_Based_on_Aviation_Information_Exchange_Model [cited 2024-01-21].
- [23] SABIC, Muharem; SIMIC, Edvin; BEGOVIĆ, Muhamed (2021). Airport Modeling Software as a Tool for Assessing Airport Complexity and Decision Making. 44th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), 2021, p. 944-949.
- [24] DONMEZ, Kadir et al. (2022). The Impact of Taxiway System Development Stages on Runway Capacity and Delay under Demand Volatility. *Aerospace*, 2023, vol. 10, no. 1. Available at: https://www.researchgate.net/publication/366499778_The_Impact_of_Taxiway_System_Development_Stages_on_Runway_Capacity_and_Delay_under_Demand_Volatility. [cited 2024-01-21].



PROPOSAL OF THE TRAINING PLAN FOR SIMULATOR PILOTS IN THE ENVIRONMENT OF LPS SR, Š.P.

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

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

Abstract

The pace of development in air traffic management (ATM) procedures and technologies, along with their implementation into air traffic control (ATC), necessitates the modification of existing training plans for both newly qualified and already certified air traffic controllers (ATCOs) in the Slovak Republic. These changes are integrated into actual operations through practical exercises on ATM simulation devices within the premises of the Training Center of the Air Navigation Services of the Slovak Republic. A crucial component of each exercise is the simulator pilot, whose task is to simulate air traffic operations based on current flight procedures and rules. The aim of this work is to propose a detailed training plan for simulator pilots using MaxSIM and radar simulator for ATM systems LETVIS and Eurocat 2000, specifically tailored to the environment of the Air Navigation Services, taking into account the current requirements and needs of the Training Center (TC) as well as all ATC units using TC services. The resulting training plan includes the structure of the training, outlines of theoretical knowledge, presents exercise objectives, factors monitored by the practical training instructor, and evaluations of the performance of the pseudo-pilot in these exercises. The proposal introduces new exercises that address issues currently not covered in pseudo-pilot training, specifically in the approach control environments of Virtcity, Košice, and Štefánik, as well as tower control environments of Virtcity, Košice, Piešťany, Poprad-Tatry, Žilina, and Štefánik. For the Area Control Center in Bratislava, based on consultations with the lead instructor of this unit, the work suggests specialized exercises where the pseudo-pilot actively assumes the role of controlling neighboring positions, thereby increasing the knowledge requirements regarding coordination between positions.

Keywords

Pseudopilot. ATM. Simulator. Training. ATS. ATCO

1. Úvod

Vývoj a implementácia nových systémov a technológií riadenia letovej prevádzky si často vyžaduje zmenu miestnych postupov stanovnísk riadenia letovej prevádzky alebo získanie požadovanej doložky na systémy riadenia daného stanovišťa. Tieto zmeny nie je vždy možné uplatniť bez adekvátneho výcviku riadiacich letovej prevádzky v simulovaných prostrediach daných stanovnísk. Simulátory riadenia letovej prevádzky v leteckom priemysle slúžia na tréningovanie a certifikáciu ATCO bez potreby skutočného letu, čo znižuje riziko a náklady spojené s tréningom. Každý riadiaci letovej prevádzky musí absolvovať praktický kvalifikačný výcvik, špecializovaný podľa konkrétneho stanovišťa riadenia letovej prevádzky, prechodový výcvik sústredený na špecifické postupy stanovišťa riadenia a udržiavací výcvik už oprávnených ATCO, ktorého obsahom sú cvičenia vysokej záťaže a neštandardné situácie, s ktorými sa ATCO počas výkonu služby často nestretáva. Neoddeliteľnou časťou každého praktického cvičenia je prítomnosť pilota simulátora, ktorý je zodpovedný za simuláciu letovej prevádzky v týchto cvičeniach takým spôsobom, aby zodpovedali postupom skutočných pilotov v prevádzke a situáciám používaným pri riadení reálnej tejto prevádzky. Táto osoba sa v prostredí Výcvikového strediska LPS SR, š.p. nazýva Pseudopilot. Pseudopilot aktívne ovplyvňuje priebeh a výsledok výcvikového procesu ATCO kvalitou svojich činností v cvičení. Pri výkone práce v simulovaných cvičeniach musí byť schopný včas reagovať na požadované príkazy v súlade so stanoveným scenárom cvičenia a zároveň vedieť rozumne konať na základe vlastného zmyšľania v prípadoch keď vzniká v cvičení nepredpokladaná situácia ktorá nie je stanoveným cieľom cvičenia. Nedostatočná znalosť letových postupov, frazeológie a nástrojov ponúkaných simulačnými

systémami má za následok neadekvátnu prípravu ATCO na reálnu prevádzku a teda na bezpečnosť vzdušného priestoru. Preto vzniká potreba vytvorenia detailného výcvikového plánu pilotov simulátora a to za účelom pripraviť aj osoby bez predchádzajúcej skúsenosti v problematike lietania alebo riadenia letovej prevádzky na výkon práce pseudopilot. Táto diplomová práca sa zameriava na návrh výcvikového plánu pre pilotov simulátorov v prostredí Letových prevádzkových služieb. Hlavným cieľom je vytvoriť komplexný a efektívny výcvikový program, v súlade so súčasnými potrebami a požiadavkami Výcvikového strediska LPS a tým umožniť okamžité zaradenie nového pseudopilota do prevádzky bez potreby vykonania cvičení nad rámec stanovenej výcvikovej doby alebo problematiky ktorá nie je obsiahnutá v súčasnom výcviku. Praktickou časťou tejto práce je samotný návrh výcvikového plánu, ktorý zahŕňa štruktúru výcviku, osnovu potrebných teoretických znalostí, stanovenie požadovaných cieľov cvičení a výkonnostné hodnotenia aplikované v praktickom výcviku. Praktické cvičenia obsiahnuté v navrhovanom výcvikovom pláne sú koncipované na základe najnovších obsahov cvičení v základnom, prechodovom a udržiavacom výcviku ATCO jednotlivých stanovnísk. Konzultáciou s inštruktormi výcviku týchto stanovnísk boli navrhnuté nové ciele cvičení, ktoré nie sú aktuálne obsiahnuté vo výcviku pseudopilotov.

2. Pseudopilot

Pseudopilot (PSP) – osoba podieľajúca sa na procese výcviku ATCOs, ktorá simuluje na simulátore činnosť pilotov simulátora podľa pokynov ATCO a je držiteľom Oprávnenia na výkon činnosti. [1] Činnosť PSP vo výcvikovom stredisku je dôležitou súčasťou praktického výcviku ATCO, ktorá ovplyvňuje kvalitu

praktického výcviku. Stanovenie podmienok na výkon činnosti PSP je potrebné najmä z dôvodu dosiahnutia a udržania čo najvyššej úrovne výcviku ATCO. [2] Pseudopilot v rámci štruktúry Letových prevádzkových služieb (LPS) je človek, ktorý v simulovanom prostredí simuluje prácu skutočného pilota pre účely výcvikového strediska. Ide o človeka, ktorý v plnej miere postupuje a koná v zmysle platných predpisov, postupov a štandardov reálnych pilotov. Zúčastňuje sa výcvikov a finálnych skúšok nových riadiacich letovej prevádzky, ale aj simulovaných cvičení a skúšok na udržanie kvalifikácie už existujúcich riadiacich. Najdôležitejšou úlohou PSP je v plnej miere zachovať prislúchajúci štandard cvičení tak, aby sa simulácia v čo najväčšej možnej miere podobala na reálnu letovú prevádzku. Počas cvičení v simulovanom prostredí sa PSP snaží o to, aby sa výkon čo najviac priblížil reálnemu prostrediu. Dôraz sa kladie nielen na vedomosti PSP, ale aj na jeho samostatnosť a schopnosť rozhodovať sa v kľúčových situáciách v súlade s predpismi vychádzajúcimi z platných štandardov ICAO. Výkon, ktorý PSP podáva počas jednotlivých cvičení, dokáže do veľkej miery ovplyvniť aj samotný výsledok práce riadiaceho letovej prevádzky. Nakoľko pseudopilot nahrádza prácu reálneho pilota v simulovanom prostredí, je dôležité aby teoreticky ovládal rozsiahle množstvo legislatívnych postupov súvisiacich s výkonom jeho činnosti. [1] [2] Celkovú zodpovednosť za výber PSP, ich výcvik, získanie, udržanie a obnovenie oprávnenia na vykonávanie činnosti nesie vedúci praktického výcviku Výcvikového strediska LPS SR š.p. [1]

Potrebné teoretické znalosti sú uchádzačovi o pozíciu PSP dodané vo forme interného dokumentu Učebné materiály pre pseudopilotov. Tento dokument zhrňa potrebné teoretické znalosti na úspešné absolvovanie praktického výcviku na vežovom a radarovom simulátore. [1] Tieto znalosti sa týkajú: problematiky komunikácie a frazeológie v letectve, kategorizácie lietadiel v zmysle ich vplyvu na tok letovej prevádzky, leteckých máp a informácií nachádzajúcich sa v nich, meteorológie a vplyvu počasia na let a letiskové postupy, problematiky vzdušných priestorov a pravidiel v nich, koncepcie letu podľa prístrojov a za viditeľnosti, technických informácií ohľadom približovacích zariadení, letiskových systémov a systémov na palube lietadla, ktoré PSP aktívne využíva pri simulovaní prevádzky.

3. Ovládanie simulátorov

3.1. Vežový simulátor

Na účely výcviku ATCO vežového riadenia Výcvikové stredisko LPS využíva 3D simulátor MaxSIM od kanadsko-americkéj firmy ADACEL, ktorá zabezpečuje hardware aj software elementy simulátora. Systém spočíva v kombinovanom riešení založenom na operačných systémoch Windows 10 a Linux, pričom na situačné zobrazenie jednotlivých letísk sú použité veľkoplšné obrazovky. [3] [4] V systéme vežového simulátora sú detailne namodelované: letiská Bratislava M. R. Štefánika, Žilina, Poprad-Tatry, Košice, Piešťany, najčastejšie modely lietadiel operujúce vo vzdušnom priestore SR, 3 pozície ATCO, 3 pozície pre PSP a prepojenie na Radarový simulátor Letvis. [3] [4] [5] Tento istý systém sa používa pri praktickom výcviku študentov-PSP.

Simulátor dokáže simulovať prevádzky vo vzdušnom priestore v súvislosti s pozemnými pohybmi lietadiel a mobilných prostriedkov. Lietadlá aj mobilné prostriedky sa po

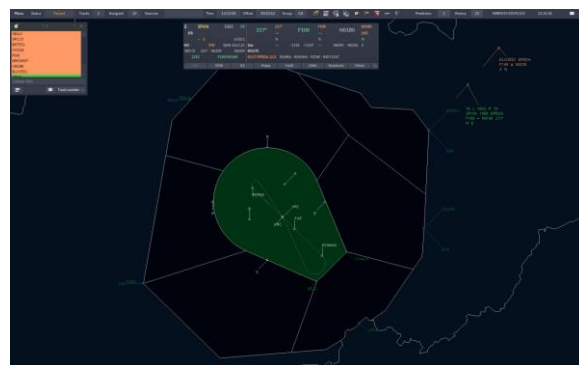
prevádzkových plochách pohybujú striktnie iba medzi jednotlivými definovanými bodmi a nie sú schopné pohybu mimo týchto bodov. Každý pohyb na letisku je vykonaný na základe zadaného príkazu, vybraného zo súboru možných činností, použitím klávesových skratiek. Farebné zvýraznenie symbolizuje, ktorá klávesa otvára pod-súbor ďalších príkazov.



Obrázok 1. Uživatelské prostredie vežového simulátora s opisom jednotlivých ovládacích elementov a značením bodov špecificky používaných pri simulácii cvičení v prostredí Štefánik veža [Zdroj: LPS SR, š.p.]

3.2. Radarový simulátor

Radarový simulátor systémov ATM LETVIS a EUROCAT 2000 je využívaný pre výcvik stanovisk približovacieho riadenia Štefánik APP, Košice APP a pre stanovište oblastného riadenia Bratislava ACC. Pracovná plocha a uživatelské prostredie ostáva rovnaké pri simulácii oboch ATM systémov a pre PSP zvolený systém neovplyvňuje možnosti ovládania, ktoré ponúka simulátor stanici PSP. Simulátor je vybavený 10 pozíciami pre PSP a 10 ATCO pozíciami. [6] [7] Systém je schopný simulovania viacsektorových cvičení. [7] Aj keď tento typ cvičení je obsiahnutý v udržiavacích výcvikoch ATCO na stanovišti oblastného riadenia, v zmysle práce PSP sa nejedná o natoľko významný rozdiel oproti jedno-sektorovým cvičeniam aby odôvodnil obsiahnutie tohto typu v navrhovanom výcvikovom pláne. Ovládanie radarového simulátora je prirodzenejšie a jednoduchšie, zároveň všetky úkony je možno vykonať prostredníctvom klávesových skratiek alebo počítačovej myši.



Obrázok 2. Uživatelské prostredie stanice PSP radarového simulátora ALES zobrazujúce fiktívne prostredie Virtcity [Zdroj: LPS SR, š.p.]

4. Metodika a metódy skúmania

Na základe určených potrebných teoretických znalostí pred začatím praktického výcviku a nedostatkov súčasného

výcvikového plánu uvedených v predošlej kapitole, prezentuje práca nasledovné riešenie vo forme návrhu výcvikového plánu, ktorý určuje postupnosť a štruktúru praktického výcviku, stanovenie presných požadovaných cieľov cvičení, obmeny cvičení ktoré nereprezentujú aktuálny stav požiadaviek na pseudopilota za cvičenia ktorých obsahom je momentálna problematika cvičení výcviku riadiacích letovej prevádzky a zvýšeným dôrazom na spoluprácu PSP v dedikovaných cvičeniach a na rozvoj samostatného rozhodovania v neštandardných situáciách. V cvičeniach sú použité modely lietadiel s upravenými výkonnosťnými charakteristikami v súlade s databázou výkonnosťných charakteristík Eurocontrol. Zároveň sú všetky lety vybavené funkciou CPDLC v plnej miere možností simulátora a jej využitie je integrálnou súčasťou vybraných cvičení. Návrh stanovuje fázu výcviku vežového simulátora ako prvotnú a to účelom zamedzenia vzniku stavu kedy PSP úspešne absolvuje fázu získania oprávnenia na výkon činnosti na radarovom simulátore ale spolupráca s ním musela byť prerušená kvôli neúspešnom absolvovaní vežových cvičení. Kvôli cvičeniam ktorých cieľom je simulácia koordinácie medzi ATCO a iným stanovištom riadenia letovej prevádzky je potrebné doplniť osnovu teoretického výcviku o vybranú Hlavu 13 z dokumentu L4444 a frazeológiu špecifickú pre koordináciu ATCO.

5. Výsledky

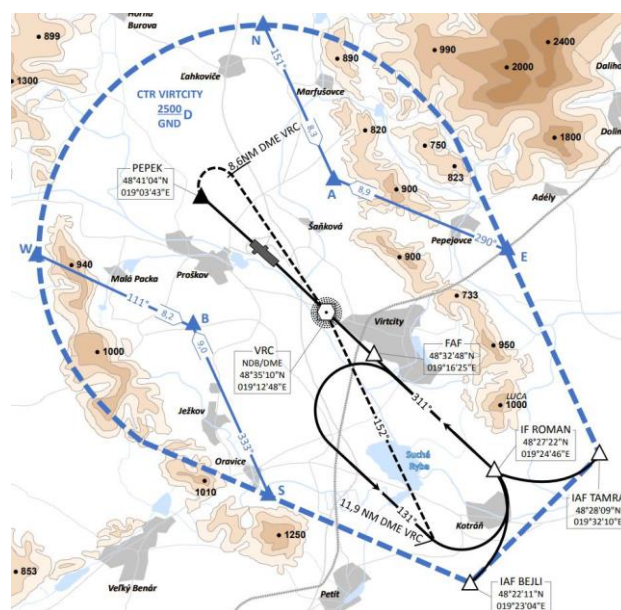
5.1. Virtcity veža

Kvôli komplexnosti ovládania vežového simulátora je záťaž pseudopilota pri vežových cvičeniach vyššia od radarových cvičení. Jednotlivé lietadlá a mobilné prostriedky si vyžadujú väčší počet príkazov na vykonanie žiadanej činnosti a samotné čítanie užívateľského rozhrania pseudopilota si vyžaduje značnú časť pozornosti pseudopilota. Zároveň mnoho uchádzačov o pozíciu Pseudopilot má často skúsenosti s lietaním podľa pravidiel VFR a simulácia cvičení v prostredí vežového riadenia je im viac prirodzená a teda sa môže očakávať, že v istých oblastiach počas výcviku už majú znalosť problematiky.

Úvodné vežové cvičenia v prostredí LZVC slúžia na oboznámenie sa so spôsobom ovládania pohybov jednotlivých lietadiel vo vzduchu a na pozemných komunikáciách letiska, ako aj aplikácia správnej frazeológie. Pseudopilot získava znalosti a skúsenosti v postupoch lietania, ktoré sú univerzálne pre väčšinu vzdušných priestorov do takej miery, ktorá umožňuje výkon činnosti pseudopilota v iných vzdušných priestoroch ako aj spomenuté ovládanie pohybov lietadiel a pozemných mobilných prostriedkov, obdržanie počasia a letového povolenia pre prevádzky podľa pravidiel VFR alebo IFR, odovzdávanie informácie ATIS, obsluha spúšťania motorov a vytlačenia lietadiel z parkovacích stojísk, prístrojové priblíženie na pristátie, vstup do okruhu podľa inštrukcií ATCO, úprava rýchlosti lietadiel na základe ich reálnej výkonnostnej charakteristiky, vstup letu VFR do riadeného okrsku letiska CTR, práca s VFR mapou, ohlasovanie polohy a výšky, zmena odletovej alebo príletovej trate, VFR lety bez letového plánu a zvláštne lety VFR, manuálne smerové a výškové vedenie IFR letov podľa zadanej trate a ovládanie vrtuľníkov. Tieto základné úkony sú konceptuálne pre všetky vzdušné priestory, ktoré sa simulujú rovnaké aj keď jednotlivé stanovišťa riadenia letovej prevádzky môžu mať iné zaužívané postupy vo svojich daných vzdušných priestoroch.

5.2. Virtcity radar

Rovnako ako aj v prípade vežového simulátora, je tento priestor určený na oboznámenie sa so základným princípom ovládania a frazeológie prevádzky v koncovej oblasti riadenia. Na rozdiel od vežového simulátora, kde vektorovanie je ojedinelý spôsob riadenia, je táto činnosť prítomná v každom cvičení a okrem výnimiek konkrétneho scenára, môže byť každá prevádzka subjektom kurzového vedenia za použitia radaru. Keďže žiak už letové postupy definované v mapách ako nezdarené priblíženia pozná z vežového simulátora, predpokladá sa, že študent-PSP nepotrebuje časté opakovanie takýchto procedúr a mal by ich vedieť prirodzene použiť keď si to situácia vyžaduje. V priestore LZVC sú obsiahnuté aj cvičenia procedurálneho riadenia. Na radarovom simulátore existujú procedurálne cvičenia iba v tomto prostredí a to z dôvodu, že stanovišťa ktoré používajú procedurálne riadenie, sú stanovišťa vežového riadenia Poprad veža, Žilina veža a Piešťany veža, ktoré nemajú ekvivalent svojho priestoru v radarovom simulátore a používajú priestor LZVC na tréning základných postupov a frazeológie ATCO. Študent-PSP je v tejto fáze už oboznámený s postupmi procedurálneho riadenia z priestoru LZVI a LZTT vo vežovom simulátore a tieto cvičenia slúžia na preškolenie PSP na ovládanie radarového simulátora. Cvičenia tohto druhu sa vykonávajú zriedkavo a sú prominentnejšie na vežovom simulátore. Z tohto dôvodu a za účelom skrátenia doby trvania praktického výcviku sú v navrhovanom výcvikovom pláne tieto cvičenia obsiahnuté iba v 3 cvičeniach v priestore LZVC.



Obrázok 3. Vizuálna približovacia mapa LZVC s vizuálnym zobrazením procedúry nezdareného priblíženia pre dráhu 31. [Zdroj: LPS SR, š.p.]

5.3. Košice veža

Riadený okrsok letiska Košice je prvé simulované prostredie s ktorým sa pseudopilot stretáva a ktoré je presne namodelovanou kópiou reálneho priestoru. Priestor Košice CTR je klasifikovaný ako vzdušný priestor kategórie D, rozlohou siahajú od zeme až do nadmorskej výšky 5000 stôp, obsahuje 5 vstupných/výstupných VFR bodov. [9]

Na rozdiel od priestoru Virtcity, pravidiá a podmienky lietania v priestore LZKZ sú presne definované na stránke Letovej informačnej služby Slovenskej republiky. Ďalší značný rozdiel medzi týmito priestormi vzniká z dôvodu historického vývoja regiónu v oblasti Košíc, čo zapríčiňuje väčší počet obcí a orientačných bodov, ktoré sa aktívne využívajú pri riadení letovej prevádzky podľa pravidiel VFR. Preto podobne ako u úvodných cvičení v priestore LZVC sú počítačové cvičenia v priestore LZKZ CTR zamerané na spoznávanie priestoru letiska a riadeného okrsku, prácu s vizuálnou približovacou mapou. Lety IFR v navrhovaných cvičeniach sú doplnené o schopnosť nasledovať okrem štandardných prístrojových príletových a odletových tratí aj trate založené na technológií priestorovej navigácie RNAV pre vzletové prístávacie dráhy 01 a 19.

Aj keď sú úvodné cvičenia zamerané najmä na spoznávanie priestoru, od žiaka sa v tomto bode výcviku očakáva aj splnenie viacerých rôznorodých cieľov v cvičení za účelom postupného zvyšovania kapacity pseudopilota a zároveň umožňuje skrátenie potrebného času na výcvik študenta-pseudopilota. Pri nízkom prelete nad dráhou v rámci ovládania simulátora sú činnosti pseudopilota podobné ako v prípade nezdareného priblíženia. Študent-PSP musí použiť iné príkazy na vykonanie nízkeho preletu ale vo svojej podstate sa táto procedúra skladá z úkonov, v ktorých bol študent-PSP už zaúčnaný v priestore LZVC. Rozdiel, ktorý si musí študent-PSP uvedomiť, je práve v letových postupoch, ktoré túto procedúru sprevádzajú, ako napríklad obdržanie odletového povolenia po vykonaní preletu, ktoré musí let obdržať ešte pred vykonaním nízkeho preletu nad dráhou.

5.4. Košice radar

Cvičenia pre pozíciu Košice radar sa odohrávajú všetky v prostredí Košice TMA s kategóriou vzdušného priestoru C so vstupnými bodmi RAZEC, HATIP, KEKED, TAKOS, MARKA, SUFAX, EVULA, LATOF. [9] Obsahom cvičení v tomto priestore sú všetky postupy nezdareného priblíženia pre dráhu 19 a 01, v ktorých študent-PSP aplikuje dosiaľ nadobudnutú znalosť na situácie v tomto priestore pre manuálne zaletenie všetkých príletových a odletových tratí.

Špecifický prípad pre priblíženia typu ILS a NDB je procedúrová zatáčka, slúžiaca na vytvorenie priestoru kde lietadlo stíha klesať do požadovanej výšky a vedie lietadlo do požadovaného smeru na zahájenie posledného priblíženia. [9] [8] Študent-PSP sa oboznamuje s touto procedúrou hneď v prvom cvičení niekoľkokrát aby v neskorších cvičeniach túto činnosť bol schopný prirodzene použiť. PSP po preletení bodu KSC, ktorý v tomto prípade slúži ako počítačový bod priblíženia, vedie lietadlo na outbound radiál R-203 KSC do minimálnej výšky 3500 stôp. Pomocou funkcie Measure vector sleduje vzdialenosť 12,4 námorných míľ od KSC kde dosahuje prvý otočný bod, zadáva príkaz klesania do výšky 2500 stôp a ľavou zatáčkou usádza lietadlo na inbound radial R-187 KSC. Zvyšok procedúry priblíženia prebieha prostredníctvom funkcie ILS radarového simulátora.

5.5. Piešťany veža

Stanovište riadenia letovej prevádzky Piešťany veža je stanovište vežového riadenia bez použitia radaru, ATCO na tejto pozícii momentálne nemajú oprávnenie na riadenie prevádzky za použitia radaru. Stanovište je ale vybavené prehľadovým

radarom. Navrhované cvičenia v tomto prostredí sú koncipované s vyšším počtom prevádzky VFR, sústredené na miestnu letovú činnosť špecifickú pre tento priestor. Keďže sa jedná o riadenie prevádzky bez použitia radaru, prostredníctvom častých dotazov o polohe a výške podmieňuje študenta-PSP aktívne používať mapu vizuálneho priblíženia a oboznamuje sa s priestorom.

V riadenom okrsku Piešťany CTR sa často používajú pri riadení letov VFR orientačné body diaľnica D1, Vodná Nádrž Slňava a rieka Váh. Táto prevádzka vstupu do priestoru cez vstupné body O na severnej hranici, L a I na východnej strane CTR, vstupný bod H na južnej hranici a body T a D na západnej hranici. Body O a H sú špecifické v tomto prostredí a to preto, lebo prevádzka, ktorá prechádza bodmi sa nachádza blízko predĺženej osi oboch dráh. Kvôli tejto skutočnosti sú spomínané orientačné body veľmi často používané v príkazoch ATC na udržanie prevádzky východne od rieky Váh a východne od diaľnice a to za účelom vedenia prevádzky mimo osi dráh a zostupovej osi ILS na dráhu 01. [2] V užívateľskom prostredí pracovnej stanice pseudopilota tieto orientačné body nie sú obsiahnuté, čo má za následok zvýšené požiadavky na schopnosť študenta-PSP ovládať simulátor, keďže aj menšia chyba vedenia letov v tomto prostredí môže spôsobiť nutnosť nežiadanych úkonov ako napríklad procedúra nezdareného priblíženia alebo iné, čím sa môže narušiť chod a cieľ cvičenia vo výcviku pseudopilotov ale aj riadiacich letovej prevádzky.

Vertikálne ohraničenie Piešťany CTR je od povrchu do nadmorskej výšky 5000 stôp. To znamená, že všetka prevádzka v hraniciach CTR a vo výške menej ako 5000 stôp podlieha príkazom ATC, aktívnom na stanovišti riadenia Piešťany veža. IFR prevádzka, ktorá sa nachádza v týchto parametroch je riadená procedurálne a vyžaduje si špecifickú znalosť procedurálnych letových postupov a frazeológie.

5.6. Tatry veža

Prostredie LZTT TWR vo vežovom simulátore je unikátne a to z dôvodu, že stanovište riadenia LZTT TWR je jediné stanovište riadenia letovej prevádzky, ktoré vo svojich cvičeniach kombinuje okrem vežového riadenia aj približovacie riadenie.

Význačným znakom tohto prostredia je značná hornatosť okolitého prostredia a samotné pohorie Vysoké Tatry, nad ktorými je minimálna bezpečná nadmorská výška 10700 stôp. Pre udržanie realistikosti simulátorových cvičení je dôležité aby boli dodržané minimálne bezpečné výšky počas letu a to aj žiadosťami o stúpanie v prípade letu v blízkosti prekážok, aj keď v prostredí simulátora let cez prekážky nemá efekt na let. Ďalším znakom letiska Poprad-Tatry je trávnatá dráha 07/25, ktorá sa používa výhradne iba pre lety podľa pravidiel VFR a lietadiel, ktoré spĺňajú podmienku nosnosti trávnatého povrchu dráhy.

Betónová vzletová a prístávacia dráha 09/27 je používaná ako hlavná dráha pre lety IFR ale aj VFR v preferovanom smere 27 s 1 rolovaciu dráhou A. To znamená, že všetka prevádzka musí byť použitá na uvoľnenie dráhy a vstup na dráhu túto dráhu. Vzhľadom na dráhu v používaní je s niektorými modelmi lietadiel nutné rolovanie späť po dráhe a následne otočenie pomocou dedikovaných priestorov do smeru používanej dráhy. V simulátore sa tieto miesta na otočenia označujú ako TURN. Zadanie chybného príkazu pri vstupe na dráhu prináša značné riziko narušenia zmyslu cvičenia.

Ako už bolo spomenuté, stanovište riadenia LZTT TWR ponúka služby ATS v priestore CTR aj TMA za použitia radaru. Pre prácu pseudopilota to znamená, že ak sa nachádza v definovaných hraniciach tohto vzdušného priestoru a udržuje nadmorskú výšku, ktorá je vyššia ako je minimálna výška vektorovania, môže ATCO viesť lety aj mimo vyznačených priletových a odletových tratí. Vektorovanie je zabezpečenie navigačného vedenia lietadla formou príslušného kurzu založenom na radarovom vyobrazení. Cieľom vektorovania je dosiahnutie separácie s dosiahnutím a udržiavaním požadovaného kurzu. [10] Navrhované cvičenia v tomto prostredí majú zvýšený dôraz na správnosť zadávaných príkazov zvýšeným počtom pohybov na prevádzkových plochách letiska lietadlami aj mobilnými prostriedkami.

5.7. Žilina veža

Podobne ako stanovište Tatry TWR, Žilina TWR ponúka aj služby riadenia v TMA a teda má tiež podmienku pre ATC mať doložku oprávňujúcu riadiaceho riadiť letovú prevádzku pomocou procedurálnych postupov. [11] Žilina tento spôsob riadenia ale používa ako primárny a teda každý let v tomto prostredí musí dodržiavať stanovené podmienky a pravidlá počas letu v tomto priestore. Študent-PSP preukazuje nadobudnuté znalosti ohľadom procedurálnych pravidiel z predchádzajúceho prostredia v každom cvičení odohrávaného sa v prostredí LZZI TWR.

Práca pseudopilota pri pohyboch na prevádzkových plochách letiska je veľmi podobná ako v LZTT. Na letiskách sa používajú podobné postupy pri riadení prevádzky cez 1 rolovaciu dráhu A, ktorá spája dráhy 06/24 s odbavovacou plochou. Rolovacia dráha B spája priestory Aeroklubu Žilina s vzletovou a pristávacou dráhou, ale v prostredí simulátora nie je možný pohyb medzi odbavovacou plochou letiska a priestormi spomínaného aeroklubu. Taktiež je nutné aby pseudopilot preukázal znalosť výkonnostnej charakteristiky lietadiel a vzhľadom na túto charakteristiku adekvátne žiadal povolenia na rolovanie späť po dráhe.

Cvičenia v tomto priestore majú 2 hlavné ciele. Jedným z nich je aplikovanie procedurálnych postupov a frazeológie so zameraním na správne výpočty dosiahnutia bodov, ohlasovanie bodov, kontinuálne klesanie podľa podmienok priletovej trate. Druhý, všeobecný cieľ, je znalosť priestoru nadobudnutá pomocou vyššieho počtu letov podľa pravidiel VFR. Priestor LZZI pre účely letov VFR a konania ich miestnej letovej činnosti je rozdelený do 4 rovnako veľkých sektorov podľa svetových strán, ktorých spoločný bod je práve Letisko Žilina. V užívateľskom prostredí pseudopilota nie je zaznačený žiaden aktuálny orientačný bod, svoju polohu teda pseudopilot zisťuje čisto na základe vlastných vedomostí alebo prácou s mapou vizuálneho priblíženia. Cvičenie 3 okrem tréningu nadobudnutých znalostí obsahuje aj let balóna. Ovládanie balóna vo vežovom simulátore je jednoduché, keďže jediný parameter ktorý možno upraviť je nadmorská výška. Je dôležité aby si študent-PSP uvedomil, že balón nie je možné viesť a jeho pohyb je čisto závislý od nastavených parametrov vetra v cvičení.

5.8. Štefánik TWR

Stanovište riadenia Štefánik TWR je najväčším odoberateľom služieb na vežovom simulátore v prostredí Výcvikového strediska a zároveň je to priestor kde cvičenia nadobúdajú

najvyššiu záťaž na PSP. [12] [13] Okrem úvodných cvičení sústredených na spoznávanie komplexného systému rolovacích dráh letiska Štefánik, riadenia okrsku a minimálnych bezpečných výšok v rôznych častiach priestoru, je väčšina cvičení vysoko záťažových. Pseudopilot by mal svoje skúsenosti s ovládaním z predchádzajúcich priestorov bezchybne použiť, lebo v prípade chyby je v týchto cvičeniach veľmi jednoduché dosiahnuť lavínový efekt zvyšujúcej sa záťaže. Tieto záťažové cvičenia obsahujú aj núdzové a neštandardné situácie a zároveň je to jediné letisko, ktoré aktívne používa rôzne konfigurácie vzletových a pristávacích dráh. Každá konfigurácia má vlastné priletové a odletové trate, postupy nezďareného priblíženia, ktoré sú verejne dostupné prostredníctvom LPS.

5.9. Štefánik APP

Cvičenia v radarovom prostredí Štefánik APP, sú cvičenia s vysokou záťažou pri rôznych konfiguráciách dráh a zahrňuje aj cvičenia sústreďujúce sa na prevádzku v priestore TMA Piešťany. Najväčšia zmena vo výcvikovom pláne je zánik štandardných priletových tratí a ich nahradenie traťami, ktoré sú založené plne na technológii RNAV. Na rozdiel od ostatných priestorov si PSP nemusí koordinovať žiadosť o letové povolenie medzi TWR a RAD, ohlasuje iba aktívny status letu, čo znamená, že lietadlo začalo fázu rolovania ku dráhe.

5.10. Bratislava radar

Oblastné stredisko riadenia letovej prevádzky poskytuje službu riadenia, letovú informačnú a pohotovostnú službu letom v riadenej oblasti (CTA) Bratislava. Stanovište ACC Bratislava zabezpečuje prevádzku na letových tratiach a koordináciu so susednými stanovišťami. Stredisko je zriadené v Bratislave. [11] Je najväčším odoberateľom služieb Výcvikového strediska v zmysle základného, prechodového, preškoľovacieho a udržiavacieho výcviku. Cvičenia v tomto prostredí sú zo všetkých prostredí najzáťažovejšie vo všetkých kategóriách hodnotenia výkonu Pseudopilota. Kvôli vysokému počtu pohybov a požadovaných činností je na PSP značne zvýšená náročnosť a námaha krátkodobej pamäte.

Cvičenia navrhovaného výcvikového plánu v tomto sektore odzrkadľujú svojou záťažou na PSP cvičenia určené pre výcvik ATCO. Zároveň v cvičeniach sú obsiahnuté situácie slúžiace na tréning simulovania koordinácie medzi stanovišťami riadenia letovej prevádzky Slovenskej republiky ale aj stanovišťami v okolitých krajinách. Cvičenia s týmto zameraním majú nižšiu záťaž tak, aby bolo možné pre inštruktora-PSP, ktorý zastupuje rolu ATCO, vytvorenie situácie v susedných letových informačných oblastiach.

V cvičeniach musí byť PSP schopný zvládať vysokú záťaž a mať schopnosť ovládať veľké množstvo lietadiel naraz. Ovládanie simulátora je relatívne jednoduché v týchto cvičeniach ale časté príkazy na zmenu kurzu a hladiny majú za dôsledok zvýšený počet úkonov na 1 lietadlo.

Koordináčne dohody sú stanovené dohody medzi LZBB ACC a ostatnými susednými stanovišťami oblastného riadenia za účelom zachovania rozostupov a bezpečnosti medzi lietadlami a zároveň na reguláciu toku prevádzky do susedných priestorov alebo priestorov destinácie letu. Tieto dohody predstavujú pre PSP podmienku dosiahnutia požadovanej koordinačnej výšky prostredníctvom príkazu ATCO. Posádka lietadla nemusí mať

znalosť koordinačných dohôd ale v rámci výkonu práce PSP je táto znalosť potrebná v prípade zastúpenia pozície ATCO iného stanovišťa. V prípade, že nastala zmena koordinačných dohôd, PSP je oboznámený o tejto skutočnosti pred začiatkom cvičenia inštruktorom.

6. Záver

Výstupom tejto práce je kompletný, detailný návrh výcvikového plánu pre pseudopilotov na vežovom Maxsim od firmy ADACEL a radarovom simulátore ALES v zobrazení LETVIS a E2000 pre účely Výcvikového strediska LPS SR, š.p. a to na základe praktických skúseností a aktuálnych požiadaviek vychádzajú z obsahu základného, prechodového, udržiavacieho výcviku ATCO na civilných stanovištiach riadenia letovej prevádzky Slovenskej republiky a praktických znalostí potrebných na správny výkon služby pseudopilota. Stanovuje potrebné teoretické znalosti podľa aktuálnych medzinárodných aj dokumentov a predpisov. Adresuje na nedostatky súčasného výcviku a ponúka na nich riešenie. V teoretickej časti práca pojednáva o oblastiach problematiky v letectve, ktorá sa priamo týka kvality práce pseudopilota a jeho vplyv na výcvik ATCO. Počet cvičení je stanovený podľa obtiažnosti jednotlivých priestorov, ktoré sú ovplyvnené komplexnosťou miestnych letových postupov, geografickou polohou letiska a rôznorodosťou činností, ktoré PSP v danom prostredí vykonáva. Výcvikový plán sa odvíja ale aj od frekvencie využitia služieb Výcvikového strediska jednotlivých stanovisk riadenia. Ciele konkrétnych cvičení sú jasne určené a zároveň stanovujú postup na získanie oprávnenia na výkon činnosti Pseudopilot. V zmysle kvantity cvičení je výcvikový plán najrozsiahljší v prípade oblastných cvičení, ktoré sú najčastejším subjektom výkonu práce PSP nasledované cvičeniami v prostredí stanovisk riadenia Štefánik veža a Štefánik radar, ktoré sú najčastejším odoberateľom služieb vežového simulátora a simulácií približovacieho riadenia. Prostredie Virtcity síce predstavuje prostredie najmenšej zložitosti ale jeho charakter ako úvod do problematiky riadenia letovej prevádzky a simulácie cvičení si vyžaduje detailnú znalosť prostredia a postupov a to za účelom vytvorenia správneho vedomostného základu na výkon činnosti PSP ale aj ATCO, na ktorom sa následne nadstavuje skúsenosť. Jedným z prínosov práce je vytvorenie výcvikového plánu, ktorý umožňuje dokázateľne dokumentovať priebeh vo výcviku pilotov simulátoru od výberového konania až po nadobudnutie oprávnenia na výkon práce Pseudopilot. Práca optimalizuje praktický výcvik stanovením postupnosti cvičení a ich obnovou za účelom zvýšenia kvality a všestrannosti PSP. Táto práca bola vytvorená spôsobom takým, ktorý umožňuje jej využitie Výcvikovým strediskom LPS SR, š.p. ako dokumentom určujúci priebeh výcvikového procesu PSP.

Referencie

- [1] PROŠEK, D. 2023. Vedúci Výcvikového strediska LPS SR, š.p. Ivanská cesta 93. Bratislava. Osobná komunikácia
- [2] KOTRAN, F. 2023. Inštruktor simulatora Ivanská cesta 93. Bratislava. Osobná komunikácia.
- [3] [3] KRAJČOVIČ. P. 2022 Lima Papa Sierra, „Upgrade TWR simulátora“, 26-04-22 [cit. 10.01.2024]

- [4] ADACEL SYSTEMS, INC. „Virtual Air Traffic Control“ 2018. [online]. Dostupné na: <https://www.adacel.com/virtual-air-traffic-control-tower> [cit. Januar 2024]
- [5] LPS SR, š.p. „Simulátor s 270 stupňovou prednou projekciou od firmy ADACEL“ [online] Dostupné na: <https://www.lps.sk/sk/sluzby/vs/simulatory/270-twr-simulator>
- [6] ICZ Group ALES. „SIM ATC Training Simulator“ [online] Dostupné na: https://www.iczgroup.com/wp-content/uploads/2018/04/ICZ_PL_TRANS_ICZ-LETVIS-SIM_EN_1802_01.pdf
- [7] LPS SR, š.p. „Radarový simulátor“ [online] Dostupné na: <https://www.lps.sk/sk/sluzby/vs/simulatory/radarovy-simulator>
- [8] ICAO Doc. 4444. 2014 „Postupy leteckých navigačných služieb - Manažment letovej prevádzky“ [online] Dostupné na: <https://www.ealts.com/documents/ICAO%20Doc%204444%20Air%20Traffic%20Management.pdf>
- [9] VACC, Košice Traffic Data. [online] Dostupné na: <https://www.vacc-slovakia.sk/index.php?act=pilots&p=lzgz>
- [10] ICAO Annex 11 Airtraffic service. [online] Dostupné na: <https://ffac.ch/wp-content/uploads/2020/10/ICAO-Annex-11-Air-Traffic-Services.pdf>
- [11] LPS SR, š.p. „Výročná správa 2008 až 2023“. [Online] Dostupné na: <https://www.lps.sk/sk/tlacove-centrum/vyroczne-spravy>
- [12] TKÁČ, R. Metodik Výcvikového strediska/Hodnotiteľ PSP, Ivanská cesta 93. Bratislava. *Efektívnosť plánovania výcviku*. 2023. Prednáška.
- [13] EUROCONTROL, Marec 2022. „Airborne Collision Avoidance System guide“ [Online] Dostupné na: <https://www.eurocontrol.int/publication/airborne-collision-avoidance-system-acas-guide>



COMPENSATION SCHEMES FOR PASSENGERS IN THE CONTEXT OF OVERBOOKING IN SELECTED COUNTRIES (REGIONS) OF THE WORLD

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

Abstract

The work deals with the overbooking as a tool for increasing the revenue of air carriers, the history of its origin and its use in the business model of an air carrier. It describes incidents associated with the application of this tool in relation to passengers and public opinion about air carriers. It also analyzes compensation schemes for passengers in selected countries of the world in the event of denied boarding or voluntarily surrendered a reservation. The research consists of the analysis and evaluation of online information on passenger rights in the context of overbooking that airlines provide to passengers on their websites. In addition, the work makes proposals and recommendations for the amendment of compensation schemes and for increasing the transparency of online information at Slovak and Czech airlines.

Keywords

Overbooking, denied boarding, denied passenger, no-show, revenue management, United 3411, compensation schemes, regulation 261/2004, part 250 Oversales, Anac 400.

1. Introduction

In the first part, I deal with the theoretical background of overbooking as an airline revenue management tool, the allocation of seat capacity in an airplane along with the calculation of the overbooking limit, the history and emergence of this tool, and the perception of passengers regarding the reputation of airlines. In the second part, I examine the compensation schemes, respectively the legislative framework in six selected countries or groups of countries, passenger rights resulting from these schemes, including financial compensation, advantages and disadvantages of individual schemes and the specific application of rights on hypothetical flights from specific countries to specific countries. The third part consists of researching the online information on passenger rights in the context of overbooking that airlines provide to their passengers on their website. The next part contains the results of this research, where there is an evaluation and ranking of the selected companies according to the level of their transparency based on the number of points achieved. Likewise, the analysis of individual attributes. In the fifth part, based on the results of research and analysis of compensation schemes, I present my own proposals and recommendations for the amendment of these schemes. I also give very specific recommendations and suggestions to selected Slovak and Czech airlines for increasing the transparency of online information for passengers in the context of overbooking.

2. Overbooking as a problem of operational and economic management of air carriers

Revenue management also deals with the issue of seat capacity for the air connections offered, i.e. which aircraft technology from those it has available will be deployed on a given route, how many seats will be in a given aircraft and how the seat capacity will be redistributed to individual classes (choice of configuration). The basic principle of the reservation model is

that it tries to reserve a certain number of seats for passengers willing to pay more money in order to get the highest possible revenue from the provision of services in aviation. The willingness of passengers to pay for a ticket for a specific flight at a specific time is highly variable, and therefore airlines apply so-called price discrimination. Individual passengers pay different prices for the same service and the same seat on the plane. Some more (those who are willing to pay more) and some less (those who are not willing to pay more). There are several models for calculating the distribution of the number of seats that an airline should reserve for each price level, thereby keeping them reserved and not selling them at a lower price. It is Littlewood's rule or EMSR Model [1].

Overbooking is a modern airline revenue management tool. It is the sale of a higher number of tickets for a specific flight at a specific time than the seat capacity of the aircraft that is to be used for that flight. It is also a way to increase the revenue of the airline [2]. It is used by many airlines around the world with different business models, including low-cost ones. Overbooking occurs in two cases:

- late cancellation or late change of reservation – some passengers either changed or canceled their reservation a short time before departure,
- no-show – passengers do not show up for the flight without changing or canceling their reservation [3].

Already in the 1960s, no-shows were a big problem in air transport. In 1961, the US regulatory body, CAB (Civil Aeronautics Board), recorded a no-show rate of 10% for 12 key air carriers. As a result, it allowed airlines to apply overbooking. If the seat capacity on a given flight was filled and there were more passengers who showed up for the flight, the company provided them with a rebooking on one of the following flights and refreshments. If the flight was not on the same day, passengers were provided with care in the form of

accommodation. In addition, the companies paid compensation in the amount of 100% of the ticket price. In 1966, the CAB estimated that the number of involuntarily refused passengers was 7.7 per 10,000 passengers carried. This continued freely until 1972, when Ralph Nader sued Allegheny Airlines for \$25,000 because he was involuntarily denied boarding despite the airline's failure to notify passengers of such a situation in advance. As a result, the CAB ordered airlines to inform passengers when purchasing a ticket that they may be refused carriage if an overbooking situation occurs. In 1968, the economist Julian Simon proposed a new solution to the airlines - the introduction of voluntary refusal from transportation and a kind of "auction", where passengers would voluntarily give up their reservation for various amounts of compensation. This rapidly reduced the number of involuntarily refused passengers from the original 7.7 per 10,000 passengers carried to 0.13 per 10,000 (by 2018). In addition to air transport, the overbooking model is also used in the hotel industry or in car rental [3].

3. Rights to compensation to refused passengers in selected countries

European Union

The regulations of the European Parliament, which regulate all areas of air transport, are binding on the territory of all member states of the European Union. On February 17, 2005, Regulation of the European Parliament and the Council (EC) No. 261/2004 (hereinafter referred to as "Regulation 261"), which establishes common rules for the system of compensation and assistance to passengers in air transport in the event of denied boarding, cancellation or long delay of flights, and which repeals Regulation (EEC) no. 295/91 [12].

Denial of boarding can be either voluntary, if the passenger voluntarily gives up his reservation, or involuntary, i.e. against his will.

When an airline reasonably expects to be denied boarding, it is obliged to first invite volunteers to give up their reservations for a consideration agreed between the passenger and the airline. Volunteers are subsequently provided with assistance in the form of rebooking and can choose one of the following options:

- payment of the full cost of the ticket at the price for which it was purchased, for the part or parts of the journey not completed, and for the part or parts of the journey already completed, if the flight no longer serves the purpose in relation to the passenger's original travel plan or in connection with it, until seven days
- return flight to the first place of departure at the earliest opportunity,
- redirection under comparable transport conditions to their final destination at the earliest opportunity,
- rerouting under comparable transport conditions to their final destination at a later date according to the passenger's wish, provided there are free seats [12].

If the number of volunteers is not sufficient to allow the remaining reserved passengers to board the aircraft, the airline may then deny boarding to the passengers against their will. In such a case, it is obliged to provide these passengers with

financial compensation, assistance in the form of rerouting, when the passenger chooses from the same options as in the case of voluntary relinquishment of the reservation, and last but not least, care for the passenger [12].

The amount of financial compensation depends on the distance between the airport of departure and the airport of destination as the crow flies [12]. Up to 1,500 km = 250 euros, 1,500 km to 3,500 km = 400 euros, over 1,500 km within the EU = 400 euros, other flights = 600 euros.

Passenger care means that the airline will offer the passenger free of charge:

- food and refreshments corresponding to the waiting time,
- hotel accommodation in cases where a stay of one or more nights is required, or when a stay is required in addition to the stay that the traveler anticipated,
- transportation between the airport and the place of accommodation (hotel or other),
- two phone calls, telexes, fax messages or e-mails.

United States of America

In the United States of America, the rights of passengers in the event of overbooking, but also in other circumstances, are defined in the law S. 178 A Bill to establish protections for passengers in air transportation, and for other purposes, abbreviated as S. 178 - Airline Passenger Protections Act passenger protection in air transport), approved at the 1st meeting of the 118th Congress on 31 January 2023. The law is supposed to be effective within 180 days from its adoption [13]. They are regulated in more detail in Part 250 "Oversales" of the Federal Aviation Regulations (FAR) (part 250 - overbooking - federal aviation regulations) (hereinafter referred to as "Part 250 "Oversales") [20].

If more passengers arrive for the flight than the seat capacity of the aircraft, before some passengers are involuntarily refused boarding, the airline must, or her representative to call on the volunteers to give up their reservation. The airline may offer benefits to volunteers, such as financial compensation or vouchers, as an incentive to give up their booking. Part 250 "Oversales" prohibits airlines from setting an upper limit on the amount of financial compensation or the value of vouchers. It is thus unlimited and depends solely on the agreement between the passenger and the airline, which opens up room for negotiation. If they agree on financial compensation, it must be paid to the passenger in cash on the spot and without delay, according to Part 250 "Oversales". In specific cases, within 24 hours at the latest [14].

In the event that the number of volunteers is not sufficient to allow the remaining passengers with a reservation to board the aircraft, the airline may subsequently refuse to board the aircraft against their will. The airline determines its own procedure in which way it will select passengers who will be involuntarily refused. They can use random selection or take into account some of the criteria, such as the type of ticket, the time when the passenger checked-in, membership in loyalty programs and others.

The amount of financial compensation is 775 US dollars (at the destination inside the US 1-2 hours later and outside the US 1-4 hours later) or 1550 US dollars (at the destination inside the US more than 2 hours later and outside the US more than 4 hours later).

Russian federation – no regulation

People's Republic of China – no regulation

Australia – no regulation

Brazil

The institution ANAC (National Civil Aviation Agency) has been operating on the territory of Brazil since 2005 - the National Agency for Civil Aviation, which is responsible for the regulation and supervision of all activities in civil aviation. ANAC, like in the European Union EASA, issues various regulations, guidelines, decisions and other types of regulation. One of them is Resolution No. 400 of December 13, 2016. (Decision No. 400 of 13/12/2016) (hereinafter referred to as "ANAC 400"), which deals with the general conditions applicable to passengers in national and international scheduled air transport as well as non-scheduled flights. As part of these conditions, it also deals with the rights of passengers in the event of overbooking, or refusal to board the plane or voluntary relinquishment of the reservation due to insufficient seat capacity.

ANAC 400, with its conditions and the amount of compensation, tries to discourage airlines from applying the overbooking strategy, or at least in its aggressive form, on the territory of Brazil for domestic as well as international flights [23]. This can happen because:

- the airline changed the plane to another one with a lower seat capacity,
- due to weight and balance, the aircraft must take off with a lower take-off weight,
- the airline sold more tickets and more passengers showed up for the flight than the capacity of the plane [22].

The airline is first of all obliged to announce a call for potential volunteers who would be willing to give up their reservation in exchange for some form of counter service, or benefit in the form of, for example, financial compensation, extra free tickets, rebooking for an alternative flight, hotel accommodation, refreshments and Similarly. The passenger must freely agree on this benefit with the representative of the airline, and if both parties agree on the form and value of the benefit, the passenger will sign a document showing the relinquishment of the reservation for the said benefits. The form and value of the benefit is not regulated in any way and depends exclusively on the passenger's agreement with the airline representative [22].

If there are not enough volunteers willing to give up their reservation, the airline may involuntarily refuse passengers who exceed the aircraft's seating capacity [21]. A passenger who is involuntarily refused is entitled to:

- financial compensation in the amount of 250 SDR (Special Drawing Rights), which, converted according to the exchange rate from 8 February 2024, corresponds to the value of 307.50 euros, in the case of a domestic flight,

- financial compensation in the amount of 500 SDR (Special Drawing Rights), which, when converted according to the exchange rate from February 8, 2024, corresponds to the value of 615 euros, in the case of an international flight,
- replacement flight,
- enabling free communication (email, phone) in case of waiting for a replacement flight for more than 1 hour
- refreshments and food in case of waiting for a replacement flight for more than 2 hours
- accommodation in a hotel and transport to the hotel and to the airport in the case of a replacement flight on another day, but if the passenger is from the city where the airport is, or from the nearby area, then only transport home and to the airport [22,24].

4. Research methodology

The research methodology consists of evaluating the information that fifty selected airlines provide to passengers on their websites according to the following attributes:

Attribute No. 1 existence of a page with information on passenger rights on the airline's website,

Attribute No. 2 stating the legal regulation or standard on the basis of which the rights and compensations for the passenger are applied,

Attribute No. 3 direct link to the relevant legal regulation or standard,

Attribute No. 4 instructions for the passenger, where he can request compensation, care or rebooking (telephone contact, e-mail contact, online form),

Attribute No. 5 transparency of information – the number of steps (clicks) to obtain basic information about the passenger's rights in case of overbooking or refusal to go from the homepage to the information page,

Attribute No. 6 distribution of passenger rights according to the method of applying overbooking – information on voluntary relinquishment of the reservation and involuntary refusal of boarding,

Attribute No. 7 stating the amount of financial compensation,

Attribute No. 8 offered a larger amount of financial compensation compared to the amount from the applicable legal regulation in another form (for example, vouchers, credit or free tickets),

Attribute No. 9 information on the form of financial compensation (cash, account credit, voucher, one-time payment card),

Attribute No. 10 information on the time limit for the possibility of submitting a request for payment of compensation,

Attribute No. 11 existence of differentiation of financial compensation amounts according to travel classes, miles flown, purchased packages,

Attribute No. 12 stating the maximum time for payment of financial compensation,

Attribute No. 13 information on other options (care) to which the passenger is entitled (hot food, refreshments, drinking regime, hotel accommodation, transportation from the airport to the hotel and back),

Attribute No. 14 information on the breakdown of compensation amounts according to transport routes, countries of departure and arrival or flight distance,

Attribute No. 15 existence of language mutations (information also provided in other languages),

Attribute No. 16 existence of a direct, immediate, free communication window (online chat),

Attribute No. 17 telephone communication channel (call center) where the passenger can call and find out about the situation and his rights in case of overbooking, or arrange some details,

Attribute No. 18, the possibility of filing a complaint in the event of a violation of some of the passengers' rights in the context of overbooking and information about such a possibility, or contact or link.

The selection of airlines consists of the most famous ones that are registered in the countries that were selected for comparison.

The result of the research is an evaluation of the transparency of information of selected airlines according to the number of points (artificial index) allocated for the fulfillment of individual attributes. The rating, or the number of points allocated for individual attributes, is +1 or +2 points for a fulfilled attribute or 0 for not fulfilled.

5. Research results

Table 1. Airline ranking.

Ranking	Air carrier	Sum
1.	Czech airlines	15
	Emirates	15
	Cathay Pacific Airways	15
	Air Canada	15
2.	Smartwings	14
	LOT	14
	Etihad Airlines	14
	Singapore Airlines	14
3.	Air France	13
	Air China	13
	Eva Air	13
	Garuda Indonesia	13
4.	Ryanair	12
	Delta Air Lines	12
	China Eastern Airlines	12
	Shanghai Airlines	12
	Qantas	12
	Jetstar	12
5.	Wizzair	11

	Lufthansa	11
	American Airlines	11
	United Airlines	11
	Virgin Australia	11
	Qatar Airways	11
6.	AirBaltic	10
	Southwest Airlines	10
	Spirit Airlines	10
7.	AirExplore	8
	Alaska Airlines	8
	JetBlue	8
	Korean Air	8
8.	Go2Sky	7
	Hawaiian Airlines	7
	China Southern Airlines	7
	Hainan Airlines	7
	LATAM Brasil	7
9.	British Airways	7
	Japan Airlines	5
10.	Rex Airlines	4
	Turkish Airlines	4
11.	Aeroflot	2
	S7 Airlines	2
	Ural Airlines	2
12.	Rossiya	1
	Pobeda	1
	Alliance Airlines	1
	Air New Zeland	1
13.	Utair	0
	Azul Brazilian Airlines	0
	GOL Airlines	0

The maximum number of points that can be achieved is 20. The maximum value, or the highest number of points achieved, is 15. It was achieved by the airlines Czech Airlines, Emirates, Cathay Pacific Airways and Air Canada. The minimum value, or the lowest number of points achieved, is 0. It was achieved by Utair, Azul Brazilian Airlines and GOL Airlines.

The average number of points achieved in this research is 8.66. The median, or middle value, is at the level of 10, which means that half of the airlines scored more than 10 points and half scored less than 10 points. The mode is counted three times, namely with values of 7, 11 and 12 points (the most frequently occurring number), specifically 6 repetitions in all three modes. The lower quartile of the research data is 4.75, which means that 25% of the selected airlines scored at most 4.75 points and 75% of the companies scored more than 4.75 points. The upper quartile reaches a value of 12.25, which means that 75% of the selected airlines scored at most 12.25 points and 25% scored more than 12.25 points. The standard deviation in this case is 4.74.

The results of meeting or not meeting individual attributes are in the graph.

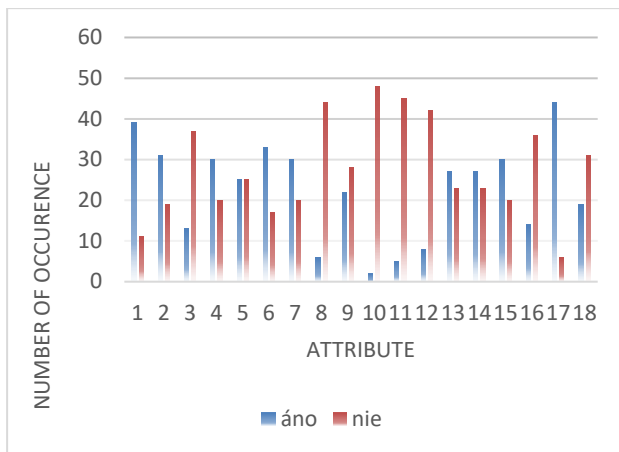


Figure 1. Meeting or not meeting individual attributes.

6. Conclusion

Proposals to amend Regulation 261:

- increase the amount of financial compensation and link it to an automatic increase by the amount of inflation,
- regulate the level of care, which will limit the rights of passengers, but will bring more order, for example capping the amount of compensation for hotel accommodation at a certain amount per night and setting the maximum number of nights a passenger can wait for a replacement flight, in addition to setting the exact amount, or price for a snack or hot meal to which the passenger is entitled. These values must also be linked to the automatic increase by the value of inflation,
- specify the competences of national law enforcement authorities,
- enable the European Commission to sanction airlines, for example, in case of repeated violations of passenger rights,
- to define in detail the extraordinary circumstances in which the airline does not have to fulfill the set rights of the passengers (for example, to pay financial compensation or provide care), so that there is no deliberate overlapping of failures on the part of the airlines with an extraordinary circumstance, as is the case at present,
- to include scheduled charter flights in passenger rights, because from the passengers' point of view it is the same flight as a regular flight,
- define the consideration in case of voluntary cancellation of the reservation, at least to a certain basic extent, what it should contain and its amount, and leave the value to the decision of the airline and the agreement between it and the passenger.

After almost twenty years since this regulation entered into force, there is already a great need to amend it. Over the years, there were several attempts, but they did not come to a successful end with approval in the European Parliament. The amount of financial compensation resulting from this regulation, which entered into force in 2005, no longer corresponds to the current value of money. If we converted the

amount of compensations of 250 euros, 400 euros and 600 euros in 2005 with the same value incorporating the amount of inflation from 2005 to 2024, we would get the nominal amount of compensations at the time at the level of today's 441.62 euros, 706.58 euros and 1059.88 euros. The current value of compensation amounts of 250 euros, 400 euros and 600 euros in 2024 was in 2005 at the level of 141.53 euros, 226.44 euros and 339.66 euros [15].

Proposals for amending Part 250 "Oversales":

- apply passenger rights based on these regulations also for passengers flying from abroad to the USA, at least in the case of American airlines,
- cancel or modify the exemptions that exempt airlines from paying financial compensations, for example, define the reasons when it is possible to exchange an aircraft for another one with a lower seat capacity within the framework of this exemption. If it is due to a failure on the part of the airline, for example due to maintenance, poor technical condition or scheduled crews, then I do not recommend such an exception. In addition, I propose to abolish the exception for the exclusion of a passenger due to weight and balance restrictions, as well as the exception for flights with an aircraft with a seating capacity of up to 30 seats,
- apply these rights also to scheduled charter flights,
- adjust in the regulations also the areas of passenger care – refreshments, hot food, hotel and transport.

Regulations valid in the territory of the Russian Federation, the People's Republic of China and Australia

For passengers flying from and to the territory of the Russian Federation, the People's Republic of China and Australia, I propose to create relevant legislation in the field of passenger rights due to overbooking and officially define such a procedure for airlines flying to these territories.

The passenger rights that I propose are financial compensation in an amount comparable to the European Union. In addition, I propose the right to care - refreshments, hot food, hotel accommodation and transport between the hotel and the airport depending on the waiting time. I also suggest the possibility of refunding the price of the ticket in case the passenger does not use the option of rebooking the flight.

Proposals for amending ANAC 400:

- Set the maximum time for the airline until it is obliged to pay the passenger financial compensation, if he is entitled to it.
- to define the benefits and advantages in case of voluntary relinquishment of the reservation, at least to a certain basic extent, what all they should contain and leave the value to the decision of the airline and the agreement between it and the passenger.

Recommendations and proposals for Slovak and Czech airlines based on research results

AirExplore

In the case of the airline AirExplore, if it were to operate regular flights for passengers again, I suggest, with regard to attribute no. 3 and 4, in the relevant section of information on the rights of passengers in the context of overbooking, to state the relevant legal norm, i.e. Regulation 261, and at the same time a link to the full text of this regulations. With regard to attribute No. 8, I propose to allow passengers to receive a larger amount of financial compensation, for example in a form other than money, following the example of other larger airlines, in the form of credit for the purchase of tickets for AirExplore flights in a larger amount. With regard to attribute No. 10, I propose to establish the maximum time until it is necessary to request the fulfillment of rights in case of overbooking, and to publish such information in the relevant section. Regarding attribute No. 11, I suggest that the airline create a differentiation of the amount of financial compensation and the level of care according to the size and value of packages purchased by passengers. Each of these packages would have a different amount of financial compensation and level of care, while respecting the minimum rights based on the regulation. With regard to attribute No. 12, I suggest that the airline should provide information in the relevant section by when it will respond to the request for the fulfillment of rights and, in the case of a satisfactory opinion, by when it will pay the financial compensation and incurred reimbursements for care. AirExplore provides information on its website in Slovak and English. With regard to attribute No. 15, I suggest that it also provide information in several languages. At least in those that are the national languages of the countries to which he most often flies or plans to fly. With regard to attribute No. 16 and 17, I propose to introduce a method of direct communication with the representative of the airline in the form of an online chat, as well as a call center whose number will be published on the website. With regard to attribute No. 18, I propose to publish in the relevant section information on the possibility of appeal in the event of a rejected or unanswered request for the fulfillment of passenger rights in the context of overbooking. This may be a reference to the relevant higher national or European authority.

Go2Sky

The airline Go2Sky currently does not provide air transport on the basis of regular lines for passengers, but leases of its aircraft with crew, insurance and maintenance. If in the future they would consider launching regular flights as well, I suggest, with regard to attribute No. 6, to state the division of passenger rights in the context of overbooking into voluntary relinquishment of the reservation and involuntary refusal of boarding. If it provides the same amounts of compensation and rights in both cases, I suggest mentioning such information in the relevant section of the website. I also propose, with respect to attribute No. 7, to state the amount of financial compensation, with respect to attribute No. 9, its form, with respect to attribute No. 14, the distribution of heights according to the orthodromic distance, resulting from Regulation 261, and with respect to attribute No. 8, the possibility of a greater amount in in another form, for example free tickets. As for attributes No. 10. to 12. I propose exactly the same as in the proposal for the AirExplore company, i.e. establishing the maximum time until it is necessary to request the fulfillment of rights, differentiating the amount of financial compensation and the level of care according to the size and value of packages purchased by passengers, and providing information until the company on he will respond to the request for the fulfillment of rights, and until he pays the

financial compensation in the requested form. With regard to attribute No. 13, I suggest Go2Sky to provide information on passenger care, in the form of refreshments, hot food, accommodation and transportation between the airport and the hotel, resulting from Regulation 261. As for languages, the Go2Sky airline does not have your website in no other language than English, not even the national language, which is Slovak, which is a big shortcoming. Therefore, with regard to attribute No. 15, I propose to increase the number of languages, including Slovak, and other national languages of the countries to which the company flies or plans to fly. The last proposal for this company is to establish communication channels for passengers, because not having an online chat on the website or a call center is currently a big disadvantage. Passengers do not have the possibility of immediate support from the company in case of overbooking, but also of any other problems. For that reason, it should also have an immediate online chat and a call center, as other companies have according to attribute no. 16 and 17.

Smartwings and Czech Airlines

Airline companies Smartwings and its subsidiary České aerolinie ended up with a very high number of points in the evaluation of transparency. The only difference was in the number of languages in which information is provided on the company's website. Eight languages were available in the case of Smartwings and eleven in the case of ČSA. In both cases, this is a high number. With regard to attributes No. 10 to 12 and No. 16, I suggest that both companies state in the relevant section the maximum time until the passenger must request the fulfillment of his rights and until the request is granted and the compensation paid by the airline. I also suggest that both companies favor passengers from a higher price level, whether passengers with a more valuable and extensive package of services purchased, or passengers from a higher travel class, with a greater amount of financial compensation and a better level of care in case of overbooking. Both companies have a call center, but I also suggest setting up an instant online chat.

References

- [1] Tomová, Anna a kol. *Ekonomika leteckých společností. Pravidelná osobná doprava*. Žilina : Žilinská Univerzita v Žiline. EDIS-vydavateľské centrum ŽU, 2017. ISBN 978-80-554-1359-4.
- [2] Cramer, Curt a Thams, Andreas. *Airline Revenue Management. Current Practices and Future Directions*. Wiesbaden : Springer Gabler, 2021. ISBN 978-3-658-33720-9
- [3] Phillips, Robert L. *Pricing and Revenue Optimization*. Second Edition. Stanford : Stanford University Press, 2021. ISBN 9781503610002
- [12] *Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 261/2004*
- [13] *S. 178 - Airline Passenger Protections Act (31.1.2023) (USA)*
- [20] *Part 250 "Oversales" of the Federal Aviation Regulations (FAR) (10.2.2024) (USA)*

- [21] ANAC Resolution No. 400 of December 13, 2016. (Brazil)
- [14] <https://www.transportation.gov/airconsumer/fly-rights#Overbooking> (7.2.2024)
- [15] <https://www.ineko.sk/kalk.html> (8.2.2024)
- [22] <https://www.gov.br/anac/en/topics/passengers/flight-change-delay-and-cancellation#denied> (12.2.2024)
- [23] <https://www.airhelp.com/en-int/anac-400/> (12.2.2024)
- [24] https://coinmill.com/EUR_SDR.html (12.2.2024)



NÁVRH A REALIZÁCIA SOFTVÉROVÉHO A HARDVÉROVEHO VYBAVENIA SIMULÁTORA PRACOVISKA LETOVEJ PREVÁDZKY PRE POTREBY KATEDRY LETECKEJ DOPRAVY

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

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

Abstract

In the aviation industry, air traffic control simulators are mainly used for training new controllers, but they also have their justification in the field of teaching. The basis of the simulator is the software in which it works and the corresponding hardware. The main topic of the final thesis is the construction of an air traffic control simulator for the needs of the Department of Air Transport at the University of Žilina, the selection of suitable software and related hardware. The hardware was selected based on the minimum requirements set by the software manufacturer for its optimal operation. This process involved a thorough market research through online stores, with the aim of finding hardware with the best price-performance ratio, which would be able to fulfill its function even after several years of its deployment. The result of this work is a functional air traffic control simulator and exercise design in the ESCAPE Light software that can be used for teaching and research at the Department of Air Transport.

Keywords

air traffic control. simulator. hardware. software. ESCAPE light

1. Úvod

Vzhľadom na potencionálne negatívne následky na ľudských životoch a majetku pri výcviku riadiacich priamo v ostrej prevádzke sú pre účely výcviku navrhnuté simulátory, na ktorých riadiaci trénuje prevádzkové postupy bez vážnych následkov. Najdôležitejšou úlohou simulátorov je v plnej miere poskytnúť prislúchajúci štandard tak, aby sa simulácia v čo najväčšej možnej miere podobala na reálnu letovú prevádzku. Počas cvičení v simulovanom prostredí sa pseudopilot snaží o to, aby sa jeho činnosť čo najviac priblížila reálnemu prostrediu. Pseudopilot je človek, ktorý v simulovanom prostredí simuluje prácu skutočného pilota pre účely výcvikového strediska. Ide o človeka, ktorý v plnej miere postupuje a koná v zmysle platných predpisov, postupov a štandardov reálnych pilotov. Zúčastňuje sa výcvikov a finálnych skúšok nových riadiacich letovej prevádzky, ale aj simulovaných cvičení a skúšok na udržanie kvalifikácie už existujúcich riadiacich.

Každý simulátor riadenia letovej prevádzky je navrhnutý pre svoj špecifický význam. Simulátory riadenia letovej prevádzky zohrávajú kľúčovú úlohu v modernom leteckom vzdelávaní a výskume. S ich pomocou je možné realisticky napodobniť rôzne scenáre letovej prevádzky, poskytovať výučbové príležitosti a vykonávať vedecké experimenty bez rizika pre ľudské životy a bez vysokých nákladov spojených s reálnymi letmi.

Tento článok sa zameriava na výber a implementáciu softvérového a hardvérového vybavenia do simulátora riadenia letovej prevádzky na Katedre leteckej dopravy a zároveň si kladie za cieľ navrhnúť a vytvoriť cvičenie, ktoré by študentom umožnilo osvojiť si základné praktické zručnosti pri poskytovaní leteckých navigačných služieb.

V súčasnosti je k dispozícii viacero softvérových produktov určených na simuláciu letovej prevádzky, pričom každý z nich má

svoje vlastné špecifikácie a možnosti. Avšak v podmienkach Katedry leteckej dopravy sa používa softvér ESCAPE Light, ktorý je vyvinutý Eurocontrolom pre výcvik a výskum a je dostupný s platnou licenciou pre univerzitné účely.

Okrem softvérového vybavenia je tiež dôležité venovať pozornosť hardvérovým potrebám simulátora. Správne navrhnutý a implementovaný hardvér je kľúčom k zabezpečeniu plynulého a efektívneho fungovania simulácií.

Tento článok sa zaoberá nielen teoretickými aspektmi simulátora riadenia letovej prevádzky, ale aj jeho praktickou implementáciou. Výstupom práce je zhotovený simulátor riadenia letovej prevádzky a návrh cvičenia v softvéri ESCAPE Light, ktoré môžu aktívne využívať nielen študenti predmetu Manažment letovej prevádzky, ale aj pedagógovia a môže byť zdrojom pre ďalšie záverečné práce.

2. Metodika a metódy skúmania

V simulátore ATC Katedry leteckej dopravy sa používa softvér ESCAPE Light, ktorý sa vyznačuje reálnymi simuláciami, rozsiahlou databázou lietadiel, možnosťou vytvárať vlastné vzdušné priestory a bezplatnou licenciou pre univerzitné použitie [1][2]. Na jeho spustenie a prevádzku sa kladú odporúčané softvérové a hardvérové požiadavky stanovené Eurocontrolom.

2.1. Softvérové požiadavky

Filezilla

FileZilla je bezplatný softvér pre prenos súborov prostredníctvom protokolu FTP. Skladá sa z klienta a servera a umožňuje užívateľom prenášať rôzne dáta cez internet. Táto

aplikácia je využívaná na sťahovanie softvéru ESCAPE Light a iných súborov

VirtualBox

VirtualBox je bezplatný softvér, ktorý umožňuje vytváranie a spravovanie virtuálnych počítačov priamo na fyzickom počítači. Tento program beží na operačnom systéme ako bežná aplikácia a umožňuje nainštalovať a spúšťať iné operačné systémy v izolovaných virtuálnych prostrediach. Je dostupný pre platformy Windows, macOS, Linux. V prípade operačného systému Windows je jeho inštalácia potrebná na spustenie ESCAPE Light

Discord

Discord je softvér určený pre hlasovú a textovú komunikáciu cez internet. V rámci simulátora slúži na komunikáciu medzi platformovými počítačmi

Operačný systém

Ideálnym operačným systémom je Linux, avšak pre prívetivejšie užívateľské prostredie, môže byť nainštalovaný aj operačný systém Windows na ktorom je možné operačný systém Linux virtualizovať pomocou VirtualBoxu.

2.2. Hardvérové požiadavky

Počítače

Tabuľka 1: Odporúčané požiadavky na počítače podľa typu pozície

Komponent	Pseudopilot	Hlavný server + riadiaci
Procesor	Intel Core i5 12. a vyššej generácie	Intel Core i7 12. a vyššej generácie
Úložisko	500 GB SSD	500 GB SSD
Pamäť RAM	16 GB	32 GB
Grafická karta	Výkonná grafická karta	Výkonná grafická karta

Monitory

Súčasťou konzoly boli aj dva monitory, ktoré sú vyznačené číslami 4 a 5 na obrázku č.1. V prípade monitora č. 4 sa jedná o 20 palcový monitor NEC MultiSync LCD2080UXI-BK so vstupmi DVI a VGA a rozlíšením HD. Monitor č.5 je špeciálne navrhnutý pre potreby RLP a nie je komerčne dostupný na trhu. Jeho prepojenie s počítačom zabezpečujú vstupy VGA a DVI. Priestor vyznačený číslami 1 a 2 na obrázku č. 1 vyznačuje miesto pre výstup meteorologických radarov, ktorých maximálna uhlopriečka musí dosahovať 30 palcov. Miesto vyznačené číslom 3 zobrazuje priestor pre výstup prehľadového systému, ktorého maximálna uhlopriečka musí dosahovať 43 palcov. V časti vyznačenej číslami 6, 7 a 8 môže byť výstup správ METAR a letových stripov dostupných pre riadiacich. Ďalšie potrebné monitory sú pre pozíciu pseudopilota.

Odporúčania rozlíšenia EUROCONTROLU pre monitory sú nasledovné [3]:

- Hlavný server – odporúčané rozlíšenie 1920x1080 pixelov a viac
- Riadiaci – odporúčané rozlíšenie 1920x1080 pixelov a viac
- Pseudopilot – požadované rozlíšenie 1680x1050 pixelov a viac



Obrázok 1: Konzola simulátora

Ostatný hardvér

• Slúchadlá

Slúchadlá musia obsahovať mikrofón a slúžia na prenos informácií hlasovou komunikáciou.

• Sieťový prepínač / Router

Sieťový prepínač alebo router sa používa na prepojenie viacerých počítačov do jednej siete, umožňujúc im komunikovať a zdieľať zdroje, ako sú súbory alebo tlačiarne. Pre spoľahlivú komunikáciu medzi počítačmi je potrebné mať kvalitnú sieťovú infraštruktúru s dostatočnou kapacitou a spoľahlivosťou.

• Káble

Káble slúžia na prenos obrazu medzi počítačom a monitorom.

2.3. Výber hardvéru

Výber hardvéru spočíval v prieskume trhu jednotlivých komponentov na webových stránkach heureka.sk a alza.sk [4][5]. Vyberali sa najlacnejšie ponuky na trhu, ktoré zároveň spĺňali požiadavky a kládli dôraz na budúci vývoj technológií. Pre lepší výber, boli vždy navrhnuté minimálne 3 ponuky. Z dôvodu finančného rozpočtu Katedry leteckej dopravy a pravidiel verejného obstarávania sa od niektorých návrhov upustilo.

2.4. Implementácia softvérového a hardvérového vybavenia simulátora

Táto časť článku sa venuje samotnej realizácii a implementácii softvérového a hardvérového vybavenia do simulátora riadenia letovej prevádzky na Katedre leteckej dopravy.

Počítače

V tabuľke č. 2 sú zobrazené parametre jednotlivých počítačov. Súčasťou počítačov je aj príslušenstvo, konkrétne klávesnica a myš. Počítač pre pseudopilota disponuje integrovanou Wi-Fi, zatiaľ čo ostatné počítače majú samostatnú anténu na pripojenie k sieti.

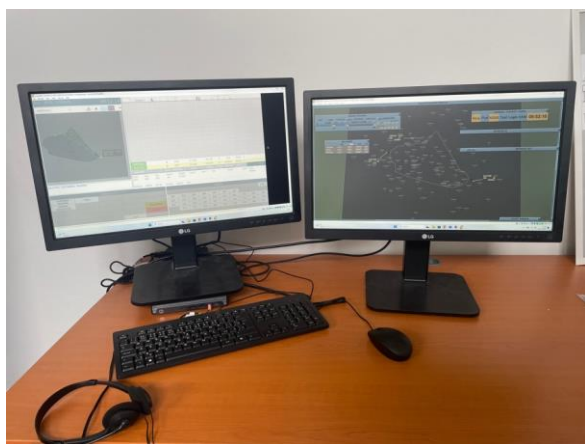
Počítače určené ako hlavný server a pre riadiaceho sú umiestnené v zadnej časti konzoly ATC. Počítač pre pseudopilota je umiestnený na stole určenom ako pozícia pre pseudopilota.

Tabuľka 2: Počítače simulátora ATC Katedry leteckej dopravy

Komponent	Pseudopilot	Hlavný server + riadiaci
Procesor	Intel core i5-13500T, 14 jadrový	Intel Core i7-13700F, 16 jadrový
Úložisko	16 GB, DDR4	2 x 16 GB, DDR4
Pamäť RAM	512 GB SSD	512 GB SSD, 1 TB HDD
Grafická karta	Intel UHD Graphics	GIGABYTE RTX3060 GAMING OC 8G GV-N3060GAMING OC-8GD
Operačný systém	Windows 11 Professional	Windows 11 Professional

Monitory

Ako monitory výstupu pre pseudopilota boli zvolené 24 palcové LG 24MB37PM s rozlíšením FULL HD. Monitory majú konektory VGA a DVI a sú majetkom Katedry leteckej dopravy.



Obrázok 2: Monitory výstupu pre pseudopilota

Ako monitory výstupu meteorologického radaru boli zvolené 30 palcové Apple Cinema HD s rozlíšením HD. Tento model monitora má zabudovaný výstupný kábel DVI-D spolu s obrazovkou. Monitory boli venované Katedre leteckej dopravy.



Obrázok 3: Monitory výstupu meteorologického radaru

Ako monitor pre výstup prehľadového systému bol vybraný 43-palcový televízor Amazon Fire TV 4-Series s rozlíšením 4K. Tento televízor disponuje 4 vstupmi HDMI, čo umožňuje pohodlné prepojenie obrazu z počítača. Televízor bol venovaný Katedre leteckej dopravy.



Obrázok 4: Monitor výstupu prehľadového systému

Prepojenie monitorov s počítačmi

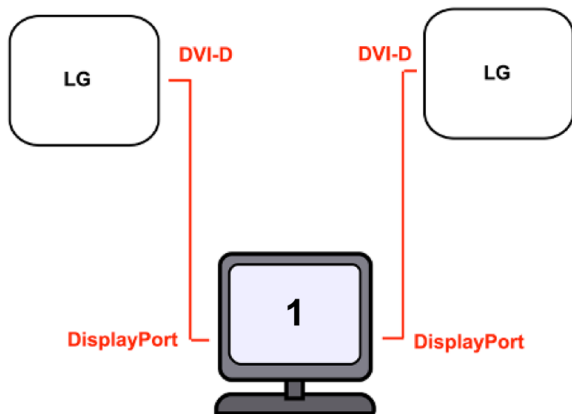
Na zabezpečenie prenosu obrazu z počítačov na monitory je nutné k nim správne pripojiť vhodné káble. Počítač pseudopilota je integrovaný s obrazovkami LG 24MB37PM prostredníctvom kábla DVI-D – DisplayPort, kde konektor DVI-D je pripojený k vstupu monitora a konektor DisplayPort je priamo zapojený do vstupu počítača.

Na obrázku č. 6 je zobrazené riešenie prepojenia počítačov hlavného servera a riadiaceho s monitormi konzoly ATC. Počítač č.2, určený pre riadiaceho, je pripojený k monitoru Apple Cinema HD pomocou redukcie výstupného kábla monitora z DVI-D na HDMI. Okrem toho je počítač č.1 spojený s televízorom Amazon Fire TV 4-Series pomocou HDMI – HDMI kábla.

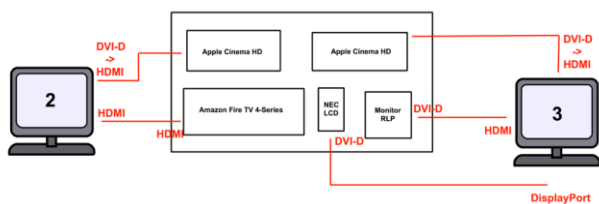
Počítač č.3, ktorý slúži ako hlavný server, má rovnaké prepojenie s monitorom Apple Cinema HD ako počítač č.1. Monitor NEC MultiSync LCD2080UXI-BK je prepojený s počítačom č.3 pomocou DVI-D – DisplayPort kábla, pričom DVI-

D je pripojené k vstupu monitora a DisplayPort je pripojený k vstupu počítača.

Posledné prepojenie je medzi monitorom zo ĽLP a počítačom č.2. Toto prepojenie je uskutočnené pomocou DVI-D – HDMI kábla, pričom DVI-D je pripojené k vstupu monitora a HDMI je pripojený k vstupu počítača.



Obrázok 5: Schéma prepojenia počítača pre pseudopilota (č. 1) s monitormi



Obrázok 6: Schéma prepojenia počítačov riadiaceho (č. 2) a hlavného servera (č.3)s monitormi na konzole

Prepojenie počítačov v miestnej sieti

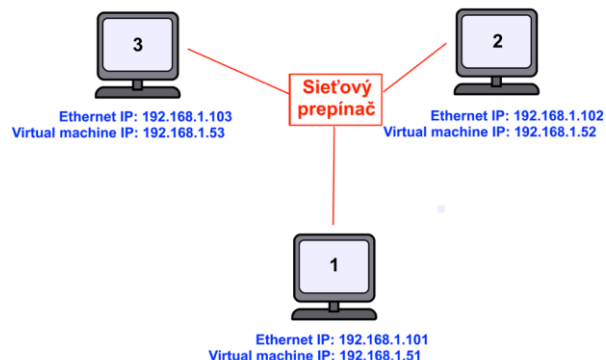
V prostredí VirtualBox je kľúčové zabezpečiť efektívnu komunikáciu medzi počítačmi hlavného servera, riadiaceho a pseudopilota prostredníctvom spoločnej miestnej siete. Túto úlohu zabezpečuje sieťový prepínač spolu s káblami LAN, ktoré umožňujú prenos údajov medzi jednotlivými počítačmi. Sieťový prepínač D-Link GO-SW-5E, s 5 portmi LAN, bol zvolený ako optimálna voľba pre pripojenie viacerých zariadení v sieti.

Po pripojení počítačov k prepínaču nasleduje nastavenie ich statických IP adries, čo je nevyhnutné pre stabilné a spoľahlivé komunikačné spojenie. V prostredí operačného systému Windows sa po pripojení k prepínaču objavujú dve nové siete, Ethernet a Ethernet 2, pričom sieť Ethernet 2 je priradená virtuálnemu prostrediu VirtualBox, umožňujúc tak komunikáciu medzi virtuálnymi počítačmi a hostiteľským systémom.

Pre optimálne fungovanie softvéru ESCAPE Light boli navrhnuté statické IP adresy pre jednotlivé počítače s ohľadom na rozsah IP adries tohto softvéru. Virtuálnym strojom VirtualBoxu boli pridelené IP adresy v logickom poradí, ktoré korešpondovali s

ich pozíciami v sieti - číslo 1 pre počítač pseudopilota, číslo 2 pre počítač riadiaceho a číslo 3 pre počítač hlavného servera.

Následne bolo nutné nastaviť sieťové adaptéry pre jednotlivé virtuálne stroje vo VirtualBoxe, povoliť ich pripojenie k "Bridged Adapter" a nastaviť promiskuitný mód na "Allow all VM", čím sa zabezpečila správna komunikácia medzi počítačmi vo virtualizovanom prostredí. Tieto kroky sú kľúčové pre zabezpečenie funkčnosti siete a komunikáciu medzi jednotlivými počítačmi v simulovanom prostredí riadenia letovej prevádzky.



Obrázok 7: Schéma priradovania IP adries jednotlivým počítačom

Ostatný hardvér

Ako slúchadlá boli vybrané Genius HS-200C Dual Jack. Slúchadlá patria k najlacnejším na trhu a dobre simulujú akustiku v lietadle. Priestory 6,7, a 8 na obrázku č.1 boli vyplnené vyrezanou plastovou doskou, na ktoré boli umiestnené letové stripy pre riadiaceho, lokálne frekvencie a mapa preletových tratí horného vzdušného priestoru Slovenska. Jednotlivé pomôcky je možné meniť podľa potreby. Záverom tejto časti práce je plne funkčný simulátor ATC Katedry leteckej dopravy po softvérovej ako aj hardvérovej stránke.

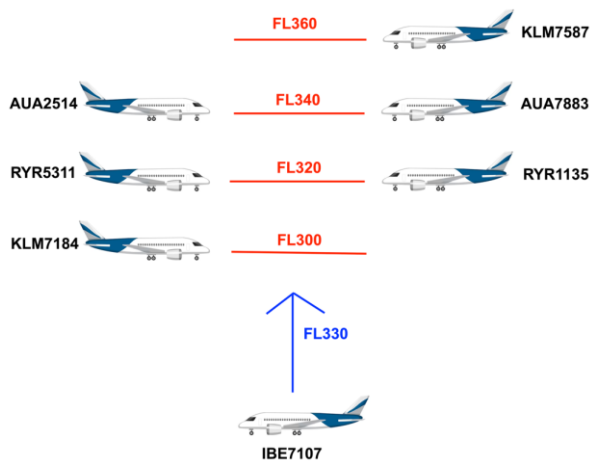


Obrázok 8: Simulátor bez ostatného hardvéru

2.5. Návrh cvičenia v ESCAPE Light

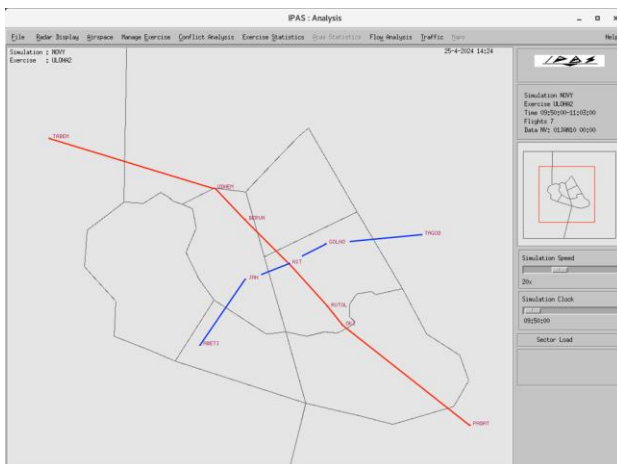
Táto časť článku sa venuje návrhu cvičenia pre študentov v softvéru ESCAPE Light. Cvičenie by malo overiť schopnosť

študentov odriadiť vzdušný priestor s ohľadom na platné predpisy a bezpečnosť jednotlivých letov. Toto cvičenie je zamerané najmä na vertikálnu separáciu lietadiel. Názov cvičenia je „Zložitá vertikálna separácia lietadiel“, ktoré spadá pod súbor Uloha2 a je časťou simulácie NOVY. Celkovo sa nachádza v cvičení 7 letov, ktoré prelietavajú vzdušný priestor Maďarska, Slovenska a Česka. Lety AUA2514, RYR5311 a KLM7184 letia trasu TABEM, ODNEM, BERVA, NIT, RUTOL, OKI, TPS, PADAT a DEGET v letových hladinách 340, 320 a 300 v poradí ich menovania. Lety KLM7587, AUA7883 a RYR1135 letia tú istú trasu, ale opačne v letových hladinách 360, 340 a 320 v poradí ako boli menované. Posledný let IBE7107 nasleduje body ABETI, JAN, NIT, GOLNO a TAGOD a križuje trasu TABEM – DEGET v bode NIT. Letová hladina letu IBE7107 je 330.



Obrázok 9: Schéma návrhu cvičenia v ESCAPE Light

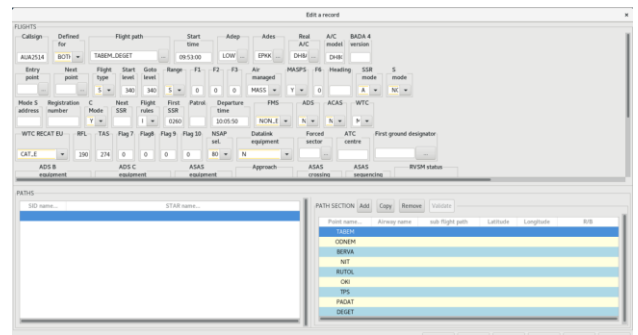
Počiatkový čas simulácie je 09:50:00, v ktorom zároveň začínajú lety AUA2514 a AUA7883. V čase 09:53:00 pokračujú lety RYR5311 a RYR1135. O 12 minút neskôr v čase 10:05:00 pokračujú lety KLM7184 a KLM7587. Posledný let IBE7107 začína v čase 10:05:50.



Obrázok 10: Vyznačené trasy letov v IPASE

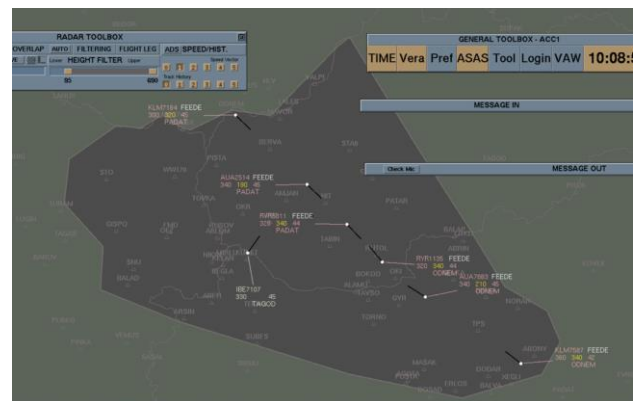
Tvorenie cvičenia začína v časti IPAS softvéru ESCAPE Light, pričom je dôležité dopredu poznať cieľ cvičenia. IPAS sa spúšťa príkazom ipas v príkazovom riadku a jeho spustenie sa potvrdí zadaním y. V IPASE je možné navrhovať vlastný vzdušný priestor, premávku, meteorologické podmienky a správanie jednotlivých

lietadiel. Lietadla nesmú mať rovnaké číslo letu ani kód odpovedača, inak to systém vyhodnotí ako chybu.

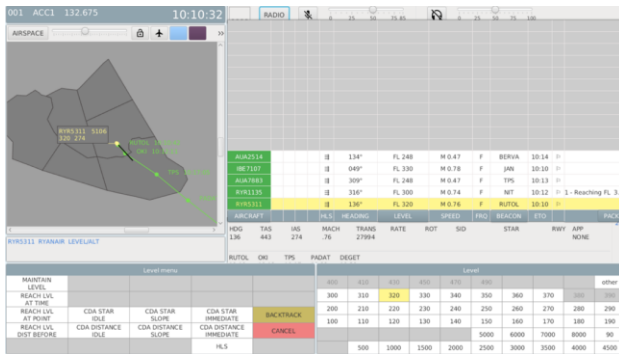


Obrázok 11: Nastavenia vlastností letu AUA2514

Z najdôležitejších parametrov, ktoré je možné určiť lietadlu sú jeho typ, trasa, počiatkový čas, kód odpovedača, letová hladina pri počiatku a cieľová letová hladina, TAS, letiská vzletu a pristátia a mnoho iného. Trasu je potrebné definovať bodmi, ktoré sú súčasťou navrhovaného vzdušného priestoru. Predtým ako sa simulácia odošle do časti Ground, kde sa celá simulácia spúšťa a prebieha, je potrebné overiť, či sa v simulácii nenachádzajú chyby, ktoré by mohli narušiť jej priebeh. Tento proces je komplikovaný, pretože sa celé cvičenie najprv overí v sekcii PVT v IPASE a následne ešte validuje v sekcii CHECK. Po úspešnom overení funkčnosti simulácie sa simulácia môže spustiť v časti Ground. Na spustenie je potrebné v príkazovom riadku napísať príkaz "start" nasledovaný názvom simulácie. Simulácia vyžaduje tiež nastavenie pozícií pseudopilota, riadiacich a hlavného servera, aby jednotlivé počítače medzi sebou komunikovali správne. Spustenie simulácie je možné stlačením tlačidla "Start" a celý proces trvá niekoľko minút.



Obrázok 12: Pohľad na prehľadový radar riadiaceho



Obrázok 13: Pohľad na príkazový monitor pseudopilota

3. Záver

Tento článok sa venoval softvérovému a hardvérovému vybaveniu simulátora ATC na Katedre leteckej dopravy. Softvér ESCAPE Light, vyvinutý Eurocontrolom, bol základným zdrojom pre výber vhodného hardvéru do simulátora riadenia letovej prevádzky. Do simulátora boli vybrané vhodné počítače, ktoré spĺňajú požiadavky Eurocontrolu. Súčasťou počítačov bolo aj príslušenstvo, a to konkrétne myši a klávesnice. Počítače boli doplnené monitormi, ktoré zobrazujú všetky potrebné údaje. Pre dosiahnutie plynulej prevádzky softvéru bolo nevyhnutné správne prepojiť vybraný hardvér. Prenos obrazu zabezpečuje vhodná kabeláž. Sieťový prepínač zabezpečuje komunikáciu počítačov cez miestnu sieť LAN. Na to, aby komunikácia bola úspešná, bolo potrebné správne nastaviť statické IP adresy. Simulátor bol doplnený o ostatný hardvér, a to konkrétne slúchadla a zobrazenia METARu, letových stripov a frekvencií na plastových doskách.

Výsledkom práce je funkčný simulátor ATC a návrh cvičenia v softvéri ESCAPE Light, ktoré sa týka vertikálnej separácie lietadiel.

Simulátor riadenia letovej prevádzky predstavuje dôležitý nástroj v leteckom vzdelávaní a výskume. Jeho implementácia na Katedre leteckej dopravy predstavuje významný krok v poskytovaní vysokokvalitnej pomôcky pre študentov aj pedagógov predmetu Manažment letovej prevádzky.

Prvou a najvýraznejšou výhodou je možnosť realizácie realistických simulácií letovej prevádzky, ktoré dokonale simulujú reálne letecké prostredie. Týmto spôsobom študenti majú možnosť získavať praktické skúsenosti a trénovať svoje riadiace schopnosti v bezpečnom a kontrolovanom prostredí, bez rizika pre životy a majetok.

Okrem toho, simulátor umožňuje prispôsobiť cvičenia konkrétnym potrebám výcviku a testovania. Flexibilita softvéru ESCAPE Light umožňuje prispôsobiť parametre cvičení podľa špecifických požiadaviek a cieľov vzdelávania.

Taktiež, simulátor ponúka možnosť efektívnejšieho a interaktívneho výučbového prostredia. Študenti môžu priamo zažívať rôzne letecké situácie a problémy, čo posilňuje ich schopnosti rýchleho a presného rozhodovania v reálnom čase. Simulátor môže výborne slúžiť ako pomôcka pre študentov a pedagógov predmetu Manažment letovej prevádzky, ale aj ako zdroj mnohých záverečných prác.

Pod'akovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra 2014 - 2020 pre projekt: Inteligentné operačné a spracovateľské systémy pre UAV, s ITMS kódom projektu 313011V422, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



EURÓPSKA ÚNIA
Európsky fond regionálneho rozvoja
OP Integrovaná infraštruktúra 2014 – 2020



MINISTERSTVO
DOPRAVY A VÝSTAVBY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Referencie

- [1] BOUCHAL, Albert (2021). Koncept využitia simulátora ATC na Ústave leteckej dopravy. Praha. Diplomová práca. ČVUT. Ústav leteckej dopravy.
- [2] BOUCHADON, Philippe; HAD, Petr a BOUCHAL, Albert (2022). The Design and Implementation of Upgraded ESCAPE Light ATC Simulator Platform at the CTU in Prague. Praha. ČVUT.
- [3] EUROCONTROL (2020). Escape_Light_Pltf_Installation-guide-v5-3. Interný dokument. EUROCONTROL.
- [4] Heureka (2024). Online. Dostupné na: www.heureka.sk
- [5] Alza (2024). Online. Dostupné na: www.alza.sk



LETISKOVÉ SLOTSY A TRHOVÝ MECHANIZMUS

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

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

Abstract

The paper discusses the issue of airport slots and possible implementations of market mechanisms into the airport capacity allocation system. To understand the key facts related to slot allocation, it contains a basic theoretical definition. Subsequently, the paper focuses on slot allocation rules in the EU. The views from the literature on the introduction of a slot market mechanism in the EU are also confronted, with a focus on primary and secondary trading as well as on the possibilities of involving third parties in the trading system. Furthermore, experiences with airport slot trading in the UK and the US are described. Alternatives for future developments in the EU are also set out, with a focus on reform of the slot allocation system in the UK and the European Union. An evaluation of the findings is presented at the end of the paper.

Keywords

Airport slot, Market mechanism, Allocation of airport slots, Reform

1. Úvod

Od čias vynájdenia prvého lietadla došlo k výraznému rozmachu leteckej dopravy. Objem prevádzky každým rokom rastie a na mnohých letiskách tak dochádza k preťaženiu v dôsledku ich nedostatočnej kapacity. Rozšírenie súčasnej infraštruktúry, prípadne vybudovanie nového letiska nie je vždy možné. Z tohto dôvodu bol zavedený systém prevádzkových intervalov, resp. letiskových slotov, ktorým sa reguluje prístup na najviac vyťažené letiská. V dôsledku veľkého nárastu počtu letov súčasná podoba systému alokácie začína byť nedostatočná. Cieľom príspevku je preto prezentovať vývoj a aktuálny stav pravidiel upravujúcich alokáciu prevádzkových intervalov a uviesť možnosti zmien súčasného režimu. V druhej kapitole príspevku je uvedené rozdelenie letísk podľa úrovne ich koordinácie, definícia prevádzkových intervalov, spôsob ich alokácie, status nového dopravcu a vymedzenie úloh koordinátora. Uvádza sa aj definícia transferu a mobility slotov a rozdiel medzi netrhovým a trhovým prístupom k alokácii prevádzkových intervalov. V tretej kapitole príspevku sú uvedené dôvody prijatia nariadenia Rady (EHS) č. 95/93 a nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) 793/2004, ako aj ich ciele. V štvrtej kapitole príspevku sa pozornosť venuje primárnemu a sekundárnemu obchodovaniu, ako aj prípadnému začleneniu tretích strán do systému obchodovania. Piata kapitola sa zameriava na skúsenosti z iných krajín, konkrétne na skúsenosti zo Spojeného kráľovstva a USA. V šiestej kapitole sú uvedené alternatívy budúceho vývoja v oblasti letiskových slotov v EÚ a Spojenom kráľovstve. V závere príspevku sú zhrnuté zistenia týkajúce sa riešenej problematiky a uvedené sú návrhy na riešenie nedostatkov súčasného systému alokácie prevádzkových intervalov.

2. Základné teoretické vymedzenia

2.1. Rozdelenie letísk podľa úrovne koordinácie

Medzinárodné združenie leteckých dopravcov (IATA) rozdeľuje letiská (úrovne koordinácie) na základe pomeru medzi dopytom

po kapacite letísk a ponukou kapacity letísk do troch kategórií. V závislosti od úrovne koordinácie letiska sa odvíjajú aj používané zásady a postupy pri koordinácii [1].

Úrovne koordinácie:

- Úroveň 1 – Kapacita letiska je dostačujúca vzhľadom na dopyt. Bez koordinácie.
- Úroveň 2 – Kapacita letiska nemusí byť dostatočná počas určitého obdobia dňa, týždňa alebo sezóny. Upravuje sa letový poriadok na základe dohody s leteckými spoločnosťami.
- Úroveň 3 – Kapacita letiska nevyhovuje dopytu. Nezávislý koordinátor prideluje prevádzkové sloty (prevádzkové intervaly) na prílet a odlet leteckým spoločnostiam [1].

2.2. Prevádzkové intervaly

Prevádzkové intervaly, nazývané aj letiskové sloty, môžeme definovať ako časový interval na využitie celej škály leteckej infraštruktúry vyžadovanej na prílet a odlet pridelený koordinátorom v stanovený deň na letiskách úrovne 3. Letiskové sloty sa pridelujú zvlášť pre letnú a zimnú leteckú sezónu [2] [3].

Okrem samostatných prevádzkových intervalov rozoznávame aj tzv. série prevádzkových intervalov. Podľa WASG [2] je to minimálne päť prevádzkových intervalov pridelených (požadovaných) na rovnaký čas toho istého dňa v týždni v rovnakej sezóne [2].

Je dôležité poznamenať, že pomocou pridelovania slotov nevzniká nová kapacita, a hovoríme len o prechodnom riešení nedostatočnej (existujúcej) kapacity letísk [3].

2.3. Alokácia letiskových slotov

Alokácia letiskových slotov (pridelovanie), resp. koordinácia prístupu ku kapacite je proces, ktorého úlohou je zaistiť

spravodlivé, transparentné a nediskriminačné pridelovanie limitovanej kapacity letiska leteckým spoločnostiam (alebo iným prevádzkovateľom lietadiel) s cieľom zabezpečiť čo najefektívnejšie využitie letiskovej infraštruktúry. Pri alokácii prevádzkových intervalov musí byť stanovený počet slotov, ktorý môže byť pridelený dopravcom za jednotku času, známy ako deklarovaná kapacita [2] [4].

V súčasnosti patria medzi najbežnejšie princípy používané pri pridelovaní prevádzkových intervalov tzv. „grandfather rights“ alebo pravidlo „use-it-or-lose-it“. Grandfather rights (resp. dedičné, historické práva) sú práva, ktoré umožňujú leteckým dopravcom prednostne prechovávať a využívať im pridelené prevádzkové intervaly v nasledujúcej zodpovedajúcej sezóne. Pre využitie týchto práv musia byť dodržiavané určité podmienky. Use-it-or-lose-it je princíp, pri ktorom sa vyžaduje, aby letecký dopravca využil určitý minimálny počet slotov zo série prevádzkových intervalov (zvyčajne 80%). V prípade, že dopravca nesplní minimálnu mieru využitia, vráti sa slot do fondu prevádzkových intervalov a môžu sa oň uchádzať iné letecké spoločnosti [4] [5].

2.4. Nový dopravca z hľadiska potrieb alokácie

Okrem pravidla historického precedensu sa v alokácii letiskových slotov uplatňuje aj princíp preferencie tzv. nových dopravcov. Podľa WASG platných od roku 2022 je nový dopravca definovaný ako dopravca, ktorý žiada o pridelenie série prevádzkových intervalov na danom letisku na konkrétny deň. Zároveň, ak by sa vyhovelo jeho žiadosti, bol by držiteľom menej ako 7 prevádzkových intervalov na danom letisku v požadovaný deň [2].

2.5. Koordinátor

Koordinátor môže byť organizácia alebo osoba, ktorej úlohou je zabezpečiť spravodlivé, transparentné a nediskriminačné pridelovanie prevádzkových intervalov na preťažených letiskách úrovne 3. Koordinátor koná nezávisle [2].

2.6. Transfer a mobilita slotov

Transfer slotov je proces, pri ktorom dochádza k prevedeniu prevádzkových intervalov z jednej leteckej spoločnosti na druhú. Prevod môže byť uskutočnený len za predpokladu, že nie je zakázaný zákonmi danej krajiny. Prevádzkové intervaly je možné previesť len na spoločnosť, ktorá prevádzkuje alebo plánuje prevádzkovať lety z príslušného letiska. Sloty nadobudnuté vďaka štatútu nového dopravcu musia byť prevádzkované minimálne počas dvoch rovnocenných sezón, aby sa zamedzilo zneužitiu tohto zvýhodneného statusu v podobe prevedenia získaných slotov na iné letecké spoločnosti pred uplynutím stanoveného obdobia [2].

Mobilita slotov je proces, pri ktorom dochádza k výmene pridelených prevádzkových intervalov na letiskách úrovne 3 v podobe jeden za jeden medzi ľubovoľným počtom leteckých spoločností. Výmena môže byť uskutočnená len za predpokladu, že nie je zakázaná zákonmi danej krajiny. Koordinátor môže odmietnuť potvrdiť výmenu slotov nadobudnutých vďaka štatútu nového dopravcu, ak nie je presvedčený, že by vďaka výmene došlo k zlepšeniu prevádzky danej spoločnosti. Celkovo je však výmena prevádzkových intervalov podporovaná [2].

Presun alebo výmena prevádzkových intervalov musí byť oznámený koordinátorovi, ktorý ho následne potvrdí. V prípade, že súčasťou presunu alebo výmeny bola aj protihodnota, zverejnia zainteresované strany potrebné údaje. Tie sa následne uverejnia na webovej stránke koordinátora, za účelom transparentnosti (uvádzajú sa názvy leteckých spoločností, časy prevedených alebo vymenených prevádzkových intervalov, obdobie, na aké sa prevod alebo výmena vykonala – napr. trvalé/dočasné). Nie je potrebné sprístupniť ďalšie informácie o dohode okrem tých, ktoré už boli spomenuté [2].

2.7. Netrhový a trhový prístup

Netrhový prístup (administratívny), je prístup pri pridelovaní prevádzkových intervalov založený na základe pravidiel historického precedensu alebo preferencií nových dopravcov. Sloty prideluje koordinátor v súlade so stanovenými pravidlami, predpismi a postupmi [3] [4].

Trhový prístup zahŕňa takzvané sekundárne obchodovanie po prvotnej alokácii. Pravidlá pre sekundárne obchodovanie sa líšia v závislosti od krajiny [3] [4].

3. Vývoj a aktuálny stav pravidiel alokácie letiskových slotov v EÚ

3.1. Nariadenie Rady (EHS) č. 95/93

V dôsledku potreby prijatia právnej úpravy na úrovni Európskej únie bolo 18. januára 1993 prijaté nariadenie Rady (EHS) č. 95/93 o spoločných pravidlách pridelovania prevádzkových intervalov na letiskách spoločenstva. Bola to reakcia na nárast objemu leteckej dopravy v členských štátoch spoločenstva, ktorý vyústil k navýšeniu počtu preplnených letísk. Nariadenie si kládlo za cieľ napríklad:

- pridelovať prevádzkové intervaly neutrálnym, transparentným a nediskriminačným spôsobom,
- docieľiť neutralitu pri rozhodovaní o koordinácii letiska (zabezpečuje štát zodpovedný za letisko na základe objektívnych kritérií),
- vymenovanie koordinátora s nespornou neutralitou členským štátom,
- zabezpečenie transparentnosti informácií pri pridelovaní prevádzkových intervalov,
- a iné [6].

3.2. Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) 793/2004

Prijatím nariadenia Európskeho parlamentu a Rady (ES) 793/2004 započal revízný proces pravidiel týkajúcich sa pridelovania prevádzkových intervalov na letiskách spoločenstva. K základným cieľom tohto nariadenia môžeme zaradiť nasledovné:

- Dosiachnutie najefektívnejšieho využitia letiskovej infraštruktúry vypracovaním kapacitnej analýzy. Ak by sa preukázalo, že letisko nedisponuje dostatočnou kapacitou, bolo by určené ako koordinované.

- Stanovenie pravidiel pre dodržiavanie princípov transparentnosti, nestrannosti a nediskriminácie na koordinovaných letiskách.
- Zabezpečenie nezávislosti koordinátora na koordinovaných letiskách a sprostredkovateľa letových plánov na letiskách s možným plánovaním letov.
- Vymedzenie zodpovednosti koordinátorov.
- Stanovenie úlohy koordináčného výboru.
- Upresnenie významu pridelenia prevádzkového intervalu.
- Preskúmanie potreby vypracovania pravidiel a postupov koordinácie prevádzkových intervalov letísk a letových ciest.
- Naviazanie dedičných práv na série prevádzkových intervalov.
- Zohľadňovanie prevádzkových a environmentálnych obmedzení pri určovaní kapacitných parametrov.
- Objasnenie situácie dedičných práv v prípade spoločných prevádzok, dohôd o spoločnom označovaní liniek (code-share) alebo franšízingových dohôd.
- Uprednostňovanie pravidelných služieb na letiskách bez rozdielu medzi plánovanými a neplánovanými službami.
- Úprava definície pojmu „nový dopravca“ tak, aby sa podporilo poskytovanie primeraných leteckých dopravných služieb pre regióny a aby sa zvýšila potenciálna hospodárska súťaž na tratiach spoločenstva.
- Zabezpečenie jednotného zaobchádzania s dopravcami spoločenstva v tretích štátoch – zavedenie opatrení proti tretím štátom, ktoré rovnaké zaobchádzanie neposkytujú.
- Prijatie opatrení na realizáciu nariadenia, hlavne z dôvodu výskytu dopravcov, ktorí opakovane a úmyselne nerešpektujú pravidlá pridelenia prevádzkových intervalov.
- Zavedenie postupov na preskúmanie rozhodnutí prijatých koordinátorom [5].

4. Konfrontácia názorov z odbornej literatúry na zavedenie trhového mechanizmu so slotmi v EÚ

V rámci snáh o zvýšenie efektivity využitia kapacity letísk sa zvažuje zavedenie trhových mechanizmov alokácie prevádzkových intervalov. K týmto mechanizmom môžeme zaradiť primárne a sekundárne obchodovanie [7].

4.1. Primárne obchodovanie

Primárne obchodovanie s prevádzkovými intervalmi má potenciál nahradiť súčasný systém počiatočného pridelenia.

Prevádzkové intervaly by mohli byť predávané leteckým spoločnostiam napríklad národnou vládou, letiskom alebo koordinátorom. Pomocou mechanizmu primárneho pridelenia by bolo možné identifikovať dopravcov, ktorí by boli ochotní za prevádzkové intervaly zaplatiť najviac. Vďaka tomuto mechanizmu by letiskové sloty boli následne pridelené práve týmto leteckým spoločnostiam [7].

Pri primárnom obchodovaní rozlišujeme dva hlavné spôsoby určovania cien za prevádzkové intervaly:

- predávajúca strana stanoví cenu za prevádzkové intervaly,
- predávajúca strana usporiada aukciu o prevádzkové intervaly [7].

Mechanizmus primárneho obchodovania by však musel prekonať určité prekážky medzi ktoré môžeme zaradiť náročnosť stanovenia cien alebo návrhu vhodného aukčného mechanizmu, aby sa zabezpečilo, že prevádzkové intervaly budú alokované najefektívnejším spôsobom. V závislosti od zvoleného prístupu sa líšia aj náklady na implementáciu [7].

4.2. Sekundárne obchodovanie

Pod pojmom sekundárne obchodovanie môžeme rozumieť proces, ktorý sa uskutočňuje po prvotnej alokácii prevádzkových intervalov, pričom môže fungovať v kombinácii so súčasným počiatočným pridelovacím mechanizmom alebo primárnym obchodovaním. Sekundárne obchodovanie by mohlo vyriešiť problém neefektívnosti administratívnej alokácie, a mohlo by mať podobu výmeny prevádzkového intervalu (jeden za jeden) alebo predaja/nákupu letiskových slotov za peniaze, prípadne ich leasingu [3] [7] [8] [9].

4.3. Začlenenie tretích strán do systému obchodovania

Začlenenie tretích strán do systému obchodovania by znamenalo, že zmien v prerozdelení prevádzkových intervalov by sa už nezúčastňovali len letecké spoločnosti, ale napríklad aj rôzne finančné inštitúcie, banky, atď. Takáto úprava v prístupe na trh môže podporiť hospodársku súťaž, ale existuje aj riziko špekulatívnych akvizícií prevádzkových intervalov, ktoré by na trh mohli mať negatívny vplyv. Preto je potrebné zabezpečiť, aby došlo k využitiu nadobudnutých slotov a zamedzilo sa ich zdržiavaniu s cieľom umelého zvyšovania ich hodnoty pre maximalizáciu zisku [9].

5. Konfrontácia skúseností z iných krajín

5.1. Skúsenosti zo Spojeného kráľovstva

Vplyvom obchodovania s prevádzkovými intervalmi sa zaoberali aj Mott MacDonald et al. [10], ktorí vo svojej štúdií vychádzajúcej z údajov od ACL (Airport Coordination Limited) skúmali aj obchod na Londýnskych letiskách Heathrow a Gatwick za obdobie od leta 2001 do leta 2006 podľa sezón. Podľa výsledkov analýzy je zrejme, že obchodovanie s prevádzkovými intervalmi viedlo ku zmene typu ponúkaných služieb z hľadiska preletenej vzdialenosti. Mott MacDonald et al. [10] uvádzajú, že letecké spoločnosti začali ponúkať na dlhé vzdialenosti lety s väčšími lietadlami oproti pôvodným krátkym trasám obsluhovanými menšími lietadlami. V rámci presunov

prevádzkových intervalov na komerčnej báze došlo k zvýšeniu priemernej veľkosti lietadla o približne 81% zo 139 miest na zhruba 250 miest na prevádzkový interval. Mott MacDonald et al. [10] následne vypracovali aj vlastnú analýzu 499 prevádzkových intervalov, ktoré boli predmetom obchodovania od roku 2001 do roku 2006 na letisku Londýn Heathrow, ktorej závery sa zhodujú s predchádzajúcou štúdiou, pričom zároveň vypočítali približný pomer akvizícií v skúmanom období, ktorý je nasledovný:

- 73% prevádzkových intervalov získala spoločnosť British Airways,
- 13% prevádzkových intervalov získala spoločnosť Virgin Atlantic,
- 11% prevádzkových intervalov získali spoločnosti Emirates a Qantas,
- 3% prevádzkových intervalov získal nový dopravca, spoločnosť Jet Airways [10].

Mott MacDonald et al. [10] predpokladali, že tieto prevádzkové intervaly budú využité zahraničnými dopravcami a spoločnosťou Virgin Atlantic výhradne na poskytovanie ďalších medzikontinentálnych služieb [10].

Mott MacDonald et al. [10] v štúdií tiež uvádzajú, že podľa ACL nejasnosť v legálnosti takéhoto obchodovania vyvoláva medzi dopravcami neistotu. Vzhľadom na vtedajšie členstvo Spojeného kráľovstva v EÚ štúdia, ktorú vypracovali Mott MacDonald et al. [10] uvádza, že by k ďalšiemu rozvoju obchodovania s prevádzkovými intervalmi na londýnskych letiskách Heathrow a Gatwick došlo, ak by sa sekundárne obchodovanie výslovne povolilo v príslušnom nariadení Európskej únie. Mott MacDonald et al. [10] poznamenali aj ďalší predpoklad ACL, ktorý tvrdí, že ak by sa do sekundárneho obchodovania zapojili aj iní dopravcovia ovplyvnilo by to aj aktivitu British Airways ako dominantného účastníka na skúmanom trhu, ktorý by tak pravdepodobne znížil svoj podiel na obchodoch [10].

Vplyvom sekundárneho obchodovania na letisku Londýn Heathrow sa zaoberali aj Wang et al. [4]. Tí vo svojom článku zdôrazňujú, že podľa údajov zo správy ACL bolo od letnej sezóny 2008 do letnej sezóny 2019 na sekundárnom trhu zobchodovaných 4710 týždenných prevádzkových intervalov, v porovnaní s 356 letiskovými slotmi pridelenými z fondu prevádzkových intervalov. Na sekundárnom trhu sa tak uskutočnilo až viac ako 90% všetkých akvizícií. Kombinácia rozličných metód sekundárneho obchodovania a primárneho pridelovania umožňuje mnohým dopravcom vstup na preťažené letiská. Príkladom je aj spoločnosť Delta Airline, ktorá si zabezpečila prístup na letisko Londýn Heathrow pomocou spoločných podnikov (joint ventures) s Air France a KLM, a následne vďaka leasingu/prenájmu a nákupu získala aj dedičné práva na prevádzkové intervaly. Okrem toho sekundárne obchodovanie medzi partnermi z aliancie alebo code-share podporuje aj hospodársku súťaž na trasách prostredníctvom nárastu v počte leteckých spoločností, čím sa zvýši konkurencia. Opačný vplyv však má obchodovanie s prevádzkovými intervalmi medzi konkurentami, kde dochádza k ich odlivu. Dopravcovia tak sú motivovaní získavať prevádzkové intervaly od konkurentov a zabezpečiť si tak vedúcu pozíciu na tratiach. Wang et al. [4] tiež uvádzajú, že z

analýzy vyhotovenej ACL v roku 2009 týkajúcej sa obchodovania s letiskovými slotmi na letisku Heathrow vyplynulo, že po povolení obchodovania s prevádzkovými intervalmi došlo k navýšeniu priemerneho počtu sedadiel na lietadlo a priemerneho dostupného počtu sedadlových kilometrov (ASK) na jeden slot. Sekundárne obchodovanie tak viditeľne prospieva k efektívnejšiemu využitiu kapacity letiska [4].

5.2. Skúsenosti z USA

V USA je za regulovanie prístupu ku kapacite, resp. pridelovanie prevádzkových intervalov zodpovedný Federálny letecký úrad (FAA). K preťaženým letiskám, na ktorých dochádza k regulácii patria Medzinárodné letisko Johna F. Kennedyho (JFK), Letisko LaGuardia (LGA) a Národné letisko Ronalda Reagana vo Washingtone (DCA). FAA ďalej posudzuje a schvaľuje letový poriadok na medzinárodných letiskách Chicago O'Hare (ORD), Los Angeles (LAX), Newark Liberty (EWR) a San Francisco (SFO). Okrem toho na ostatných letiskách FAA monitoruje dopyt po pravidelnej leteckej doprave. Federálny letecký úrad uplatňuje na letiskách Newark Liberty (EWR), John F. Kennedy (JFK), Los Angeles (LAX), Chicago O'Hare (ORD) a San Francisco (SFO) celosvetovo uznávané usmernenia WASG, okrem prípadov, kedy sú v rozpore so zákonmi alebo inými pravidlami USA [11].

Proces pridelovania sa na letiskách EWR, JFK, LAX, ORD a SFO uskutočňuje dvakrát ročne na príslušnú sezónu, pričom na letiskách DCA a LGA sa prevádzkové intervaly pridelujú priebežne a neuskutočňuje sa na nich sezónne pridelovanie [12].

5.2.1. High Density Rule

Koncom šesťdesiatych rokov bol kvôli problémom s preťažením letísk a hlučnosťou lietadiel v USA prijatý právny predpis známy ako „High Density Rule“, ktorý limitoval celkový počet priletov a odletov v stanovenom dennom časovom období na piatich najvyťaženejších letiskách v Spojených štátoch amerických. Medzi tieto letiská patrili Washington National, neskôr známe ako Ronald Reagan Washington National, Chicago O'Hare a New Yorkské letiská John F. Kennedy, LaGuardia a Newark. Na letisku Newark bolo následne uplatňovanie týchto pravidiel z dôvodu neopodstatnenosti zrušené. Na medzinárodné lety sa High Density Rule nevzťahuje. Závažným nedostatkom tohto pravidla bolo, že poskytovalo protimonopolnú imunitu dopravcom za účelom diskusie o plánovaní a pridelovaní prevádzkových intervalov, čo sa ukázalo byť prekážkou pre nových dopravcov, ktorí chceli vstúpiť na preťažené letiská v USA [7] [10].

5.2.2. Pravidlo „Buy/Sell“

1. apríla 1986 bolo zavedené pravidlo „Buy/Sell“ ako reakcia na rapidný nárast dopytu po prevádzkových intervaloch v dôsledku liberalizácie odvetvia (deregulácie leteckých spoločností) v USA. Toto pravidlo zaručovalo uchovanie už pridelených prevádzkových intervalov leteckým spoločnostiam, ktoré ich využívali, čím si udržali svoje dedičné práva. Zároveň došlo k povoleniu relatívne neobmedzeného obchodovania s prevádzkovými intervalmi na letiskách Chicago O'Hare, Washington National, New York LaGuardia a New York JFK. S letiskovými slotmi využívanými na vnútroštátnu leteckú dopravu mohol od teraz obchodovať (nákup/predaj, leasing) ktorýkoľvek subjekt. Výnimkou však bolo obchodovanie

s prevádzkovými intervalmi na medzinárodné lety, na ktoré sa nevzťahovalo toto pravidlo a najväčší dopravcovia nemohli získať letiskové sloty na prímestské linky. V rámci zmien bolo zavedené tiež pravidlo use-it-or-lose-it. Aj napriek tomu, že bolo sekundárne obchodovanie s letiskovými slotmi legálne, zainteresované strany neboli ochotné zdieľať detailné informácie o sumách, ktoré transakcia zahŕňala. Vlastníkom týchto prevádzkových intervalov však bolo aj naďalej Ministerstvo dopravy a to malo právomoc ich kedykoľvek odobrať [7] [10].

Pre nových účastníkov na trhu bolo rezervovaných 5% z celkového počtu prevádzkových intervalov, ktoré boli následne alokované pomocou lotérie. Okrem toho došlo rovnakým spôsobom k prerozdeleniu vrátených alebo nových letiskových slotov, ale 25% z nich sa najprv ponúкло novým dopravcom [7] [10].

5.2.3. *Air 21*

Zákon Air 21 bol prijatý v apríli roku 2000. Príčinou bola neistota v schopnosť nových dopravcov vstúpiť na trh preťažených letísk a zároveň zachovať poskytovanie služieb pre izolovanejšie komunity. Prijatím tohto zákona došlo aj k zavedeniu nového druhu letiskových slotov, tzv. výnimočných prevádzkových intervalov, na ktoré sa nevzťahoval právny predpis High Density Rule. Účelom tejto zmeny bola snaha o rozvoj leteckých dopravných služieb do izolovanejších komunít alebo podpora nových dopravcov. Prostredníctvom tohto zákona sa postupne prestal uplatňovať právny predpis High Density Rule na letiskách Chicago O'Hare (od 1. júla 2002) a JFK a LaGuardia (od 1. januára 2007) [10].

Dôsledky vyplývajúce zo zmien po prijatí zákona Air 21 môžeme zhrnúť v nasledovných základných bodoch:

- došlo k obmedzeniu sekundárneho obchodovania s prevádzkovými intervalmi,
- dopravcovia sa snažili uplatňovať výnimky, aby tak získali výnimočné prevádzkové intervaly – došlo k zníženiu dopytu po letiskových slotoch na sekundárnom trhu,
- výnimočné prevádzkové intervaly nebolo možné kupovať, predávať, previesť alebo dať na leasing – v držbe ich mohla mať len letecká spoločnosť, ktorej boli pridelené, čo viedlo k poklesu ponuky letiskových slotov na sekundárnom trhu,
- na letiskách New York LaGuardia a Chicago O'Hare došlo k nárastu dopytu po kapacite zo strany leteckých spoločností – deregulácia tak mala za následok vznik preťaženia a značného zdržania dopravy [10].

6. Stanovenie alternatív budúceho vývoja v EÚ

V tejto časti sa budeme zaoberať možnými alternatívami vo vývoji systému alokácie prevádzkových intervalov v Európskej únii a Spojenom kráľovstve. Dôvodom zaradenia Spojeného kráľovstva do tejto kapitoly je skutočnosť, že do roku 2020 patrilo do Európskej únie [13].

6.1. *Reforma alokácie prevádzkových intervalov v Spojenom kráľovstve*

V súčasnosti Úrad civilného letectva Spojeného kráľovstva [14] uvádza ako platnú právnu úpravu systému alokácie prevádzkových intervalov nariadenie Rady (EHS) č. 95/93. Po vystúpení z Európskej únie sa však v Spojenom kráľovstve stala predmetom diskusií reforma tohto systému. Ministerstvo dopravy Spojeného kráľovstva [15] prezentovalo rôzne návrhy zmien, ktoré sú zamerané na zvýšenie efektivity, transparentnosti a dynamickosti systému prevádzkových intervalov. V podkapitole 6.1 uvedieme základné návrhy prezentovaných zmien [14] [15].

6.1.1. *Zvýšenie efektivity systému prevádzkových intervalov*

V rámci zmien sa pre ministra dopravy navrhuje zavedenie právomoci umožňujúcej prijímanie potrebných úprav v definícii nového účastníka na trhu, aby boli v súlade s usmerneniami WASG. Minimalizovaním prekážok k vstupu a rastu na trhu vyplývajúcich zo súčasného znenia uvedenej definície a súvisiacich obmedzení, sa zachová konkurencieschopnosť trhu leteckej dopravy v Spojenom kráľovstve. Navrhuje sa úplné odstránenie definície „letiskový systém“, pretože nereflekтуje aktuálnu situáciu v UK a je považovaná za nadbytočnú. Odporúča sa upraviť aj minimálna dĺžka využitia pridelených prevádzkových intervalov zo súčasných dvoch na štyri rovnocenné sezóny. Obmedzenia zmien trás, výmen a prevodov prevádzkových intervalov by sa nevzťahovali len na prevádzkové intervaly pridelené novým dopravcom, ale aj na novo vytvorené letiskové sloty. Legislatívne úpravy by mali zohľadniť aj situáciu v súvislosti s prioritou pri pridelovaní prevádzkových intervalov. Aktuálne sa uprednostňujú žiadosti o opätovné pridelenie letiskových slotov. Podľa návrhu by mali mať opätovné žiadosti rovnakú prioritu ako žiadosti o pridelenie nových prevádzkových intervalov alebo od nových účastníkov, čím sa zabezpečí aj zosúladienie nariadenia s odporúčaniami WASG. Právomoc ministra dopravy by sa podľa návrhu mala rozšíriť aj o nasledovné možnosti:

- za určitých podmienok požadovať od koordinátora, aby považoval nevyužitú prevádzkové intervaly za využité,
- zmeniť pomer využitia prevádzkových intervalov a doplniť dodatočné podmienky,
- zmeniť ustanovenia JNU,
- presadzovať zmeny,
- dočasne zmeniť akékoľvek ustanovenie súvisiace s parametrami koordinácie [15].

Uvedené právomoci by sa mali využívať striedmo, po konzultáciách s odborníkmi a zainteresovanými stranami a len v prípade, kedy by došlo k zjavnému narušeniu celého odvetvia [15].

Návrh uvádza aj možnosť na efektívnejšie využívanie kapacity letísk úrovne 3. Jedná sa o navýšenie koeficientu využitia prevádzkových intervalov, kedy by jednou z možností mohol byť pomer 90:10. Zavedenie tejto úpravy je potrebné zvážiť spolu so zmenou ustanovení JNU. Úprava pravidiel nemá za cieľ penalizovať dopravcov za nevyužitie letiskových slotov z dôvodov, ktoré nemôžu ovplyvniť, ale podpora efektívnejšieho

a intenzívnejšieho využívania prevádzkových intervalov. Otázne je však plošné využitie vyššieho pomeru pre všetky letiská úrovne 3, resp. možnosť týchto letísk určovať ho individuálne podľa situácie, v ktorej sa nachádzajú [15].

6.1.2. Zvýšenie transparentnosti systému prevádzkových intervalov

S cieľom zvýšenia transparentnosti systému prevádzkových intervalov sa navrhuje aktualizácia nariadenia, ktoré upravuje fungovanie koordinačného výboru za účelom posilnenia jeho úloh a zodpovednosti. Koordináčny výbor by tak mal podľa návrhu vykonávať kontrolu rozhodovania vo veciach týkajúcich sa prevádzkových intervalov, pričom by mal zverejňovať aj správy o prijatých rozhodnutiach. Predmetom úvah je aj vymenúvanie nezávislého predsedu koordinačného výboru a jeho schválenie zo strany ministra dopravy. V rámci reformy by zodpovednosť za zabezpečenie vybavenia odvolaní a sťažností voči rozhodnutiam koordinátora mala pripadnúť koordinačnému výboru. Podľa návrhu by mala byť pre ministra dopravy vytvorená nová právomoc, ktorá by mu umožňovala vydávať pokyny pre koordinátora pri vykonávaní určitého opatrenia. Pokyny by bol koordinátor povinný realizovať, museli by však byť v súlade s príslušnými právnymi predpismi. Takáto právomoc by sa využívala v špecifických situáciách, pričom by šlo o reakciu, ktorá by zodpovedala postojú odvetvia [15].

Reforma alokácie prevádzkových intervalov má vplyv aj na sekundárne obchodovanie v Spojenom kráľovstve. Navrhuje sa vytvorenie verejného registra prevádzkových intervalov pre každé letisko úrovne 3, v ktorom by mohli byť uvedené všetky držby letiskových slotov, ich prevádzkovatelia, držiteľia dedičných práv a dĺžka trvania zmlúv o prenájme. Pre uľahčenie sekundárneho obchodovania by mala byť zriadená obchodná platforma. Jej podoba ešte nie je úplne zrejímá, za prevádzku však bude zodpovedná ACL (Airport Coordination Limited). Platforma by slúžila na inzerovanie prevádzkových intervalov, ktoré by boli poskytnuté na obchodovanie. V rámci zmien sa tiež navrhuje posilnenie dohľadu zo strany regulačného orgánu nad sekundárnym obchodovaním, pričom by zahŕňal preskúmavanie a schvaľovanie obchodných transakcií, ak by letecká spoločnosť alebo skupina leteckých spoločností mala v držbe vopred stanovený podiel prevádzkových intervalov. Legislatívnym úpravám by podliehal aj prenájom, resp. leasing prevádzkových intervalov, pričom by bol obmedzený na určité obdobie. Potom by musel byť využitý pôvodným držiteľom alebo vrátený do fondu [15].

6.1.3. Zvýšenie dynamickosti systému prevádzkových intervalov

V reforme sa navrhujú aj úpravy týkajúce sa dedičných práv, ktoré by sa však nevzťahovali na existujúce prevádzkové intervaly držané leteckými spoločnosťami. Zmeny by sa mohli týkať uplatňovania dedičných práv len na novovytvorené alebo do fondu vrátené letiskové sloty označované ako nové prevádzkové intervaly. Podľa nových pravidiel, by mali dedičné práva stanovenú dobu platnosti, napr. 15 rokov. Následne by sa vrátili do fondu a opätovne prerozdělili. Zároveň by sa uplatňovalo aj pravidlo 80:20, čo by zabezpečilo, že nevyužitá prevádzková intervaly budú dopravcoví odobraté. Bolo by možné obchodovanie s takýmito prevádzkovými intervalmi. Obdobie platnosti by však zostalo nemenné, teda ak by bol uskutočnený obchod s letiskovými slotmi 5 rokov po ich

využívaní z 15 ročného obdobia platnosti, dopravca, ktorý takéto sloty nadobudne ich bude môcť využívať len na zostávajúcich 10 rokov. Prevádzkové okolnosti však nie sú rovnaké na všetkých letiskách úrovne 3, preto by sa uplatňovanie dedičných práv so stanovenou dobou platnosti mohlo vzťahovať na:

- všetky nové prevádzkové intervaly vytvorené vďaka novej kapacite letiska,
- časť nových prevádzkových intervalov, pričom na zvýšné novovytvorené letiskové sloty, by sa vzťahovali súčasne pravidlá, týkajúce sa dedičných práv,
- nové prevádzkové intervaly na konkrétnom letisku podľa jeho uváženia, pričom by bol potrebný súhlas ministra dopravy [15].

6.2. **Reforma alokácie prevádzkových intervalov v EÚ**

Reformou pravidiel alokácie prevádzkových intervalov sa Európska únia zaoberá dlhší čas. Posledný návrh nariadenia, ktorý výrazne menil charakter alokácie letiskových slotov, bol predstavený v roku 2011. Navzdory potrebnej revízii pravidiel tento návrh nebol prijatý a rokovania boli v roku 2013 pozastavené. Inštitúcie Európskej únie však vnímajú potrebu reformy súčasného systému alokácie a prostredníctvom dokumentu o stratégii udržateľnej a inteligentnej mobility oznámili novú revíziu pravidiel alokácie, pričom by sa mala zameriavať aj na ciele, akými sú dekarbonizácia, kvalitná konektivita a intermodalita. Jedným z najzásadnejších problémov však aj naďalej zostáva nedostatočná kapacita niektorých letísk. Rozšírenie letiskovej infraštruktúry nie je vždy možné, a preto zostáva nástrojom na riadenie prístupu k limitovanej kapacite letiska pridelovanie prevádzkových intervalov. V rámci iniciatívy bola vyhlásená výzva na predloženie názorov na reformu pravidiel alokácie prevádzkových intervalov v období od 29. augusta 2022 do 21. novembra 2022 [16].

6.2.1. Vybrané názory na reformu pravidiel alokácie prevádzkových intervalov

Prostredníctvom výzvy sa vyjadrila aj letecká spoločnosť easyJet [17], ktorá podporuje zmenu definície nového dopravcu tak, aby bola v súlade s odporúčaniami WASG. Podobný názor prezentovali aj Turkish Airlines [18] a IATA [19]. K zmenám v definícii nového dopravcu sa tiež prikláňa ACI [20]. Letecká spoločnosť TUI Airways [21] považuje súčasnú úpravu definície nového dopravcu za dostatočnú a nevyjadrila sa v prospech zmien. EasyJet [17] zároveň kritizuje rezerváciu 50% kapacity pre nových dopravcov, pričom uvádza, že dopravcovia obsluhujúci dané letisko, by mali mať rovnakú prioritu ako práve spomínaní noví dopravcovia [17] [18] [19] [20] [21].

EasyJet [17] ďalej uvádza, že spravodlivosť a transparentnosť je možné dosiahnuť len pomocou vhodnej regulácie letísk a zodpovednosťou koordinátorov. Medzi zásadné problémy v otázkach transparentnosti patrí deklarovanie kapacity. Otázky deklarácie dostupnej kapacity hodnotila tiež letecká spoločnosť Turkish Airlines [18], pričom zdôrazňuje, že by sa mal klásť väčší dôraz na spôsob deklarácie. Turkish Airlines [18] ďalej tvrdí, že je dôležité, aby sa kapacita letiska pravidelne analyzovala. Podľa spoločnosti easyJet [17] by k zvýšeniu transparentnosti prispelo

využívanie webových portálov zo strany koordinátorov, na ktorých by sa zverejňovali napríklad informácie o dostupnosti letiskových slotov alebo o výsledkoch ich pridelenia [17] [18].

EasyJet [17] tiež tvrdí, že by na všetkých letiskách úrovne 3 mali byť povinné koordinačné výbory, vďaka čomu by sa podporila spravodlivosť a transparentnosť systému. Podobný názor uvádza aj IATA [19], pričom zdôrazňuje ich dôležitú úlohu pri zlepšení výkonnosti a spolupráce medzi prevádzkovateľom letiska, koordinátorom a dopravcami [17] [19].

EasyJet [17] však kritizuje systém rezervácie prevádzkových intervalov, pretože sa domnieva, že by tak dochádzalo k dvojitej penalizácii pri nevyužití letiskových slotov, keďže už je zavedené pravidlo use-it-or-lose-it. Zároveň tvrdí, že je tento systém netransparentný a nespravodlivý. Implementáciu systému rezervácie aktuálne nepodporujú ani Turkish Airlines [18] a EUACA [22]. Opačné stanovisko prezentuje ACI [20], ktorá podporuje zavedenie rezervačného systému, pričom sa domnieva, že by takýto krok viedol k odovzdávaniu nepotrebných prevádzkových intervalov na ich prerozdelenie. Letisko Viedeň [23] sa stotožňuje s postojom ACI [20] a ďalej zdôrazňuje potrebu zavedenia sankcií pri nevyužití pridelených prevádzkových intervalov v požadovanej miere. V praxi by to mohlo znamenať, že ak by došlo k ich využitiu, rezervačný poplatok by sa dopravcovi vrátil, v opačnom prípade by sa nevracal. Systém sankcií pozitívne hodnotí ACI [20], pričom zdôrazňuje, že sa jedná o vhodný nástroj proti nesprávnemu využívaniu a plytvaniu prevádzkovými intervalmi na preťažených letiskách. TUI Airways [21] a IATA [19] nepodporujú zavedenie dodatočných sankcií za nevyužitie pridelených prevádzkových intervalov. Spoločnosti easyJet [17] a Turkish Airlines [18] navrhujú zavedenie sankcií pre letiská, ktoré nie sú schopné poskytnúť deklarovanú kapacitu [17] [18] [19] [20] [21] [22] [23].

Predmetom kritiky sa stalo aj pravidlo use-it-or-lose-it. Podľa holandského ministerstva infraštruktúry a vodného hospodárstva [24] má toto pravidlo za následok nedostatočnú flexibilitu systému alokácie prevádzkových intervalov, čo negatívne ovplyvňuje predovšetkým dopravcov, ktorí sa zameriavajú len na prepravu nákladu. Výsledkom je strata významných obchodných spojení a neefektívne využívanie letiskovej infraštruktúry vyhradenej výlučne pre odbavenie nákladnej dopravy. Z tohto dôvodu by preto mali byť uznané aj potreby iných segmentov leteckej dopravy. IATA [19] v rámci rešpektovania požiadaviek uvádza, že by malo dôjsť aj k podpore naprieč všetkými obchodnými modelmi, pretože to vedie k rozvoju trás, konkurencie a produktov poskytovaných na európskom trhu. Podľa ACI [20] by mala byť navýšená minimálna miera využitia historických sérií prevádzkových intervalov. Zmena pravidla use-it-or-lose-it by sa mohla týkať jednej alebo oboch leteckých sezón. Zvýšenie miery využitia prevádzkových intervalov nepodporuje letecká spoločnosť TUI Airways [21] ani IATA [19], pretože by to obmedzilo súčasnú flexibilitu systému, ktorá je pre dopravcov dôležitá, napríklad pri zvládaní neočakávaných udalostí [19] [20] [21] [24].

Ako uvádza IATA [19], v rámci diskusie týkajúcej sa zavedenia trhových mechanizmov sa neodporúča implementácia primárneho obchodovania vo forme aukcií, pretože by to mohlo viesť k rôznym negatívnym vplyvom na hospodársku súťaž, spravodlivosť alebo fungovanie systému. Podobný názor prezentovala aj letecká spoločnosť TUI Airways [21]. Zavedenie

trhového mechanizmu založeného na sekundárnom obchodovaní by podľa EUACA [22] mohlo viesť k zvýhodneniu finančne silnejších dopravcov, pričom by takýto krok nemusel viesť k podpore menších, resp. nových účastníkov na trhu. Podobný názor zastáva aj letisko Viedeň [23], ktoré tvrdí, že sekundárne obchodovanie nepredstavuje pre letecký systém výraznejší prínos. Mohlo by viesť kupevneniu postavenia bohatších dopravcov a ich výraznému profitovaniu v porovnaní s konkurenciou. Podľa leteckej spoločnosti easyJet [17] by sekundárne obchodovanie podporilo efektivitu systému alokácie prevádzkových intervalov. Letiskové sloty by mali získať dopravcovia schopní najlepšie ich využiť a zároveň aj uspokojiť dopyt po službách leteckej dopravy. EasyJet [17] tiež dodáva, že by sa malo zväziť povolenie sekundárneho obchodovania za peňažnú hodnotu transparentným spôsobom. Tento druh transakcií by mohol podporiť hospodársku súťaž medzi účastníkmi. Podľa TUI Airways [21] by sa malo zväziť zavedenie sekundárneho obchodovania. ACI [20] poznamenáva, že by členské štáty mali mať za jasne definovaných pravidiel možnosť povoliť sekundárne obchodovanie, ak by to z ich pohľadu prospelo hospodárskej súťaži a optimalizácii kapacity [17] [19] [20] [21] [22] [23].

7. Záver

Cieľom príspevku bolo navrhnúť možnosti zmien súčasného systému alokácie prevádzkových intervalov, predovšetkým zavedenia trhového mechanizmu so slotmi v EÚ.

V súčasnosti majú najviac skúseností so sekundárnym obchodovaním Spojené štáty americké, za ktorými nasleduje Spojené kráľovstvo. USA povolili sekundárne obchodovanie za jasne vymedzených podmienok na niektorých letiskách už v polovici osemdesiatych rokov dvadsiateho storočia. Výrazne sa tak zjednodušilo uskutočňovanie obchodných transakcií, čo malo za následok ich počiatočný nárast. Neskôr však došlo k ich ustáleniu a noví dopravcovia tak nemali dostatočný prístup na niektoré letiská. Neskoršie prijatie zákona Air 21 malo vplyv aj na sekundárne obchodovanie, pričom došlo napríklad k zníženiu dopytu po letiskových slotoch. V niektorých prípadoch mali zmeny opačný efekt, čím došlo k nárastu preťaženia na určitých letiskách. Sekundárne obchodovanie s prevádzkovými intervalmi v Spojenom kráľovstve viedlo k zmene typu ponúkaných služieb z hľadiska veľkosti lietadiel a vzdialenosti trás, ktoré obsluhovali. Zároveň počet zobchodovaných letiskových slotov začal prevyšovať počet z fondu pridelených prevádzkových intervalov. Došlo tak aj k rozvoju hospodárskej súťaže, pretože sa tým umožnil vstup na preťažené letiská aj iným leteckým spoločnostiam mimo etablovaných dopravcov.

Európska únia ako aj Spojené kráľovstvo zamýšľajú reformu súčasného systému alokácie prevádzkových intervalov, ktorý stále právne upravuje nariadenie Rady (EHS) č. 95/93 v jeho aktualizovaných zneniach. Na základe spracovanej literatúry podľa nášho názoru v Európskej únii by malo byť povolené sekundárne obchodovanie s prevádzkovými intervalmi aj za peňažnú protihodnotu, pretože by to výrazne podporilo mobilitu prevádzkových intervalov, umožnilo efektívnejšiu optimalizáciu ponúkaných letov a prispelo k maximálnej miere využitia dostupnej kapacity letísk. Neodporúčame však zavedenie primárneho obchodovania, predovšetkým vo forme aukcií. Jedná sa o zložitý mechanizmus, ktorého praktický prínos pre efektívnejšie prerozdelenie kapacity letísk je sporný. Aby sa zabezpečilo najlepšie využitie kapacity letísk navrhujeme

upraviť súčasné pravidlá týkajúce sa dedičných práv. Tie by podľa nás mali mať stanovenú platnosť. Po jej uplynutí by sa pridelené prevádzkové intervaly vrátili späť do fondu a následne prerozdělili. Podporila by sa tak mobilita prevádzkových intervalov, predovšetkým na najviac preťažených letiskách. Podľa nášho názoru sa zmena koeficientu využitia pridelených letiskových slotov javí ako problematická. Súčasná úprava pravidiel use-it-or-use-it je podľa nás dostatočná a dopravcom poskytuje potrebnú mieru flexibility. Za dostatočný považujeme aj aktuálny systém na podporu nových účastníkov na trhu. Rovnako nie sme naklonení zavedeniu rezerváčného systému alebo systému aukcií. Tieto mechanizmy by boli podľa nás v systéme nadbytočné. S cieľom zabezpečiť najvyššiu mieru transparentnosti by sa mali pravidelne vykonávať analýzy kapacity letísk tak, aby deklarovaná kapacita bola zhodná s ich skutočnými možnosťami. Zároveň by mali byť zriadené platformy pre obchodovanie s prevádzkovými intervalmi, ktorých prevádzka by mala podliehať koordinátorovi. Domnievame sa, že návrhy zmien, ktoré sme prezentovali, by mohli prispieť k riešeniu nedostatkov súčasného systému, posilnia jeho spravodlivosť, efektivitu ako aj hospodársku súťaž, vďaka čomu by mohlo dôjsť k ďalšiemu rozmachu leteckej dopravy.

Referencie

- [1] IATA.ORG. Coordinated Airports. [online]. [cit. 2024-01-22]. Dostupné na internete: <<https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/slots/coordinated-airports/>>.
- [2] IATA, ACI, WWACG. Worldwide Airport Slot Guidelines (WASG). WASG [online]. 2022. Vol. Edition 2. Dostupné na internete: <<https://www.iata.org/contentassets/4ede2aabfcc14a55919e468054d714fe/wasg-edition-2-english-version.pdf>>.
- [3] TOMOVÁ, Anna - KIRSCHNEROVÁ, Ivana - HAVEL, Karel. *Ekonomika letísk*. . 1. vyd. Žilina: EDIS-vydavateľské centrum ŽU, 2016. 219 s. ISBN 978-80-554-1257-3.
- [4] WANG, Yanjun - WANG, Mengyin - XU, Weishan - et al. Secondary trading of airport slots: Issues and challenges. *Chinese Journal of Aeronautics* [online]. 2023. Vol. 36, no. 12, s. 1–12. DOI:10.1016/j.cja.2023.07.004. Dostupné na internete: <<https://doi.org/10.1016/j.cja.2023.07.004>>.
- [5] NARIADENIE EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY (ES) 793/2004 z 21. apríla 2004, ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie Rady (EHS) 95/93 o spoločných pravidlách pridelovania prevádzkových intervalov na letiskách spoločenstva. [online]. 2004. Dostupné na internete: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0793>>.
- [6] NARIADENIE RADY (EHS) č. 95/93 z 18. januára 1993 o spoločných pravidlách pridelovania prevádzkových intervalov na letiskách spoločenstva. [online]. 1993. Dostupné na internete: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:31993R0095>>.
- [7] NERA - ECONOMIC CONSULTING - JONES, Ian - HOLDER, Stuart - et al. Study to assess the effects of different slot allocation schemes. *A Report for the European Commission, DG TREN* [online]. 2004. s. 406. Dostupné na internete: <https://www.nera.com/content/dam/nera/publications/archive1/PUB_SlotAllocationSchemes_NPL.pdf>.
- [8] SICKMANN, Jörn. Working paper: Airport slot allocation. [online]. 2006. no. 51, s. 25. Dostupné na internete: <<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/27983/1/508647738.PDF>>.
- [9] STOCKMANN, Ulrich - STRENG, Simon. Air Traffic Slots – Allocating or Trading?. [online]. s. 23. Dostupné na internete: <https://www.files.ethz.ch/isn/31731/Air_Traffic_Slots.pdf>.
- [10] MOTT MACDONALD - HUGH O'DONOVAN - QUADRANT - et al. Study on the impact of the introduction of secondary trading at community airports. [online]. 2006. Vol. 1-Report, s. 279. Dostupné na internete: <https://www.euaca.org/up/files/DocsEUROPE/EU_REGULATION_95_93_AS_AMENDED_Slot_Regulation/2006_slots_final_report.pdf_211108_054651.pdf>.
- [11] FAA.GOV. Slot Administration. [online]. [cit. 2024-01-23]. Dostupné na internete: <https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/systemops/perf_analysis/slot_administration>.
- [12] FAA.GOV. Slot Administration - Slot Allocation Process. [online]. [cit. 2024-01-24]. Dostupné na internete: <https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/systemops/perf_analysis/slot_administration/slot_allocation_process>.
- [13] CONSILIUM.EUROPA.EU. Brexit. [online]. [cit. 2024-04-22]. Dostupné na internete: <<https://www.consilium.europa.eu/sk/topics/brexit/>>.
- [14] UK CIVIL AVIATION AUTHORITY. Council Regulation (EEC) No 95/93 of 18 January 1993 as retained (and amended in UK domestic law) under the European Union (Withdrawal) Act 2018. [online]. Dostupné na internete: <<https://www.caa.co.uk/media/unfismgy/law-95-93-27-jan-2022-version-cap2060a00.pdf>>.
- [15] DEPARTMENT FOR TRANSPORT. Airport slot reform: a consultation on proposals to reform the airport slot allocation system. [online]. 2023. s. 99. Dostupné na internete: <<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/657af659254aaa00d050d62/dft-airport-slot-allocation-reform.pdf>>.
- [16] EUROPEAN COMMISSION. Allocation of EU airport slots - review of rules. *Call for evidence for an impact assessment* [online]. s. 4. Dostupné na internete: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13528-Allocation-of-EU-airport-slots-review-of-rules_en>.

- [17] EASYJET. easyJet response to the European Commission call for evidence on the allocation of EU airport slots – review of rules. [online]. 2022. s. 10. Dostupné na internete: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13528-Pridelovanie-letiskovych-prevadzkovych-intervalov-v-EU-preskumanie-pravidiel/F3359149_sk>.
- [18] TURKISH AIRLINES. Allocation of EU airport slots – review of rules. [online]. 2022. s. 16. Dostupné na internete: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13528-Pridelovanie-letiskovych-prevadzkovych-intervalov-v-EU-preskumanie-pravidiel/F3359091_sk>.
- [19] IATA. IATA view of EU Slot Regulation and the Call For Evidence November 2022. [online]. 2022. s. 5. Dostupné na internete: <<https://www.iata.org/globalassets/iata/programs/covid/2023/iata-position-slots-cfe-nov-2022.pdf>>.
- [20] AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL. Airport Slot Allocation: Position paper. [online]. 2022. s. 14. Dostupné na internete: <http://aci-europe.org/downloads/resources/ACI EUROPE Slots Position Paper with Preface March 2022_final 1.pdf>.
- [21] TUI AIRWAYS. European Commission EU Slot Regulation Call for Evidence. [online]. 2022. s. 4. Dostupné na internete: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13528-Pridelovanie-letiskovych-prevadzkovych-intervalov-v-EU-preskumanie-pravidiel/F3357707_sk>.
- [22] EUACA. Response of EUACA to call for evidence for an impact assessment – title of the initiative “Allocation of EU airport slots – review of rules” (Ref. Ares(2022)5975967 - 29/08/2022). [online]. 2022. s. 4. Dostupné na internete: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13528-Pridelovanie-letiskovych-prevadzkovych-intervalov-v-EU-preskumanie-pravidiel/F3356780_sk>.
- [23] FLUGHAFEN WIEN AG. Impact Assessment on Slot Regulation. [online]. 2022. s. 2. Dostupné na internete: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13528-Pridelovanie-letiskovych-prevadzkovych-intervalov-v-EU-preskumanie-pravidiel/F3359050_sk>.
- [24] MINISTRY OF INFRASTRUCTURE AND WATER MANAGEMENT OF THE NETHERLANDS. Position paper of the Netherlands on the public consultation for the planned revision of Council Regulation 95/93, as amended, on common rules for the allocation of slots (“the EU Slot Regulation”). [online]. 2022. s. 3. Dostupné na internete: <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13528-Pridelovanie-letiskovych-prevadzkovych-intervalov-v-EU-preskumanie-pravidiel/F3353599_sk>.



INOVATÍVNE TECHNOLOGIE A NÁSTROJE V PROCESĚ ÚDRŽBY LIETADIEL

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

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

Abstract

This master thesis aims to analyze and evaluate innovative technologies and tools through new aircraft maintenance. Through a series of extensive theoretical studies and data obtained during real-life cases, this work will aim to identify the latest trends behind this process and evaluate the impact they have on production, safety, maintenance costs. The most complex theoretical section of the work will be related to such an area as a current state of aircraft maintenance, which in turn will have to integrate dependent trends, such as predictive maintenance, digitization, and state-dependent methods. This part of the work will present the latest technological trends of the industry, such as artificial intelligence and machine learning, 3D printing, augmented reality and virtual reality. The main part of the work will examine the advantages and disadvantages of these technologies, forms of use of AMO technologies, and proposals for improving technologies, such as improving the current use of electronic tablets in the maintenance process, as well as a proposal for the use of AI within the anti-collision system for movement and manipulation of flight on the ground.

Keywords

Aircraft, Maintenance, Artificial intelligence, VR, UAV,

1. Úvod

Proces údržby lietadiel nie je náhodná séria činností, ale precízne organizovaný systém určený na zabezpečenie nekompromisnej bezpečnosti. Letecké úrady na celom svete stanovujú prísne predpisy a požiadavky, diktujúce ako sa musia lietadlá udržiavať. Tieto pravidlá zahŕňajú koncepty ako letová spôsobilosť – súbor požiadaviek, ktoré musí lietadlo spĺňať, aby sa mohlo bezpečne vzniesť do vzduchu. Ďalej definujú detailné údržbové programy, dokumenty načrtávajúce presné úlohy údržby, ktoré sa musia vykonávať v konkrétnych intervaloch. Napokon, technické záznamy slúžia ako denník pre každé lietadlo, poskytujú dôležitú stopu vykonanej údržby aj potenciálnych vzniknutých problémov.

Ako mnoho iných priemyselných odvetví, aj sféra údržby lietadiel čelí neutíchajúcej vlně technológií. Predikčná údržba, poháňaná sensorovým monitorovaním a strojovým učením, sa snaží vyvolať revolúciu v tejto oblasti. Cieľom je predpovedať možné poruchy už pred ich vznikom, umožňujúc technikom reagovať skôr, než sa problém stane katastrofou. Digitalizácia zároveň transformuje proces, zavádzajúc elektronické nástroje pre plánovanie, riadenie a zaznamenávanie úloh údržby, čím sa zefektívňuje celý systém. Koncept údržby založenej na podmienkach (CBM) opúšťa tradičné pevne stanovené intervaly a namiesto toho prispôsobuje údržbu aktuálnemu stavu komponentov lietadla, čím maximalizuje efektívnosť a predlžuje životnosť komponentov. V tejto diplomovej práci si bližšie rozoberieme tieto technológie, no budeme sa zaoberať aj inými inovatívnymi technológiami v celej tejto oblasti ako sú napríklad 3D tlač komponentov, UAV využité v procese údržby lietadiel na účely kontroly a iné.

Cieľom tejto diplomovej práce je preskúmať a analyzovať inovatívne technológie a nástroje používané v procese údržby lietadiel. Práca sa zameria na identifikovanie prínosov a výziev spojených s implementáciou týchto technológií a nástrojov.

2. Metodika a metódy skúmania

Táto diplomová práca s názvom Inovatívne technológie a nástroje v procese údržby lietadiel sa zameriava na skúmanie vplyvu inovatívnych technológií a nástrojov na proces údržby lietadiel. Práca analyzuje prínosy a výzvy spojené s implementáciou týchto technológií a nástrojov a o ich vplyve na efektívnosť, bezpečnosť a náklady na údržbu lietadiel. V práci je využitá kombinácia kvantitatívnych a kvalitatívnych metód výskumu na analýzu prínosov a výziev implementácie týchto technológií a nástrojov. Práca bude využívať kombináciu kvantitatívnych a kvalitatívnych metód výskumu ako analýza dát na identifikáciu trendov a vzťahov medzi inovatívnymi technológiami a nástrojmi a výsledkami údržby a syntéza dát z kvantitatívnej a kvalitatívnej analýzy na formulovanie návrhov na vylepšenie inovatívnych technológií a nástrojov. V práci sme posudzovali dôležitosť inovatívnych technológií na základe týchto kritérií:

1. Implementácia inovatívnych technológií a nástrojov v procese údržby lietadiel môže viesť k zvýšeniu efektivity a bezpečnosti údržby.
2. Inovatívne technológie a nástroje môžu pomôcť znížiť náklady na údržbu lietadiel.
3. Implementácia inovatívnych technológií a nástrojov môže vyžadovať značné investície a môže s ňou byť spojená aj potreba preškoliť personál.

Hlavným cieľom diplomovej práce je analyzovať prínosy a výzvy implementácie týchto technológií a nástrojov v praxi, posúdiť ich pozitívne a negatívne aspekty a sformulovať návrhy na ich vylepšenie v buď už existujúcich oblastiach alebo nových segmentoch. Cieľom práce je prispieť k zefektívneniu, zabezpečeniu a zekonomizovaniu údržby lietadiel s využitím moderných technológií a nástrojov

3. Výsledky

Údržba lietadiel je komplexný proces, ktorý zahŕňa rôzne činnosti zamerané na udržanie lietadla v prevádzkyschopnom stave a zaistenie jeho bezpečnej prevádzky. Európska agentúra pre bezpečnosť letectva EASA má pre údržbu takýto pojem: „údržbou sa rozumie generálna oprava, oprava, prehliadka, modifikácia alebo odstránenie poruchy na lietadle alebo lietadlovom celku alebo kombinácia týchto činností, s výnimkou predletovej prehliadky“. Súčasný stav údržby lietadiel sa vyznačuje niekoľkými kľúčovými trendmi [1].

Predikčná údržba sa zameriava na predpovedanie potenciálnych porúch a zlyhaní komponentov lietadla pred ich skutočným výskytom. To umožňuje včasnú a preventívnu údržbu, ktorá znižuje náklady a zvyšuje bezpečnosť prevádzky. Predikčná údržba sa opiera o rôzne technológie, ako sú analýza dát, strojové učenie a senzory.

Prichádzame do styku s pojmom digitalizácia údržby. Procesy údržby sa stále viac digitalizujú. To zahŕňa používanie digitálnych nástrojov na plánovanie a riadenie údržby, ako aj na zhromažďovanie a analýzu údajov o údržbe. Digitalizácia údržby umožňuje zefektívnenie procesov, zlepšenie sledovania a zníženie rizika chýb.

Kladie sa stále zvýšený dôraz na údržbu založenú na stave. Údržba založená na stave sa zameriava na údržbu komponentov lietadla na základe ich aktuálneho stavu, a nie na základe pevne stanovených intervalov. CBM umožňuje optimalizáciu údržby a predĺženie životnosti komponentov [1] [2].

Letecký priemysel je globálny a údržba lietadiel sa taktiež vykonáva na globálnej úrovni. To prináša rôzne výzvy, ako sú rozdiely v reguláciách a jazykoch. Letecké spoločnosti čelia neustálemu tlaku na znížovanie nákladov. To ovplyvňuje aj oblasť údržby lietadiel, kde sa hľadajú rôzne možnosti na zefektívnenie procesov a zníženie nákladov.

Okrem týchto trendov je dôležité spomenúť aj niektoré špecifické oblasti údržby lietadiel, ktoré sú v súčasnosti predmetom intenzívneho vývoja. Kompozitné materiály sa v leteckom priemysle používajú stále viac. Tieto materiály si však vyžadujú špecifické požiadavky na údržbu. Ďalšie sú bezpilotné lietadlá (UAV) sa stávajú čoraz bežnejšími a ich údržba sa stáva dôležitou oblasťou. A v neposlednom rade kybernetická bezpečnosť je v leteckom priemysle stále dôležitejšou otázkou a údržba lietadiel musí zohľadňovať aj túto oblasť [3].

Letecký priemysel čelí neustálemu vývoju a inováciám, a to sa týka aj oblasti výcviku mechanikov. Tradičné metódy výcviku, ktoré sa spoliehali na učebnice a fyzické simulátory, už nestačia držať krok s rastúcimi požiadavkami na moderné lietadlá. Virtuálna realita (VR) sa vynára ako revolučná technológia, ktorá má potenciál zásadne zmeniť spôsob, akým sa leteckí mechanici učia a trénujú.

VR umožňuje mechanikom ponoriť sa do interaktívnych prostredí, ktoré napodobňujú reálne lietadlá a ich komponenty. Vďaka tomu sa môžu učiť a cvičiť v bezpečnom a realistickom prostredí bez rizika poškodenia drahého vybavenia alebo ohrozenia seba samých či iných.

Kľúčovou výhodou VR výcviku je jeho schopnosť vytvárať vysoko pohlcujúce prostredia. Väčšia miera pohlcovania zvyšuje mieru zapamätania a keďže sa študenti môžu precvičovať svoje

zručnosti toľkokrát, koľkokrát potrebujú, vedomosti sa stávajú súčasťou ich svalovej pamäte.

Začiatočníci sú najviac náchylní k chybám, preto potrebujú bezpečné prostredie na precvičovanie svojich zručností, kým si v nich nezískajú sebavedomie. VR výcvik presne toto ponúka. Takto sa nezaškolený letecký mechanik nemôže zraniť, ani poškodiť 8-miliónový motor lietadla.

Elektronické tablety sa stali neoddeliteľnou súčasťou mnohých aspektov moderného života a ich využitie v údržbe lietadiel nie je výnimkou. Tieto zariadenia priniesli značné zlepšenie oproti tradičným papierovým manuálom a technickým listom, ponúkajúc mechanikom mobilitu, presnosť, efektivitu a zvýšenú bezpečnosť.

Mechanici už nie sú viazaní na pracovný stôl alebo kanceláriu, aby mali prístup k informáciám o údržbe. Môžu si zobraziť manuály, kontroly a postupy priamo na tablete, nech už sú kdekoľvek v lietadle. Práve to zvyšuje mobilitu zamestnancov, ktorá je jedným z kľúčových prvkov pri údržbe lietadiel. Digitálne informácie sa menej ľahko pokazia alebo stratia ako papierové dokumenty. To pomáha znížiť riziko chýb a zabezpečiť, aby mechanici vždy pracovali s najnovšími informáciami. Tablety umožňujú mechanikom ľahko vyhľadať informácie, ktoré potrebujú, a rýchlo prechádzať medzi rôznymi dokumentmi, čoho následkom bude skrátený čas potrebný na údržbu a udržať lietadlá v prevádzke. Tablety sa taktiež dajú použiť na zaznamenávanie údajov o údržbe a na sledovanie histórie údržby lietadla. To môže pomôcť identifikovať a vyriešiť potenciálne problémy skôr, ako sa stanú vážnymi.

Autonómne UAV a robotické systémy dokážu vykonávať úlohy údržby rýchlejšie a s väčšou presnosťou ako ľudskí pracovníci. Dokážu pracovať nepretržite a bez potreby prestávok, čím sa skrátuje čas potrebný na údržbu lietadla. UAV a robotické systémy dokážu vykonávať úlohy údržby, ktoré sú pre ľudí príliš nebezpečné alebo náročné. Môžu pracovať v kontaminovaných alebo nebezpečných prostrediach, čím sa minimalizuje riziko zranenia pracovníkov. Roboty dokážu vykonávať úlohy údržby s vysokou mierou presnosti a konzistencie. To môže pomôcť predchádzať chybám a zabezpečiť, aby lietadlá boli v špičkovom stave. Implementácia UAV a robotiky v údržbe lietadiel môže viesť k zníženiu nákladov na prácu a materiály. Roboty dokážu vykonávať úlohy s väčšou presnosťou, čím sa minimalizuje potreba opráv a údržby. Taktiež UAV a robotické systémy dokážu vykonávať údržbu lietadiel rýchlejšie a efektívnejšie, čím sa skrátuje čas, ktorý lietadlá trávia mimo prevádzky. To môže viesť k lepšej dostupnosti lietadiel pre prevádzku a zvýšeniu príjmov leteckých spoločností.

V roku 2019 spoločnosť Airbus oznámila uvedenie novej inšpekčnej technológie. Airbus Advanced Inspection Drone bude obsahovať vizuálnu kameru, laserový detektor prekážok a softvér na plánovanie letu a analýzu inšpekcie. Tento nový systém má potenciál skrátiť bežný inšpekčný proces, ktorý sa štandardne vykonáva pomocou teleskopickéj plošiny, z 24 hodín na 3 hodiny [4].

UAV využité na inšpekciu povrchu lietadla sa v posledných rokoch stali veľmi cennými pomocníkmi. Počas rozsiahlych kontrolných údržbárskych cyklov (A, B, C a D prehliadky) sa lietadlo podrobuje vizuálnej kontrole vrátane celého povrchu trupu až po špičku vertikálneho stabilizátora. Táto kontrola je, ako si viete predstaviť, mimoriadne časovo náročná, najmä na

ťažkých prúdových lietadlách, ktoré majú tisíce štvorcových stôp povrchu. Pri tejto vizuálnej prehliadke tak musia technici fyzicky preskúmať celý povrch lietadla, pričom je šanca že nejakú podstatnú časť lietadla vynechajú alebo zabudnú skontrolovať, nazýva sa to ľudská chyba. A tak prichádzajú na scénu UAV, ktorého riadiaci je schopný naprogramovať trasu inšpekcie po lietadle. Tak sa zabezpečí, že každý centimeter povrchu bude skontrolovaný, čo je pri manuálnej kontrole ťažko dosiahnuteľné. Navyše, celý záznam z inšpekcie umožňuje oveľa väčšiu presnosť pri určovaní, kedy mohlo dôjsť k poškodeniu, keďže má človek k dispozícii presný dátum a čas každej inšpekcie vykonanej UAV.

Kolízie lietadiel na zemi sú vážnym problémom, ktorý môže viesť k značným škodám na majetku, zraneniam alebo dokonca úmrtiam. Na zníženie rizika týchto kolízií sa používajú rôzne systémy, ako napríklad radarové systémy a svetelná signalizácia. Tieto systémy však majú svoje obmedzenia a stále dochádza k nehodám. Umelá inteligencia (AI) má potenciál tieto systémy zlepšiť a urobiť pohyb lietadiel na zemi bezpečnejším, najmä v kontexte očakávaného nárastu hustoty prevádzky na letiskách.

Preto dávam do povedomia návrh na nový protikolízny systém lietadiel, ktorý využíva AI na detekciu a predchádzaniu kolíziám pri pohybe na zemi. Systém by fungoval nasledovne. Systém by zhromažďoval údaje z rôznych zdrojov, ako napríklad:

Radary, kamery, transpondéry alebo odpovedače, GPS,

Senzory lietadiel umiestnené na príslušných kritických a koncových miestach lietadla (konce krídel, nos lietadla, špičky horizontálnych a vertikálnych stabilizátorov atď.), kde je najpravdepodobnejšie riziko nárazu pri pohybe lietadla na zemi.

AI by analyzovala zhromaždené údaje v reálnom čase a identifikovala potenciálne hrozby kolízie pomocou týchto údajov by predpovedala trajektórie lietadiel a určovala, či existuje riziko kolízie.

Ak by AI zistila riziko kolízie, systém by varoval pilotov a dispečerov a navrhol im vyhýbacie manévry. V prípade potreby by systém mohol automaticky prevziať riadenie lietadla a vykonať vyhýbacie manévry.

Systém by využíval AI na predpovedanie hustoty prevádzky na letisku v danom čase a prispôboval by tomu svoje stratégie predchádzania kolíziám. To by bolo obzvlášť užitočné v časoch špičky alebo pri mimoriadnych udalostiach, ktoré by mohli viesť k zvýšenému riziku kolízie.

Tento systém by mal oproti súčasným systémom protikolíznej ochrany lietadiel viacero výhod.

AI by bola schopná presnejšie detegovať a predpovedať hrozby kolízie, pretože by mala prístup k väčšiemu množstvu dát a dokázala by ich analyzovať komplexnejšie a taktiež by bola schopná reagovať na hrozby kolízie rýchlejšie ako ľudia, čím by sa znížil čas na vykonanie vyhýbacích manévrov

4. Záver

Letecký priemysel prechádza neustálou transformáciou, pričom v popredí stoja inovatívne technológie a nástroje, ktoré zefektívňujú a modernizujú procesy údržby lietadiel. Táto diplomová práca sa venovala prehľadu a analýze rôznych

inovatívnych riešení, ktoré posúvajú údržbu lietadiel na novú úroveň.

Za všetkými týmito inováciami stojí spoločný záujem o bezpečnú a čo najmenej prerušovanú prevádzku lietadiel, pričom sa klade dôraz na čo najnižšie potrebné investície vynaložené na údržbu. Využívanie UAV pri údržbe, sa javí v dnešnej dobe ako jedna z najčastejšie aplikovaných inovácií 21. storočia.

3D tlač využívaná pri výrobe komponentov lietadiel je novým míľnikom, ktorý v budúcnosti určite nahradí množstvo súčasných komponentov a zabezpečí náhradu dlhodobo používaných dielov, ktoré budú dosahovať vyššiu životnosť, pričom ich výroba sa dokáže realizovať v relatívne krátkom čase, no nie pre sériovú výrobu. Zvýšením životnosti jednotlivých komponentov lietadla zabezpečíme aj lepšiu environmentálnu politiku v leteckom priemysle.

Taktiež medzi míľniky prevádzkovania údržby sa radia tréningy v simulačnom prostredí a opravy na diaľku, čo sa mohlo javiť ešte pred niekoľko desiatkami rokov ako veľká neznáma. Dnes to posúva mladú generáciu vpred, a to z môjho pohľadu práve tým, že v relatívne krátkom čase, pri dostupnom simulačnom výcviku môžeme nadobudnúť skúsenosti, aké kedysi získavali leteckí inžinieri počas dlhých rokov. Opakovaním jednotlivých úkonov v umelom prostredí si vštípime tieto postupy a môžeme sa stať vysokokvalifikovaní inžinieri v kratšom časovom horizonte ako to bolo doposiaľ.

S prínosom inovácii musíme však myslieť na elimináciu rizík, ktoré sa s nimi spájajú a to bezpochyby investovať nemalé prostriedky proti zneužitiu a kybernetickým útokom, ktoré sú žiaľ súčasťou tejto modernej doby spájanej s AI v každej sfére života.

Referencie

- [1] Mr. Shannon P. Ackert (2010). Basics of Aircraft Maintenance Programs for Financiers. 25.3. 2024 Dostupné na : http://aircraftmonitor.com/uploads/1/5/9/9/15993320/basics_of_aircraft_maintenance_programs_for_financier_s__v1.pdf
- [2] Cranfield University.(2020). Aircraft Maintenance 25.3. 2024 Dostupné na: <https://skybrary.aero/articles/aircraft-maintenance>
- [3] B.S.Kukreja, Johan Löfström (2009–2024). "Composites in the Aircraft Industry". Appropedia. Retrieved 27.3.2024. Dostupné na: [https://www.appropedia.org/Composites_in_the_Aircraf t_Industry](https://www.appropedia.org/Composites_in_the_Aircraf_t_Industry)
- [4] Sarah Jones(2020). The Evolution of Aviation Maintenance. 27.3. 2024 Dostupné na: <https://nci.edu/2020/12/09/the-evolution-of-aviation-maintenance/>
- [5] Federal Aviation Administration (FAA)(2007). Dostupné na: https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_43-12A_CHG_1.pdf
- [6] Preventive and corrective maintenance in the aeronautical field (2022). 1.4.2024 Dostupné na:

<https://www.aviation-matrix.com/preventive-and-corrective-maintenance-in-the-aeronautical-field/>

- [7] University of Portland (2015) Fail-Safe and Safe-Life Designs Retrieved 1.4.2024



INTEGRATION OF VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY ELEMENTS INTO THE TRAINING OF FUTURE PILOTS

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

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

Abstract

The presented aim of paper is focused on the implementation of virtual and augmented reality elements into the training of future pilots. To understand the issues related to these technologies, in its introduction, the thesis focuses on identifying the differences between virtual reality and augmented reality. The next part of the thesis focuses on the analysis of the use of virtual and augmented reality in civil aviation. The following section deals with the creation of a virtual environment for the purpose of training of future pilots. The creation of the virtual environment is divided into two parts. The first part concerns the creation of the virtual cockpit of the selected aircraft. This will allow pilots in training to become familiar with the layout of the on-board instruments and controls. The second part of the proposed virtual environment allows pilots to practice checklists. Checklists are a critical skill for every pilot. At the end of the thesis, feedback from the students is presented.

Keywords

Virtual reality, Augmented reality, Pilot training, Cockpit Familiarization, Checklists

1. Úvod

Virtuálna realita (VR) a rozšírená realita (AR) sa stávajú čoraz dostupnejšími a populárnejšími technológiami v každodennom živote. Inak tomu nie je ani v oblasti civilného letectva. Tieto technológie dokážu transformovať rôzne oblasti civilného letectva do takej podoby, akú sme doteraz ešte nepoznali. Začiatok práce sa venuje vymedzeniu pojmov virtuálna realita a rozšírená realita. Cieľom je precízne rozlíšiť tieto dva pojmy a zároveň poukázať na ich vzájomnú prepojenosť.

Hlavným cieľom práce je integrácia prvkov virtuálnej a rozšírenej reality do výcviku budúcich pilotov na Katedre leteckej dopravy. Integrácia prvkov VR a AR bude dosiahnutá prostredníctvom navrhnutia a vytvorenia virtuálnej prehliadky vybraného lietadla. Lietadlo bude vybrané z aktuálnej flotily lietadiel LVVC tak, aby navrhnuté virtuálne prostredie bolo čo najvšestrannejšie a najpoužiteľnejšie v praxi počas pilotného výcviku. Navrhnutá virtuálna prehliadka sa bude skladať z dvoch základných častí. V prvej časti virtuálnej prehliadky bude mať pilot vo výcviku možnosť oboznámiť sa kokpitom vybraného lietadla. Druhou časťou navrhovaného virtuálneho prostredia bude nácvik kontrolných zoznamov, tzv. checklistov.

Záver práce je venovaný pilotom vo výcviku, aby sa vyjadrili k problematike využívania virtuálnej a rozšírenej reality v praxi. Cieľom je zistiť aktuálny záujem študentov o využívanie týchto technológií počas ich pilotného výcviku.

2. Teória virtuálnej a rozšírenej reality

Aj keď sa tieto dva pojmy môžu zdať podobné, jedná sa o dve odlišné technológie. Technológia VR pracuje s vytváraním kompletného simulovaného virtuálneho prostredia. Vo VR sa používateľ nestretne so žiadnou časťou reálneho sveta. Na druhej strane technológia AR umožňuje používateľovi prepojiť

reálny fyzický svet s tým digitálnym. AR zaznamenáva okolitý svet, na ktorý navrstvuje digitálne objekty [1] [2].

Spojením VR a AR vznikne takzvaná zmiešaná realita (MR). Jedná sa o prostredie, kde v jednom čase na seba navzájom pôsobia reálne aj virtuálne objekty a používateľ je schopný interagovať s oboma realitami. Niekedy sa môžeme stretnúť aj s označením XR. Tento názov zahŕňa všetky súčasne a budúce imerzívne technológie [1] [2].

Rozoznávame tri typy virtuálnej reality:

- Non-immersive VR,
- Semi-immersive VR,
- Fully-immersive VR [2] [3].

Rozoznávame dva základné typy rozšírenej reality:

- Marker-based AR,
- Marker-less AR [4] [5] [6].

3. Analýza súčasného stavu využívania prvkov virtuálnej a rozšírenej reality v civilnom letectve

Letecký priemysel patril odjakživa k prelomovým odvetviam ľudského poznania. Vždy bol poháňaný vpred najmodernejšími technickými znalosťami a využíval pokrokové a inovatívne technológie. Inak tomu nie je ani pri implementácii virtuálnej či rozšírenej reality. Zatiaľ čo VR sa využíva najmä pre výcvik leteckého personálu, AR je populárnou technológiou v prevádzkovej praxi. Využitie týchto technológií však praktizujú najmä veľké letecké spoločnosti pri typových výcvikoch svojich pilotov. Tento trend ešte nie je úplne populárny medzi leteckými školami, ktoré sa zameriavajú na počítačový a pokračovací výcvik budúcich pilotov. Je tomu tak najmä pre vysoké finančné náklady, ktoré vznikajú s navrhnutím týchto technológií [7].

Ako uvádza letecká spoločnosť KLM, technológia VR prináša do oblasti výcviku pilotov značné výhody. Jednou z primárnych výhod je vyššia miera dostupnosti a flexibilita, nakoľko VR umožňuje poskytovať výcvik bez nutnosti prítomnosti pilota v určitom čase na určitom mieste. Podľa Sebastiana Gerkensa (senior inštruktor pre lietadlá Embraer v spoločnosti KLM Cityhopper) táto technológia robí výcvik pilotov viac prístupnejší.

Aplikácie VR pre výcvik pilotov sa uplatňujú najmä vo forme:

- Virtuálny kokpit,
- Inštruktážne video,
- Virtuálna obhliadka [8].

Okrem toho sa už podarilo úspešne implementovať technológie VR a AR do ďalších oblastí civilného letectva, akými sú výcvik a využitie palubným personálom, pozemným personálom letísk alebo riadiacimi letovej prevádzky. Okrem toho sa technológie ujali aj odvetví boja o zákazníka, kedy letiská alebo letecké spoločnosti využívajú spomínané technológie pre zvýšenie svojej atraktivity pôsobenia na trhu [9] [10].

4. Výber softvéru, hardvéru a lietadla

Pre vytvorenie potrebnej aplikácie, ktorá umožní integráciu prvkov virtuálnej a rozšírenej reality do výcviku pilotov je kľúčová vhodná voľba programu, zobrazovacej jednotky a lietadla, na ktorom bude prebiehať výcvik budúcich pilotov. Všetky tieto tri oblasti tvoria zásadnú rozhodovaciu otázku pre správne využitie navrhovaného systému v praxi.

4.1. Výber softvéru

Voľba vhodného programu pre spracovanie digitálneho kokpitu lietadla je jednou zo zásadných rozhodnutí. Posudzovanými faktormi sú funkcionálnosť programu, používateľská prívetivosť, kompatibilita a cena. Na základe vyššie spomenutých atribútov a posúdenia celého spektra výhod a nevýhod dostupných programov na trhu som si zvolil program Pano2VR [11] [12].

4.2. Výber hardvéru

Hardvér, teda v tomto ponímaní HMD je kľúčovým komponentom pre využitie navrhovanej virtuálnej prehliadky. Nakoľko má aplikácia slúžiť pre výcvik pilotov, je kritické, aby bola kvalita obrazu čo najlepšia. Dostatočne vysoké rozlíšenie displeja prináša ostrejší a detailnejší obraz. Taktiež je vďaka vysokému rozlíšeniu obrazu možné dosiahnuť vyššiu úroveň imerzie. Posudzovanými faktormi sú kvalita obrazu,

kompatibilita, senzory a dizajn. Na základe komplexnej analýzy posudzovaných parametrov, s ohľadom na uvažovaný program virtuálnej reality a s prihliadnutím na aktuálnu cenovú reláciu HMD, boli okuliare Meta Quest Pro identifikované ako najvhodnejšie riešenie pre potreby tejto diplomovej práce. Meta Quest Pro je bezdrôtová náhlavná súprava pre zmiešanú realitu [12] [13].



Obrázok 1: Používanie zariadení Meta Quest Pro a Meta Quest Touch Pro Controllers [Autor]

4.3. Výber lietadla

Pre potreby tejto diplomovej práce a budúceho využitia navrhnutého virtuálneho prostredia na pôde Leteckého výcvikového a vzdelávacieho centra (ďalej len LVVC) som si zvolil lietadlo Viper SD-4. Táto voľba bola determinovaná viacerými faktormi. Lietadlo Viper SD-4 zaujíma v rámci LVVC dominantné postavenie. Ide o najpočetnejší typ lietadla vo flotile. Viper SD-4 sa využíva najmä pre potreby základného výcviku pilotov. Piloti vo výcviku sa na tomto type lietadla učia základy pilotáže, vzlety, priblíženia a pristátia. Zároveň je to lietadlo, na ktorom vykonávajú svoj prvý sólový let.

5. Cockpit familiarization

Prvou časťou navrhovaného virtuálneho prostredia pre výcvik budúcich pilotov je Cockpit Familiarization. Oboznámenie sa s kokpitom lietadla predstavuje v leteckom výcviku dôležitý krok, nakoľko úplná a presná znalosť kokpitu lietadla zvyšuje celkovú bezpečnosť letu počas normálnej prevádzky lietadla (normal operation) aj pri núdzových postupoch (emergency procedures). Pre dosiahnutie úplného a efektívneho konania je pre pilota kľúčová hlboká znalosť kokpitu a rozloženia všetkých ovládacích prvkov [14].

5.1. Mapovanie objektov a vytváranie pop-up okien

Prvým krokom vytvárania virtuálneho prostredia bolo mapovanie objektov na snímke kokpitu lietadla Viper SD-4. Mapovanie objektov je kľúčovým krokom pri vytváraní virtuálneho prostredia. To zahŕňa identifikovanie a označenie objektov, s ktorými má používateľ vo virtuálnom prostredí interagovať. Toto mapovanie bolo vytvorené prostredníctvom funkcie Polygon Hotspot. Funkcia Polygon Hotspot umožňuje identifikovať objekt v tvare n-uholníka. Okrem samotnej polohovej informácie táto funkcia zároveň slúži aj ako Hotspot. Hotspot je interaktívny prvok v rámci virtuálnej reality, ktorý umožňuje zobraziť informáciu.

5.2. Interakcia s virtuálnym prostredím

Ďalším krokom bolo navrhnutie spôsobu interakcie medzi používateľom a virtuálnym prostredím. Rozhodol som sa pre jednoduchý a intuitívny prístup. Pre aktiváciu pop-up okna stačí, ak používateľ ukáže svojou rukou (gestikulácia vlastných rúk) na objekt alebo ak stlačí primárne tlačidlo ovládacích prvkov Meta Quest Touch Pro Controllers (fyzické ovládacie prvky). Následne sa pop-up okno s informáciami zobrazí na popredí virtuálneho prostredia.

5.3. Vytváranie popisov

V ďalšej časti vytvárania virtuálneho prostredia som sa zameril na vytvorenie popisov jednotlivých palubných prístrojov a ovládacích prvkov. Okrem zobrazenia samotného názvu som sa rozhodol do virtuálnej prehliadky implementovať aj iné kľúčové vlastnosti (opisy alebo referenčné hodnoty) vybraných palubných prístrojov a ovládacích prvkov. V ďalšej časti vytvárania virtuálneho prostredia som sa zameril na vytvorenie popisov jednotlivých palubných prístrojov a ovládacích prvkov. Okrem zobrazenia samotného názvu som sa rozhodol do virtuálnej prehliadky implementovať aj iné kľúčové vlastnosti (opisy alebo referenčné hodnoty) vybraných palubných prístrojov a ovládacích prvkov. Všetky názvy a informácie vybraných palubných prístrojov a ovládacích prvkov sú v súlade s AFM pre model Viper SD-4 Night VFR s typovým certifikátom EASA.A.606. Údaje boli čerpané konkrétne z dokumentu Doc. No. TOM-TC-15-AFM.B so sériovým číslom Serial No. 38536. Tento AFM bol vydaný výrobcom lietadla, teda spoločnosťou TOMARK, s.r.o. [15].

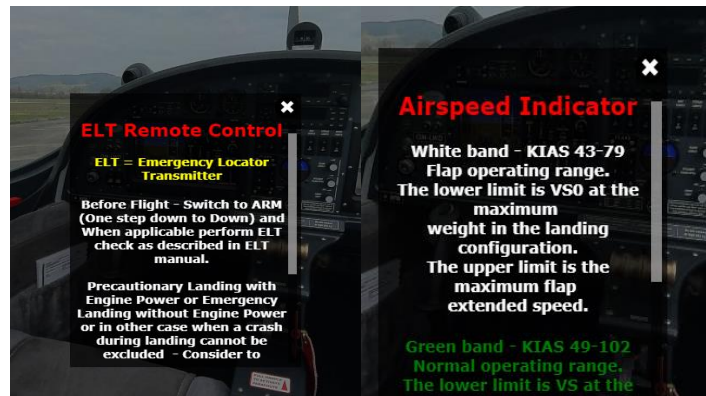
5.4. Dokončenie a finálne zobrazenie

Po úspešnom nastavení všetkých parametrov, implementácií pop-up okien s kľúčovými informáciami a nastavení spôsobov interakcie vzniklo komplexné a funkčné virtuálne prostredie určené pre pilotov vo výcviku. V tejto časti navrhnutého virtuálneho prostredia tak môže piloti vo výcviku získať základné poznatky o kokpite lietadla Viper SD-4. Ak má pilot záujem len o zobrazenie názvu palubného prístroja alebo ovládacieho prvku stačí, ak na daný objekt nasmeruje svoju ruku alebo ukazovateľ fyzického ovládacieho prvku. Vďaka integrovanému detekčnému systému sa automaticky zobrazí len samotný názov.



Obrázok 2: Zobrazenie názvu vybraného objektu [Autor]

V prípade, že študent prejaví záujem o hlbšie preskúmanie parametrov alebo referenčných hodnôt palubného prístroja alebo ovládacieho prvku, postupuje podľa vyššie opísaného postupu interakcie.



Obrázok 3: Zobrazenie detailných informácií vybraných objektov [Autor]

5.5. Využitie v praxi

Pilot vo výcviku si môže virtuálnu prehliadku spustiť na ľubovoľnom smartfóne, tablete alebo počítači. Implementácia virtuálnej prehliadky kokpitu lietadla do osobných zariadení pilotov vo výcviku prináša viacero benefitov pre zefektívnenie najmä úvodnej fázy pilotného výcviku. Eliminuje sa potreba prítomnosti inštruktora pri oboznamovaní študenta s kokpitom lietadla, čím sa optimalizuje aj jeho pracovný čas. Na druhú stranu, študent bude môcť pristupovať k virtuálnej prehliadke odkiaľkoľvek a kedykoľvek [14].

Virtuálna prehliadka môže v istých prípadoch viesť aj k zníženiu nákladov na pilotný výcvik. Samozrejme, že z bezpečnostných ani legislatívnych dôvodov nie je v súčasnosti možné nijako nahrádzať skutočné letové hodiny virtuálnou realitou. Je však potrebné podotknúť, že u niektorých začínajúcich pilotov sa môže vyskytnúť problematická orientácia v doposiaľ pre nich neznámom prostredí kokpitu lietadla [14].

6. Nácvik kontrolných zoznamov

Znalosť kontrolných zoznamov predstavuje kritickú vedomosť každého pilota. Je to nástroj, ktorého hlavnou úlohou je podporovať letové zručnosti a pamäť letovej posádky a zabezpečujú, aby sa všetky nevyhnutné a požadované činnosti vykonávali bez opomenutia a v usporiadanom poradí. Kontrolné zoznamy možno rozdeliť do dvoch základných skupín. Prvou skupinou kontrolných zoznamov sú tzv. „Normal Checklist“. Pod pojmom Normal rozumieme štandardné. Tieto kontrolné zoznamy sú vykonávané počas štandardnej letovej prevádzky lietadla. Druhou skupinou kontrolných zoznamov sú tzv. „Non-normal Checklist“, tiež v slovenskom jazyku známe pod názvom neštandardné alebo núdzové kontrolné zoznamy [16] [17].

Ako už z uvedeného vyplýva, detailná a bezchybná znalosť kontrolných zoznamov pilotom je viac ako nevyhnutná. Existuje niekoľko dôvodov prečo je tomu tak:

- Konzistentnosť a spoľahlivosť,
- Zvýšená efektívnosť a znížená záťaž,
- Znížené riziko nehôd,
- Profesionalita,
- Komunikácia [16] [17].

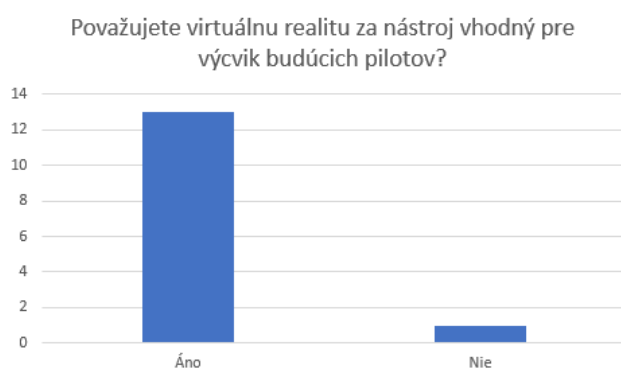
Na základe týchto bodov možno konštatovať, že znalosť a aplikovanie kontrolných zoznamov do praxe predstavuje kľúčovú kompetenciu každého pilota.

- **Eye-tracking** - Okuliare Meta Quest Pro sú vybavené senzorom sledovania očí. Ten možno využiť v danom kontexte niekoľkými spôsobmi. Namiesto toho, aby sa pilotovi počas letu zobrazovali kontrolné zoznamy na fixnom mieste, mohlo by sa ich zobrazenie dynamicky meniť v závislosti od toho, kam sa pilot v daný moment pozerá. To by mu umožnilo sústrediť sa let a zároveň by mal k dispozícii potrebné informácie. A to všetko bez toho, aby mal obavy, že dôjde k vytvoreniu vizuálnej prekážky. Sensory sledovania očí by sa taktiež mohli využiť na vyhodnocovanie rozloženia pozornosti pilota počas letu. V neposlednom rade možno eye-tracking využiť aj pre skoré odhalenie únavy alebo straty pozornosti pilota.

8. postoj pilotov vo výcviku k navrhnutému virtuálnemu prostrediu

Pre overenie funkčnosti a využiteľnosti navrhutej virtuálnej prehliadky som sa rozhodol dať otestovať túto virtuálnu prehliadku štrnástim pilotom vo výcviku. Vybraná vzorka pilotov pozostávala z pilotov v rôznom štádiu výcviku. Hlavným cieľom tohto testovania bolo overiť funkčnosť prehliadky a spokojnosť s navrhnutým. Vybranej vzorky pilotov vo výcviku som sa opýtal na 6 otázok.

Tri otázky boli položené pred predstavením virtuálnej prehliadky. Tieto otázky boli zamerané na vnímanie potenciálu virtuálnej reality v oblasti pilotného výcviku. Jedna z otázok sa zameriavala na zistenie, či piloti vo výcviku považujú VR za nástroj vhodný pre výcvik budúcich pilotov.



Obrázok 6: Považujete virtuálnu realitu za nástroj vhodný pre výcvik budúcich pilotov? [Autor]

Trinásť respondentov odpovedalo kladne, t.j. že považujú virtuálnu realitu za vodný nástroj pre budúce využitie v oblasti výcviku pilotov. Jeden respondent vyjadril negatívny postoj.

Po tom ako každý z respondentov vyskúšal navrhnutý virtuálny priestor, boli im položené 3 otázky. Otázky sa týkali na spokojnosť s navrhnutým priestorom a jeho ergonómiou. Otázky zneli: Hodnotíte vytvorené virtuálne prostredie ako dostačujúce pre účely oboznámenia sa s kokpitom lietadla?, Hodnotíte vytvorené virtuálne prostredie ako dostačujúce pre účely nácviku kontrolných zoznamov?, Ako hodnotíte ergonómiu (ovládanie) vytvoreného virtuálneho prostredia?.

V prípade otázok spokojnosti s navrhnutým virtuálnym prostredím pre časť Cockpit Familiarization aj pre časť nácviku kontrolných zoznamov boli odpovede respondentov totožné.

V oboch prípadoch uviedlo 11 respondentov, že považuje navrhnuté virtuálne prostredie za plne dostačujúce. Zvyšný 3 respondenti udelili nižšie hodnotenie.

9. Záver

Cieľom diplomovej práce bolo implementovať prvky virtuálnej a rozšírenej reality do oblasti výcviku budúcich pilotov. Navrhnutý virtuálny priestor sa skladá z dvoch častí. Prvou navrhovanou časťou bolo vytvorenie virtuálneho kokpitu lietadla Viper SD-4 pre potreby Cockpit Familiarization. Vďaka navrhutej virtuálnej realite má študent možnosť interaktívneho oboznámenia sa s kokpitom lietadla. Okrem toho, že sa pilot naučí rozloženie palubných prístrojov a ovládacích prvkov, má možnosť naučiť sa spôsoby ovládania alebo referenčné hodnoty niektorých z nich. Ak študent interaguje s vybraným objektom, zobrazí sa mu pop-up okno s názvom palubného prístroja alebo ovládacieho prvku. Okrem toho sa mu v tomto pop-up okne zobrazia aj ďalšie detailnejšie informácie na základe AFM.

Druhou časťou virtuálnej prehliadky je nácvik kontrolných zoznamov. V tejto časti prehliadky má študent k dispozícii všetky Normal a Non-normal kontrolné zoznamy postupov(checklisty). Ak chce študent nacvičovať kontrolné zoznamy, otvorí sa mu úvodný pohľad. Tam si môže vybrať spomedzi všetkých kontrolných zoznamov práve ten, ktorý chce nacvičovať. Po zvolení kontrolného zoznamu sa mu otvorí nový pohľad a môže začať nácvik. V prípade, že sa chce vrátiť späť na úvodný pohľad, stačí kliknúť na červené X vedľa kontrolného zoznamu. Takto môže postupovať podľa vlastného uváženia ďalej.

Tento prístup k teoretickej príprave predstavuje inovatívne a záživné riešenie ako zdokonaľiť hĺbkové pochopenie ergonómie kokpitu lietadla a naučiť sa kontrolné zoznamy pri použití svalovej pamäte. Zároveň dôjde k šetreniu času a nákladov na pilotný výcvik. Študent príde na letovú hodinu už dobre oboznámený s kokpitom lietadla a všetkými kontrolnými zoznamami, a tak čas strávený počas letovej hodiny možno venovať zdokonaľovaniu iných výkonnostných parametrov študenta, ako napr. technike pilotáže alebo komunikácií s riadením letovej prevádzky.

V poslednej časti práce som sa zameril na spätnú väzbu vybraných pilotov vo výcviku. Cieľom bolo zistiť názory aktuálnych študentov na využívanie virtuálnej a rozšírenej reality v oblasti výcviku pilotov. Väčšina pilotov vyjadrila kladné stanovisko k implementácii týchto technológií do praxe. Technológie považujú za prospešné a inovatívne s cieľom zatriktívniť celý priebeh pilotného výcviku. Taktiež som zisťoval spätnú väzbu na navrhnutý virtuálny priestor. Aj v tomto prípade prevládali od respondentov kladné odozvy. Najčastejšie spomínaným nedostatkom bola absencia nedostatočnej haptickej spätnej väzby. Tá by sa dala docieľiť využitím externých fyzických prvkov. Na druhú stranu, ocenili najmä spracovanie prostredia a možnosť, že sa budú v kokpite lietadla orientovať ešte skôr ako doň nasadnú.

Pod'akovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky KEGA O24ŽU-4/2023 s názvom "Integrácia najnovších vedných poznatkov v rámci zvyšovania kvality praktickej a laboratórnej výučby študijného programu Letecká doprava".

Referencie

- [1] „PC expres,“ 2022. [Online]. Dostupné: <https://www.pcxpres.sk/blog/virtualna-realita-rozsirena-realita-a-zmiesana-realita> . [Cit. 15. 02. 2024].
- [2] „Adobe,“ [Online]. Dostupné: <https://www.adobe.com/sk/products/substance3d/disco-ver/what-is-vr.html> . [Cit. 15. 02. 2024].
- [3] SEDLÁK, Michal, Relaxácia v imerzívnej virtuálnej realite, Brno: Masarykova univerzita. Filozofická fakulta., Diplomová práca., 2016.
- [4] KIRYAKOVA, Gabriela, „IntechOpen,“ 2019. [Online]. Dostupné: <https://www.intechopen.com/chapters/72065>. [Cit. 15. 02. 2024].
- [5] „Onirix,“ 2023. [Online]. Dostupné: <https://www.onirix.com/ar-vs-vr/> . [Cit. 20. 02. 2024].
- [6] JOHNSON, Arianna, „Forbes,“ 2023. [Online]. Dostupné: <https://www.forbes.com/sites/ariannajohnson/2023/06/02/augmented-reality-ar-vs-virtual-reality-vr-whats-the-difference-and-how-do-they-work/?sh=6ceb60a31f66> . [Cit. 20. 02. 2024].
- [7] Rachael, „drawandcode,“ 2023. [Online]. Dostupné: <https://drawandcode.com/learning-zone/virtual-reality-in-aviation-transforming-flight-training-and-operations/#:~:text=Engineers%20can%20use%20VR%20to,reliability%20of%20the%20aviation%20industry..> [Cit. 05. 03. 2024].
- [8] „KLM News,“ 2020. [Online]. Dostupné: <https://news.klm.com/klm-cityhopper-introduces-virtual-reality-training-for-pilots/>. [Cit. 05. 03. 2024].
- [9] „Times Aerospace,“ 2014. [Online]. Dostupné: <https://www.timesaerospace.aero/news/airports/nats-develops-low-cost-atm-training-concept> . [Cit. 05. 03. 2024].
- [10] „Goodwork Labs,“ [Online]. Dostupné: <https://www.goodworklabs.com/how-ar-can-help-in-improving-aviation-safety/> . [Cit. 07. 03. 2024].
- [11] PAPPAS, Christopher, „eLearning Industry,“ 2022. [Online]. Dostupné: <https://elearningindustry.com/tips-to-choose-the-best-virtual-reality-training-software-for-your-budget>. [Cit. 11. 04. 2024].
- [12] „FasterCapital,“ 2024. [Online]. Dostupné: <https://fastercapital.com/content/Guerrilla-Virtual-Reality-Marketing--How-to-Use-Virtual-Reality-to-Transport-Your-Customers-to-Another-World.html#Choosing-the-Right-VR-Hardware-and-Software.html>. [Cit. 11. 04. 2024].
- [13] BUTLER, Sydney, „How-To Geek,“ 2021. [Online]. Dostupné: <https://www.howtogeek.com/758894/how-important-are-refresh-rates-in-vr/>. [Cit. 11. 04. 2024].
- [14] Ken, „ProAviationTip,“ 2022. [Online]. Dostupné: <https://proaviationtips.com/plane-cockpit-familiarization/> . [Cit. 15. 04. 2024].
- [15] TOMARK, s.r.o., Aircraft Flight Manual: TOM-TC-15-AFM.B, Prešov, 2020.
- [16] MUSCAD, Ossian , „DATAMYTE,“ 2022. [Online]. Dostupné: <https://datamyte.com/blog/the-ultimate-guide-to-aircraft-checklist/>. [Cit. 16. 04. 2024].
- [17] „Kingsky,“ 2023. [Online]. Dostupné: <https://www.kingskyfa.com/post/preflight-checklists-for-new-pilots/>. [Cit. 16. 04. 2024].



VYUŽITIE PALÍV VYROBENÝCH Z ODPADOVÝCH ZDROJOV UHLŔOVODÍKOV V LETECTVE

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

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

Abstract

The aim of the article was to outline the methods of aviation fuel production and propose the production of aviation kerosene from waste hydrocarbon sources. The article contains information about currently used aviation fuels, evaluation of the advantages and disadvantages of their use, and the status of alternative propulsion utilization in aviation with an emphasis on ecology. The focus of the article is on methods of laboratory testing of the properties and quality of aviation kerosene as the most commonly used aviation fuel, where testing methods and procedures on specific laboratory instruments are described. In the practical part of this thesis, the method of producing aviation kerosene from waste hydrocarbon sources, specifically waste motor oils and industrial emulsions, is described. The detailed procedure for fuel production is subsequently concluded with laboratory testing of basic properties and their comparison with the properties of aviation kerosene.

Keywords

Oil. Aviation. Energy. Laboratory. Engine. Ecology. Design. Fuel. Alternative.

1. Úvod

Prvé fosílné palivo na svete bolo vyrobené v roku 1846 kanadským geológom a vynálezcom Abrahámom Gesnerom. Počas výskumu sa mu podarilo prísť na proces výroby tekutého paliva z uhlia, živice a ropnej bridlice. Svoj vynález nazval kerosín. Prvé použité kerosínu bolo ako palivo do pouličného osvetlenia vo viacerých mestách v Kanade. [3]

Doteraz sa hovorilo o rope ako hlavnej vstupnej surovine pri výrobe paliva. V dnešnej dobe je aktuálnou témou ekológia. Jedným zo spôsobov ekologického správania sa je recyklácia a využívanie alternatívnych druhov pohonu. Klíma Zeme sa mení, zdroje pre výrobu fosílnych palív sú limitované, čo stavia ľudstvo do situácie kedy musí začať používať alternatívne palivá s cieľom ochrany prírody. Ďalším výrazným faktorom pre vývoj alternatívnych palív je cena ropy. Cena ropy má priamy vplyv na svetovú ekonomiku. Bezprecedentné zvyšovanie ceny ropy má takisto negatívny vplyv na energetickú bezpečnosť jednotlivých krajín svetového spoločenstva. Energetická bezpečnosť znamená spoľahlivé, neprerušované a cenovo primerané dodávky paliva. Letectvo je zvlášť citlivé na spoľahlivé dodávky paliva, pretože žiaden iný sektor nemá tak obmedzené možnosti alternatívnych zdrojov energie.[2]

Článok hovorí o možnostiach alternatívnych pohonov vhodných pre použitie v leteckej doprave. Možnosť využitia alternatívnych druhov palív v dnešnej dobe už existuje, avšak z výkonnostného a ekonomického hľadiska zatiaľ nemôžu konkurovať tradičným palivám vyrobeným z ropy.

2. Metodika a metódy skúmania

Počas spracovania mojej záverečnej práce som využíval informácie z odbornej literatúry, neutajovaných vojenských a

civilných noriem a verejne dostupných zdrojov. Primárnou metódou používanou v praktickej časti mojej záverečnej práce bola metóda kvalitatívneho výskumu ktorej predchádzalo pozorovanie flotácie. Ďalšie materiály využívané pri spracovávaní tejto záverečnej práce mi boli poskytnuté z interných predpisov spoločnosti SAMAD s.r.o. a bližšie nomenovaného laboratória. Na základe informácií získaných zo spomínaných zdrojov som sa rozhodol požiadať zástupcov organizácii s ktorými som spolupracoval o pomoc pri návrhu a následnej laboratórnej výrobe paliva z odpadových uhľovodíkov. Vyrobené palivo bolo následne podrobené laboratórnym skúškam a ich výsledky boli zaznamenané do tabuliek uvedených v kapitole 8, ktoré boli následne interpretované a táto interpretácia bola odborne schválená. Počas laboratórnych skúšok mi bolo k dispozícii špičkové, moderné vybavenie odborne obsluhované pracovníkom laboratória a tak isto pracovníci spoločnosti SAMAD s.r.o.. Na konci práce metódou kvalitatívneho porovnávania došlo k porovnaniu vlastností leteckého petroleja a navrhnutého paliva. Dôsledným triedením, posudzovaním a konzultáciou s odborníkmi na výrobu a kontrolu kvality palív sme pre spracovanie kvapalných odpadových uhľovodíkov na výrobu alternatívneho paliva pre letecké motory pre potreby tejto práce vybrali odpad označený ako KČO 13 08 02 (Iné emulzie) v dovezenom objeme 22,5 m³. [1] [4]

2.1. Technologický postup

Technologický postup nakladania s odpadovými uhľovodíkmi v procese zhodnotenia patrí do zoznamu vykonávaných činností, zaradených podľa prílohy č.1 Zákona o odpadoch do kategórie R9 - Prečisťovanie oleja alebo jeho iné opätovné použitie.

Práve kategória R9 bola využitá pri spracovaní vybraného odpadu KČO 13 08 02, ktorý vznikol u pôvodcu odpadu nepozornosťou obsluhy kontaminovaním ľahkého vykurovacieho oleja nízkou hustotou 0,790kg/l, čím vznikla

kvapalina s veľmi nízkym bodom vzplanutia (10°C), pričom vznikol nebezpečný odpad v dôsledku dobrej miešateľnosti s vodou, ktorý nebol vhodný na použitie v technológií pôvodcu odpadu. Pre zníženie rizika vzniku požiaru pri samotnom prečerpávaní u pôvodcu odpadu bol uplatnený postup čerpania vzduchovým membránovým čerpadlom, kde stlačený vzduch bol nahradený dusíkom a samotný kontaminovaný olej bol čerpaný do cisternového vozidla čiastočne naplneného vodou, pričom došlo k zmiešaniu a vytvoreniu odpadového uhľovodíku KČO 13 08 02 - Iné emulzie, bezpečného na prepravu a manipuláciu, ale naopak veľmi dobre separovateľného v technológií. Odpadový uhľovodík takto kontaminovaný a upravený nebol primárne využiteľný ani na energetické využitie. Tento proces je možné využiť pri separácii látok s nižšou hustotou napríklad rôznych alkoholov, rozpúšťadiel, ktoré sa veľmi často nachádzajú v odpadových uhľovodíkoch, hlavne z dôvodu porúch, alebo aj nepozornosťou obsluhy technologických a iných zariadení, ktoré používajú oleje pri svojej činnosti. Zmiešavaním s vodou je možné vyrobiť emulziu s vyššou hustotou pri pomalom prúdení kvapaliny tak, aby nedošlo k vytvoreniu emulzie v celom objeme odpadu. [5]

2.1.1. Príprava na zhodnotenie

Princípom zhodnocovania nebezpečných odpadov na uvedených strojných zariadeniach je fyzikálno-chemická úprava nebezpečných odpadov: filtrácia, flotácia a sterilizácia, ktorou dochádza k čisteniu a separácii prevádzkových kvapalín, rezných emulzií, iných emulzií, roztokov bez obsahu halogénov, olejov a riedkych kalov.

Vyprázdňovanie nádrží a kontajnerov s odpadovým uhľovodíkom sa uskutočňuje čerpadlami alebo výpustnými ventilmi a prečerpáva sa v závislosti od triedy kinematickej viskozity zubovým - vysoká viskozita nad normu ISO VG 32, alebo odstredivým – nízka viskozita do normy ISO VG 32 čerpadlom do stroja METZGER MKR TYP SF 500 s vnútorným objemom nádrže 500 l. Následne je odpadový uhľovodík vákuovo cez posuvný filter z netkanej textilie zbavený hrubých nečistôt, ako sú oterové kovy, ktoré vznikajú pri trení pohyblivých častí rôznych zariadení mazaných olejom, triesky z obrábania, brúsne kaly, odumreté ložiská baktérií o priemere 3-10 ppm v závislosti od použitého filtra. Takto odstránené nečistoty sú odsávaním a filtrovaním vákuovo separované cez filter.



Obrázok 1. METZGER MKR TYP SF 500. Zdroj: [1]

Odpadový uhľovodík je po zbavení mechanických nečistôt vrátený do čistej zbernej nádrže alebo IBC kontajnera určeného

na prefiltrovaný odpadový olej. Odtiaľ je cez špeciálne vyvážený ponorný sací magnetický plavák vzduchovým membránovým čerpadlom cez jemný kovový filter prečerpávaný do stroja MKR-METZGER TRENBOY TB 250, v ktorom po spomalení prúdenia odpadového uhľovodíka a následnej flotácii dochádza k jeho separácii od kvapaliny s vyššou hustotou - objemovou hmotnosťou napr. vody alebo emulzie. Po odtečení do zberného zásobníka je odpadový uhľovodík vhodný ako surovina pre ďalšie spracovanie pre účely tejto práce.



Obrázok 2. MKR-METZGER TRENBOY TB 250. Zdroj: [1].

Zhodnotený odpadový uhľovodík bol na prevádzke prečerpávaný do zásobníkov vytvorených z IBC kontajnerov. Zo zásobníkov sa surovina automatizovane za pomoci systémov plavákových hladinomerov napojených na odstredivé čerpadlá dávkuje do technologického separátora ALFA Laval S 921 Flex, ktorý bol využitý pre finálne čistenie zhodnoteného uhľovodíka pred termickým delením.



Obrázok 3. ALFA Laval S 921 Flex. Zdroj: [1].

Technologické zariadenie ALFA Laval S 921 Flex systém sme použili na dočisťovanie už výsledného produktu zhodnoteného uhľovodíka, ktorý bude ďalej spracovaný v rámci zlepšovania jeho konečných parametrov, ktorých dodržanie je potrebné pre

predpokladané možné použitie ako suroviny pre výrobu konečného produktu vo výsledku mojej práce. [1] [6]

2.1.2. Zhodnocovanie termickým delením

Termické delenie kvapalných uhľovodíkov s použitím katalyzátora je tepelný rozklad založený na procese fragmentácie, čiže na rozdelení reťazcov uhľovodíkov. Vplyvom stredne vysokých teplôt a atmosférického tlaku je možné kvapalnú uhľovodíkovú surovinu spracovať tak, že výstupnou surovinou je zmes plyných a kvapalných uhľovodíkov, ktorá je vhodná pre ďalšie spracovanie a využitie v petrochemickom priemysle, energetike alebo ako pohonná hmota. V procese spracovania dochádza vplyvom zvyšujúcej sa teploty primárne k deleniu jednotlivých frakcií uhľovodíkových reťazcov, pričom sa pôvodné skracujú, respektíve produkty ako olej s dlhým reťazcom sa menia na viaceré produkty s krátkym reťazcom. Stupeň premeny alebo účinnosť rozdelenia závisí na prevádzkovej teplote, pričom zvyšovaním teploty sa zvyšuje hĺbka delenia uhľovodíkových reťazcov oleja. Základné vlastnosti kvapalných produktov získaných zo spracovania olejov s použitím katalyzátora sú podobné konvenčným ropným produktom. Majú rovnakú destilačnú krivku, viskozitu, hustotu, spaľovacie teplo, oktánové a cetánové číslo a pod.



Obrázok 4. Technológia termického delenia. Zdroj: [1].

Vstupnú surovinu tvoria pôvodne odpadové uhľovodíky zložené zo širokej škály ako dlhých, tak aj krátkych reťazcov uhľovodíkov tzv. široká frakcia. Jej prečerpaním z cisternového návěsu cez prietokové meradlo typu M606 3.1 do nádrže s označením H4 sa začína výroba jednotlivých frakcií. Následne je zubovým čerpadlom dávkovým spôsobom v objeme 1100 litrov naplnený reaktor zariadenia s označením PEC1000, ktorý pracuje na princípe termickej fragmentácie uhľovodíkových reťazcov s použitím katalyzátora. Proces spočíva v postupnom ohrievaní olejov v dvojplášťovom reaktore zariadenia bez prístupu kyslíka horákmi na zemný plyn umiestnenými v medziplášťovom priestore. [1] [7]

Jednotlivé teplotné stupne ohrevu oleja s časom dĺžky držania rovnakej teploty sú programovo nastavené v závislosti na druhu výrobku a jeho požadovaných parametrov. Táto metóda veľmi presne dokáže oddeľovať požadované frakcie pri následnom odparovaní do destilačnej kolóny, kde sú výpary schladzované

vo viacerých teplotných režimoch. Tým sa zabezpečí rozdelenie reťazcov uhľovodíkov na:

- veľmi krátke reťazce tzv. plynú frakciu,
- krátke reťazce tzv. ľahkú frakciu,
- stredne dlhé reťazce tzv. strednú frakciu,
- dlhé reťazce tzv. ťažkú frakciu.

Ľahká frakcia je zmes kvapalných ropných uhľovodíkov s vysokou tenziou pár. Je to horľavá kvapalina, trieda nebezpečnosti I, skupina výbušnosti (STN/EN 50014) IIA, teplotná trieda T3, bod tuhnutia -40 o C, je to látka škodlivá zdraviu a životnému prostrediu, dopravný tlak do 300 kPa. Táto frakcia, označovaná v kombinovanej nomenklatúre ako plynový olej, je využiteľná ako rozpúšťadlo alebo palivo.

Stredná frakcia je horľavá kvapalina, skupina výbušnosti IIA, teplotná trieda T3, trieda nebezpečnosti III, teplota vzplanutia nad 56 o C, je to látka škodlivá zdraviu človeka a životnému prostrediu, dopravný tlak do 300 kPa. Táto frakcia, označovaná v kombinovanej nomenklatúre ako plynový olej, je využiteľná ako pohonná hmota pre pohon motorov.

Ťažká frakcia je zmes ťažších kvapalných ropných uhľovodíkov s nízkou tenziou pár. Je to horľavá kvapalina, trieda nebezpečnosti II, teplota vzplanutia nad 80 o C, skupina výbušnosti (STN/EN 50014) IIA, teplotná trieda T3, je to látka škodlivá zdraviu a životnému prostrediu, dopravný tlak do 300 kPa využiteľná ako palivo.

Výroba sa zaoberá termickým spracovaním dovezeného produktu kombinovanej nomenklatúry (KN) 2710 19 29. Následne proces spočíva v ohrievaní horákmi na zemný plyn KN 2710 19 29 v reaktore zariadenia bez prístupu kyslíka s označením PEC1000 a jeho odparovaní do destilačnej kolóny, kde sú výpary schladzované v dvoch teplotných režimoch. Tým sa zabezpečí rozdelenie reťazcov uhľovodíkov na malé množstvo technologického plynu približne 0,3% objemových jednotiek a dve hlavné frakcie:

- KLF - Katalytická Ľahká Frakcia KN 2710 12 11.
- KHF - Katalytická Ťažká Frakcia KN 2710 19 43.

Tieto frakcie sú po rozdelení prečerpané do sedimentačných nádrží s označením H3 (KLF) a s označením H2 (KHF), kde v závislosti od teploty a množstva mechanických nečistôt sedimentujú. Následne dochádza k výdaju pre odberateľa. [8]

Tento systém spracovania pôvodne odpadových olejov ponúka ekologicky prijateľnú a finančne sebačinnú metódu spracovania zhodnotených odpadových uhľovodíkov a je príkladným riešením využitia druhotnej suroviny s veľkým potenciálom. To prispieva k zníženiu objemu zneškodňovania odpadových uhľovodíkov, ku skvalitneniu životného prostredia a k šetreniu prírodných zdrojov.

Pre účely tejto záverečnej práce som uviedol výrobný proces ďalšieho spracovania výsledného produktu zo zhodnoteného uhľovodíka v prípade, že by bolo k dispozícii dostatočné množstvo suroviny na termické spracovanie zhodnotených kvapalných uhľovodíkov priamo vo výrobe. Požadované množstvo pre spustenie výroby podľa materiálového toku je viac

ako 1100 litrov, ktoré som pre účely tejto práce nemal k dispozícii. Zvolil som pre ďalší postup spracovania odpadových uhľovodíkov laboratórny spôsob. [1]



Obrázok 5. Laboratórny spôsob termického delenia. Zdroj: [1].

2.1.3. Testovanie vzorky zhodnoteného uhľovodíka

Vzorku zhodnoteného uhľovodíka v objeme 1000 ml sme s pracovníkom laboratória podrobili testom bodu vzplanutia, spektrometri a destilačnej krivky pre zistenie fyzikálnych a chemických vlastností látky, ktorú sme plánovali použiť na výrobu alternatívnej pohonnej hmoty pre letecké motory s vlastnosťami leteckého petroleja JET A. [1]

2.1.4. Termické delenie vzorky zhodnoteného uhľovodíka

Pripravili sme si 300 ml na základe výpočtu testovanej vzorky zhodnoteného uhľovodíka a umiestnili sme 300 ml testovanej vzorky do varnej banky.

Na ohrevnom hniezde LTHS 250 sme nastavili teplotu ohrevu na 165°C a zahájili sme prvú destiláciu – termické delenie vzorky. Prvým výsledkom bolo, že z našej testovanej vzorky sme oddelili všetky látky, ktoré mali nižší bod varu ako 165°C. Testovaná vzorka mala oddelené látky ľahkej frakcie kvapalných uhľovodíkov s vysokou tenziou pár, ktorú môžeme zaradiť pod KN 2710 12 11 označené ako ľahké uhľovodíky a prípravky určené na špecifické spracovanie, z ktorých sa 90% objemu a viac predestiluje pri 210°C.

Následne sme zahájili druhú destiláciu - termické delenie vzorky. Na ohrevnom hniezde s označením LTHS 250 sme nastavili teplotu ohrevu do 300°C. Druhým výsledkom termického delenia vzorky bolo, že z našej testovanej vzorky sme oddelili všetky látky, ktoré mali bod varu do 300°C. Pary oddelené z testovanej vzorky sme ochladzovali v chladiacom valci a tým sme získali vzorku kvapalného uhľovodíka, ktorá spĺňa kritériá od 165°C do 300°C na ďalšie testovanie. Zvyšok oddelených látok môžeme zaradiť ako ťažkú frakciu pod KN 2710 19 99, ktorá môže byť využitá ako olej na stratové mazanie. Termické delenie a destiláciu sme zopakovali 2 krát za

účelom získania 2 testovaných vzoriek v objeme 300 ml na finálne testovanie a ich následné porovnanie. [1] [3] [8]

3. Výsledky

Vyrobená vzorka bola podrobená najdôležitejším testom vykonávaným pri testovaní bežného paliva JET A1 [1]

3.1. Testovanie vzorky alternatívneho paliva

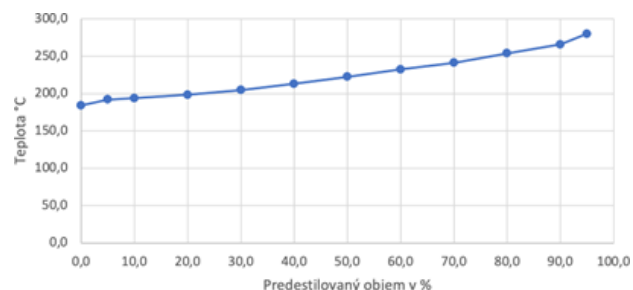
Získanú vzorku 300 ml z termického delenia sme rozdelili na 3 rovnaké diely v objeme 100 ml, z ktorých 2 diely sme použili do prístroja na určenie destilačnej krivky a 1 diel na test bodu vzplanutia. [1]

3.1.1. Destilačná krivka

testovaním v objeme 50 ml vykonali skúšku bodu vzplanutia a namerali rovnako hodnotu 44°C. Výsledné vzorky z testov destilačnej krivky alternatívnej pohonnej hmoty pre letecké motory sme v odmernom valci doplnili na 100 ml zvážili na digitálnej váhe, jej nameraná hmotnosť bola 81,9 g/100 ml, čo predstavuje hustotu alternatívnej pohonnej hmoty 819 kg/m³. [1] [4]

Do odmerného valca sme naliali prvý diel testovanej vzorky, z ktorej sme presný obsah 100 ml premiestnili do varnej banky, ktorá je súčasťou zariadenia HERZOG MP 626. Varná banka umiestnená na varnú dosku v zariadení a hermeticky napojená na prístroj s teplomerom. Po zapnutí prístroja sa teplota testovanej vzorky 100 ml začala zvyšovať na bod IBP (Začiatkový bod varu). Dosiahnutie začiatkového bodu varu bolo v trvaní od 0 do 492 sekúnd na teplotu 184,0 °C, kde bol zahájený proces destilácie. Destilácia bola ukončená koncovým bodom varu pri 295,3 °C kedy bolo odparených 98,1% objemu pôvodnej testovanej vzorky pričom 1,9% objemu je tzv. tuhý destilačný zvyšok, čo je látka ktorú už nie je možné destilovať ďalej. Je podobná asfaltu.

Do odmerného valca sme naliali druhý diel testovanej vzorky, z ktorej sme presný obsah 100 ml premiestnili do varnej banky, ktorá je súčasťou zariadenia HERZOG MP 626. Zopakovali sme postup ako pri teste prvého dielu vzorky. Po ukončení testu sme zistili, že prvý aj druhý diel vzorky vykazoval identické namerané hodnoty. [1]



Obrázok 6. Destilačná krivka. Zdroj [1].

3.1.2. Bod vzplanutia

Tretí diel vzorky sme využili na test bodu vzplanutia. 100 ml testovanej vzorky sme rozdelili na 2 vzorky po 50 ml. Prvý diel o objeme 50 ml sme naliali do uzatvorenej kovovej nádoby v

prístroji s označením HERZOG a vykonali skúšku bod vzplanutia metódou Penski – Martens. Bod vzplanutia sme namerali v prvej testovanej vzorke 44°C. Druhý diel sme rovnakým testovaním v objeme 50 ml vykonali skúšku bodu vzplanutia a namerali rovnako hodnotu 44°C. Výsledné vzorky z testov destilačnej krivky alternatívnej pohonnej hmoty pre letecké motory sme v odmernom valci doplnili na 100 ml zvážili na digitálnej váhe, jej nameraná hmotnosť bola 81,9 g/100 ml, čo predstavuje hustotu alternatívnej pohonnej hmoty 819 kg/m³. [1] [4]



Obrázok 7. Testovanie bodu vzplanutia. Zdroj: [1].

4. Záver

Navrhnutá alternatíva pohonnej hmoty z odpadových uhľovodíkov obsahuje reťazce uhľovodíkov, ktoré majú bod vzplanutia pri teplote 44 °C, čím spĺňa porovnanie s leteckým petrolejom JET A, ktorý má bod vzplanutia uvedený vyšší alebo rovný ako 40°C.

Pri hodnotení destilačnej krivky alternatívnej pohonnej hmoty z odpadových uhľovodíkov sme zistili, že uvedené namerané hodnoty spĺňajú kritériá, vyžadované pri leteckom petroleji JET A, predovšetkým body varu od 165°C do 300°C a majú aj podobné charakteristiky priebehu.

Nameraná hustota 819 kg/m³ zodpovedá parametru uvádzaného pre letecky petrolej JET A v intervale 775- 840 kg/m³.

Vykonané laboratórne skúšky vypovedajú len o najdôležitejších parametroch paliva JET A a nebolo podrobené všetkým skúškam spomínaným v teoretickej časti záverečnej práce. Pre použitie paliva v reálnej prevádzke by museli byť do paliva pridané aditíva spomenuté taktiež v teoretickej časti. [1]

Referencie

- [1] Hruška, Samuel. Využitie palív vyrobených z odpadových zdrojov uhľovodíkov v letectve. [Online-diplomová práca] 2024.
- [2] Commission, European. European Alternative Fuels Observatory. European Commission. [Online] 2022. [Dátum: 20. 1. 2024.] [https://alternative-](https://alternative-fuelsobservatory.ec.europa.eu/transport-mode/aviation/alternative-fuels-for-aviation)

[fuelsobservatory.ec.europa.eu/transport-mode/aviation/alternative-fuels-for-aviation](https://alternative-fuelsobservatory.ec.europa.eu/transport-mode/aviation/alternative-fuels-for-aviation).

- [3] Mickeviciute, Rosita. Jet fuel: all about aviation fuel, its origin, composition, and types. Aerotime hub. [Online] 22. 6. 2023. [Dátum: 3. 12. 2023.] <https://www.aerotime.aero/articles/jet-fuel-understanding-its-origins-composition-andtypes>.
- [4] Staroň, Milan. Predpisy pre zabezpečenie kvality a manipuláciu. s.l. : Regula servis, 2007. ISO 9001:2000.
- [5] MAXWELL, Timothy T. Alternative fuels: emissions, economics and performance. ResearchGate. [Online] 1. 9. 2013. [Dátum: 20. 2. 2024.] https://www.researchgate.net/publication/37402721_Alternative_fuels_emissions_economics_and_performance.
- [6] Adami, Renata. Alternative fuels for aviation: possible alternatives and practical prospects of biofuels. ResearchGate. [Online] 1. 1. 2021. [Dátum: 1. 4. 2024.] https://www.researchgate.net/publication/348891726_Alternative_fuels_for_aviation_possible_alternatives_and_practical_prospects_of_biofuels.
- [7] Forsthoffer, Julius. Aktuálna situácia výroby a využitia biopalív na Slovensku. Bratislava : Združenie výrobcov liehu, 2009.
- [8] Corporation, Chevron. Aviation Fuels Technical Review. Houston : Chevron Global Aviation, 2006. MS-9891 (10/06).



ANALÝZA EFEKTÍVNOSTI VYUŽITIA IOT NA LETISKÁCH

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

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

Abstract

The thesis deals with the topic "Analysis of the efficiency of IoT usage in airports". It consists of several parts, focusing on the current ways of using IoT technology, the differences in the implementation of this technology in different airports in different countries and their subsequent comparison. The thesis also focuses on the security of IoT technology, specifically on protection against cyber-attacks (cybersecurity) and identifies the risks that arise from the introduction of this smart technology. Furthermore, based on the synthesis of the collected data on the use of IoT technology, including comparisons between specific airports, an analysis and suggestions for optimizing the application of this smart technology are made.

Keywords

Internet of Things, Aerodrome, Cybersecurity, smart technology, landside, airside, facial recognition

1. Úvod

Táto diplomová práca na tému „Analýza efektívnosti využitia IoT na letiskách“ sa zameriava na technológiu IoT (Internet of Things/ Internet vecí) a spôsoby jej implementovania na letiskách. Je rozdelená teoretickú a praktickú časť. Teoretická časť tejto diplomovej práce sa venuje syntéze a analýze informácií o technológii Internetu vecí, aké možnosti nám prináša, ale aj kedy a prečo vznikla. Okrem týchto informácií sa diplomová práca venuje aj aplikačným možnostiam kde sa môžeme s touto technológiou stretnúť v reálnom živote, alebo aj napríklad aký je plánovaný rozvoj technológie Internetu vecí do budúcnosti. Taktiež sa zameria na sociálne a etické aspekty, ktoré je potrebné aby boli splnené. Po úvodnom oboznámení s informáciami o podstate a všeobecnej aplikáciách IoT sa v nasledujúcej časti zameriavam na implementovanie technológie na letiská. Konkrétne sa bude diplomová práca zaoberať spôsobmi akými je na letisko implementovaná, dôvody prečo sa letiská rozhodli pre inštaláciu a využívanie takejto technológie, ako aj na to, aké sú možné ohrozenia a z toho vyplývajúce nebezpečenstvá, ktoré vzniknú po ich implementácii. Tu sa zameriavame na kybernetické útoky, pričom budeme sledovať aké ich sú dôvody vrátane konkrétnych príkladov, ktoré boli zaznamenané a spôsoby ochrany v prípade napadnutia systémov IoT hackerskými skupinami. V ďalšie kapitoly tejto diplomovej práce tvoria jej praktickú časť, v ktorej sú vytvorené analýzy. Ich zameranie je na analyzovanie získaných údajov so zameraním sa na hypotézu, či táto technológia priamo ovplyvňuje počet prepravených cestujúcich. Nadstavbou prvej analýzy budem ďalšia analýza určená na hľadanie súvislosti a následnom dokazovaní či je spôsob použitia technológie Internetu vecí závislá od jej geografického umiestnenia, t.j. krajiny, respektíve oblasti, v ktorej sa skúmané letisko nachádza. Predmetom skúmania je niekoľko vybraných letísk s detailnejším zameraním na spôsoby použitia technológie Internetu vecí na skúmaných letiskách. Po ukončení všetkých analytických skúmaní a analyzovaní údajov sa práca venuje v ďalšej časti návrhu na optimalizáciu, respektíve na rozšírenie používania technológie Internetu vecí na letiskách aj s konkrétnymi aplikačnými príkladom. V poslednej časti sa práca venuje

diskusii, v ktorej je zhodnotenie získaných výsledkov analýz. Taktiež v tejto časti práca obsahuje aj návrh na zmeny, ktoré by optimalizovali aktuálny stav používania technológií IoT, prípadne by priniesli zlepšenie využívania tejto technológie na letiskách.

2. Cieľ práce

Cieľom diplomovej práce na tému „Analýza efektívnosti využitia IoT na letiskách“ je analyzovanie technológie Internetu vecí a následne pomocou získaných výsledkov zvýšiť efektívnosť využitia respektíve rozšírenie používania technológie Internetu vecí na letiskách.

3. Metodika a metódy skúmania

Diplomovú prácu na tému „Analýza efektívnosti využitia IoT na letiskách“ sú použité viaceré druhy metód. Pred samotným začiatkom písania práce je použitá metóda pozorovania pomocou ktorej bolo možné preštudovať verejne dostupné články ako aj odborné publikácie a vďaka ktorým bolo možné získať a sumarizovať vedomosti, ktoré boli potrebné k dosiahnutiu stanoveného cieľa tejto diplomovej práce. Po získaní dostatočného množstva informácií a vedomostí ohľadne problematiky, ktorej sa venuje táto práca, bola v nasledujúcom kroku použitá ďalšia metóda nazývaná porovnanie, respektíve komparácia, kedy nasleduje porovnávanie informácií, ktoré sa podarilo získať. Túto metódu bolo možné použiť nakoľko všetky získané informácie boli nadobudnuté z voľne (verejne) dostupných overených zdrojov. Pri samotnom výbere zdrojov som sa zameriaval na ich dostatočnú kvalitu. Použité verejne dostupné zdroje slúžia pre dosiahnutie všetkých potrebných informácií k diskutovanej téme a vykonaným analýzám. Úvod diplomovej práce je venovaný všeobecným informáciám ohľadne technológie Internetu vecí pričom sa konkrétne zameriavam na predstavenie danej technológie následne jej využitie v každodennom živote, resp. reálnej prevádzke letísk. Prvá časť je zakončená diskutovaním o prínose technológie Internetu vecí do budúcnosti. Táto časť je koncipovaná pomocou už metód pozorovania, zberu dát a následnej syntézy.

Druhá časť tejto diplomovej práce je zameraná na spôsoby využívania technológie Internetu vecí na letisku pričom sa budem venovať jej spôsobmi implementácie. Pre lepšie pochopenie použitia technológie Internetu vecí sú letiská rozdelené do troch častí, konkrétne sa jedná o verejnú časť letiska, terminál (obe časti patria do landside) a neverejnú časť letiska (v zóne airside). Táto časť diplomovej práce je vytvorená pomocou využitia metód pozorovania, zberu dát a ich následnej syntézy. Tretiu časť diplomovej práce predstavuje analýza prínosu technológie Internetu vecí so zameraním sa na zvyšujúci sa počet prepravených cestujúcich. Následne nadväzuje ďalšia analýza zameraná na spôsoby implementácie technológie Internetu vecí na rôznych letiskách. Okrem týchto „rámcových“ analýz sú uvedené aj konkrétnejšie dedikované analýzy implementácie IoT na dvoch letiskách, ktoré sú detailnejšie preskúvané. V tejto časti je možné evidovať viac metód. Konkrétne sa jedná o metódu porovnávania získaných dát a ich následnej analýzy. Samotná analýza je realizovaná pomocou matematického modelu. Táto diplomová práca je finalizovaná v poslednej fáze, kde sú uvedené konkrétne návrhy optimalizácie technológie Internetu vecí. Tento návrh obsahuje aj dedikované postupy pre efektívne zavedenie zmien, respektíve doplnenie možností pre implementáciu technológie Internetu vecí na letiskách.

4. Výsledky

Vďaka použitiu viacerých analýz som zistil, že skúmané letiská zaujali rôzne pohľady na spôsob zvýšenia digitalizácie na konkrétnych letiskách. Rôzne stupne digitalizácie letísk majú priamy vplyv na používanie, respektíve implementovanie technológie Internetu vecí. Letiská pri ktorých bol dosiahnutý najvyšší stupeň digitalizácie majú technológiu Internetu vecí implementovanú do skoro všetkých procesov, ktoré sa na letisku vykonávajú (či už sa jedná o bezpečnosť, odbavenie cestujúcich a batožiny, reklamy, monitorovanie letiskových priestorov, pozemná obsluha ako aj mnoho ďalších aktivít).

4.1. Prínos v efektívnosti kvôli zvyšujúcim sa počtom prepravených pasažierov a tým aj zvýšenie kapacity letísk

Na analyzovanie prínosu z dôvodu narastajúcemu počtu cestujúcich som sa rozhodol využiť zhlukovú / klastrovú analýzu z mojej Bakalárskej práce (zameraná na tému „Analýza využitia IoT v leteckej doprave“). Na základe ďalšieho skúmania dát som zistil, že implementácia technológie Internetu vecí má priamy pozitívny dopad na zvýšenie efektívnosti jednotlivých procesov, vďaka čomu je letisko schopné s rovnakou kapacitou prepraviť výrazne väčší počet cestujúcich na tomto letisku. Zvýšenie počtu prepravených cestujúcich dokáže z toho dôvodu že vieme jednotlivé procesy vďaka dokonalému pochopeniu zvýšiť tak aby bola dosiahnutá čo najvyššia efektívnosť. Vďaka tomu vieme minimalizovať časy jednotlivých úkonov čo nám v koncovom dôsledku prinesie rýchlejšie odbavenie lietadla (celý proces komplexných činností, ktoré sú potrebné vykonať od priletu až po samotný opakovaný odlet lietadla) a tým pádom aj navýšenie počtu obslužených letov na danom letisku. Okrem zvýšenia počtu prepravených cestujúcich a aj zvýšenia počtu vykonávaných letov z daného letiska dokážeme za pomoci technológie Internetu vecí pozitívne ovplyvniť pocit cestujúcich z konkrétneho letiska. Tento pocit cestujúcich (good-will) dosahujeme vďaka údajom, ktoré získavame pomocou

technológie Internetu vecí a tým pádom vieme upraviť podmienky na letisku aby boli čo najviac vyhovujúce pre cestujúcich. Vďaka výsledkom, ktoré som dosiahol pomocou zhlukovej analýzy vieme povedať že letiská, ktoré majú technológiu Internetu vecí implementovanú do čo najväčšieho množstva procesov, ktoré sa na letisku vykonávajú majú výrazne väčšie množstvo prepravených cestujúcich ročne ako letiská, ktoré používajú technológiu Internetu vecí len pri niektorých prípadne žiadnych procesoch.

4.2. Porovnanie využívania technológie Internetu vecí na letiskách v rôznych krajinách

Tak ako aj v predošlej analýze som sa aj na tomto mieste rozhodol použiť poznatky ako aj zhlukovú analýzu z mojej Bakalárskej práce (na tému „Analýza využitia IoT v leteckej doprave“). Vďaka získaným dátam som zistil že na samotné využívanie respektíve spôsob použitia technológie Internetu vecí má relatívne veľký vplyv štát respektíve oblasť, v ktorej sa dané letisko nachádza. Táto závislosť používania technológie Internetu vecí od štátu, kde sa letisko nachádza nám predstavuje rôzne faktory, ktoré to ovplyvňujú.

4.3. Praktická využiteľnosť

Pri posudzovaní implementácie systémov IoT je potrebné posúdiť a vyhodnotiť najdôležitejšie faktory, ako sú:

- Legislatívne požiadavky súvisiace s možnosťami implementácie na základe právnych noriem a predpisov
- Technologická pripravenosť, ktorá priamo súvisí nielen s aktuálnym stavom, v akom sa systémy nachádzajú, ale hlavne s novými trendami súvisiacimi so zvyšujúcou sa náročnosťou na hardvérové a softvérové požiadavky a tým aj úzko súvisia s finančnou náročnosťou, resp. nákladmi na implementáciu nových, prípadne iba rozšírenie už využívaných technológií.
- Spôsoby financovania – v tomto prípade je možné náklady za zavedenie IoT zahrnúť do investičných plánov samotných letísk. V prípade dostupnosti dotačných schém pre digitalizáciu sektoru dopravy a služieb je možné takéto investície získať aj z takýchto grantov, čo samozrejme výrazne pomôže ušetriť, resp. minimalizovať vlastné investície letísk.
- Kapacita letísk – priamy vplyv na zvýšenie kapacity letísk prostredníctvom zvýšenia počtu odbavených cestujúcich. V tomto prípade dochádza k výrazným investičným úsporám, kde namiesto dlhodobých a rozsiahlych rekonštrukcií terminálov je zavedenie IoT technológií výrazne lacnejšie a efektívnejšie nielen z finančného ale aj časového hľadiska
- Environmentálne hľadisko predstavuje veľmi výrazný faktor, ktorý je potrebné starostlivo a komplexne zvážiť pri takmer všetkých investíciách súvisiacich s rekonštrukciou alebo výstavbou nových terminálov (posúdenie vplyvov na životné prostredie, tzv. EIA). Z tohto pohľadu sa práve implementácia IoT javí ako podstatne efektívnejší spôsob s minimálnym vplyvom životné prostredie nielen pri inštalácii týchto technológií, ale aj kvôli v súčasnosti už existujúcim možnostiam na recykláciu elektronických zariadení, ktoré predstavujú hardvérové komponenty IoT.

5. Záver

Cieľom mojej diplomovej práce s témou „Analýza využívania efektívnosti lot na letiskách“ bolo zistiť akým spôsobom je technológia Internetu vecí implementovaná na letiskách, analyzovať efektívnosť jej využívania pri jednotlivých procesoch a zhodnotiť jej aplikácie ako prostriedky pri zvyšovaní efektivity procesov realizovaných na letisku, ako aj pri zvyšovaní efektivity celkovej prevádzky letiska. Vykonanie analýz malo opodstatnenie na základe zistení, že aj napriek zvyšujúcemu sa počtu letísk, kde prebieha digitalizácia, nie je všade využívaná technológia Internetu vecí. Pri letiskách, ktoré majú implementovanú technológiu Internetu vecí bolo tiež zistené, že nie je pri všetkých letiskách je technológia IoT rovnako využívaná., podobne môžeme identifikovať odlišnosti aj pri miere implementovania do jednotlivých procesov. Základy pre zostavenie tejto diplomovej práce predstavujú údaje s ich následným vyhodnotením na základe aplikovania analýz. Dáta pochádzajú nielen z verejne dostupných zdrojov, ale aj prostredníctvom priamej komunikácie s letiskami, ktoré boli následne doplnené o vlastnými skúsenosťami. Vďaka týmto získaným dátam je možné poukázať na spôsoby zavedenia a využitia technológie Internetu vecí na letiskách, identifikovať súvislosti s používaním technológie a geografickou lokalizáciou krajiny v ktorej sa letisko nachádza, alebo aj prínos technológie pre zvýšenie efektivity fungovania letiska. Diplomová práca bola logicky rozdelená na dve hlavné časti, ktoré sú následne delené do viacerých pod častí. Hlavné dve časti sú teoretická a praktická časť. V prvej teoretickej časti boli zozbierané a vyhodnotené všeobecné informácie o technológii Internetu vecí s následným diferencovaním na informácie o technológii IoT na letiskách. Po oboznámení s významom a aplikovateľnosťou vo všeobecných informáciách môžeme identifikovať predpoklady rozvoja tejto technológie do budúcnosti a akým spôsobom sa vieme aj v reálnom každodennom živote stretnúť s touto technológiou. Následne bola presmerovaná pozornosť k technológii Internetu vecí s využitím na letiskách. Tu boli vykonané rozbory dôvodov prečo letiská postupne pristupujú k implementácii tejto smart technológie, ale aj spôsoby akými je využívaná IoT na letiskách. Spôsoby využívania IoT na letisku je rozdelená do troch častí. Prvá časť je zameraná na vonkajšie priestory landside (verejná časť letiska) následne na terminál a v poslednom prípade vonkajšie priestory airside (neverejná časť letiska). Okrem súčasných spôsobov využívania technológie Internetu vecí na letiskách sa v práci venujem aj plánovanému prínosu technológie IoT na letiská do budúcnosti. V neposlednom rade sa práca venuje aj problematike kybernetických hrozieb, pričom sa zameriava na kybernetické útoky na letiská, druhy kybernetických útokov ako aj na samotné spôsoby ako sa vie letisko brániť v prípade kybernetického napadnutia. V druhej časti práce sa zaoberá analýzou viacerých faktorov týkajúcich sa technológie Internetu vecí. Ako prvý faktor je skúmaný prínos technológie z dôvodu narastajúceho počtu prepravených cestujúcich. Konkrétne predstavuje pozorovanie a následné vyhodnotenie hypotézy či má zavedenie technológie pozitívny vplyv na počet prepravených cestujúcich. Na zistenie spojitosti je použitá zhluková analýza, vďaka ktorej bolo verifikované, že letiská s najvyšším stupňom implementácie dokážu prepraviť omnoho väčší počet cestujúcich ako letiská, ktoré nevyužívajú technológiu Internetu vecí. Zhluková analýza bola aplikovaná aj v prípadoch, kde bolo potrebné nájsť a následne dokázať závislosť používania technológie Internetu vecí s krajinou v ktorej sa skúmané letiska nachádzajú. Pomocou vykonanej analýzy bolo zistené, že existuje výrazný vplyv geografického

umiestnenia štátu respektíve oblasti kde sa skúmané letisko nachádza na spôsob využívania technológie Internetu vecí. Po vykonaní zhlukových analýz následne detailnejšie analyzované akým spôsobom majú využívanú technológiu Internetu vecí letiská Schwechat – Viedeň, Praha, Ostrava, Brno a Bratislava. Na základe získaných informácií som vykonal analýzu a vytvoril PESTLE analýzu na základe ktorej som priniesol návrh implementácie technológie Internetu vecí na letisko Milana Rastislava Štefánika v Bratislave. Posledným bodom, ktorému sa venuje táto diplomová práca je návrh na optimalizáciu respektíve zlepšenie využívania technológie Internetu vecí na letisku. Tento návrh som vytvoril na základe veľkého množstva informácií o samotnej technológii ako aj o spôsoboch využívania technológie Internetu vecí na letiskách, ktoré som boli predmetom zberu a analýzy údajov v tejto diplomovej práci. Na základe týchto informácií bol vytvorený návrh, ktorý by mal prispieť k zlepšeniu a rozšíreniu využívania technológie Internetu vecí za účelom zvýšenia bezpečnosti na letisku, navigácie osôb na letiskách a v neposlednom rade aj zlepšenie pozitívneho vnímania letísk z pohľadu cestujúcich.

Referencie

- Albin Libi Madana; Vinod Kumar Shukla; Robin Sharma a Ipseeta Nanda (2021). IoT Enabled Smart Boarding Pass for Passenger Tracking Through Bluetooth Low Energy. Dubaj. Amity University
- Dinh Dung Nguyen; József Rohács; Dániel Rohács a Anita Boros (2020). Intelligent Total Transportation Management System for Future Smart Cities. Budapešť. University of Technology and Economics
- Enrico Buzzoni; Fabio Forlani; Carlo Giannelli; Matteo Mazzotti; Stefano Parisotto; Alessandro Pomponio a Cesare Stefanelli (2019). The Advent of the Internet of Things in Airfield Lightning Systems: Paving the Way from a Legacy Environment to an Open World. Bologna. University of Bologna.
- HGH. Airport Surveillance. Online. Dostupné na: https://hgh-infrared.com/en/airport-surveillance-airfield-surveillance/?gad_source=1&gclid=EAlaIqobChMI8a-w19JhhAMVBENBAh3LbQWUEAAYASAAEgl4NvD_BwE
- Imran Ahmed; Misbah Ahmad; Joel J.P.C. Rodrigues a Gwanggil Jeon (2021). Edge computing-based person detection system for top view surveillance: Using CenterNet with transfer learning.
- Miraqa Safi; Sajjad Dadkhah; Farzahan Shoeleh; Hassan Mahdikhani; Heather Molyneaux a Ali Akbar Ghorbani (2022). A Survey on IoT Profiling, Fingerprinting and Identification. New York. University of New Brunswick
- Nashwan Adnan Othman a Ilhan Aydin (2017). A new IoT combined body detection of people by using computer vision for security application. Erbil. Knowledge University.
- Quality Magazine. Smart Cameras vs. Profile Sensors. Online. Dostupné na: <https://www.qualitymag.com/articles/95151-smart-cameras-vs-profile-sensors>

Roshan Fernandes; Anisha P. Rodrigues a K.B. Sudeepa (2020). IoT based Smart Security for the Blind. Bangalore. NMAM Institute of Technology.

Security. How IoT Helps Revolutionize and Optimize Airport Security. Online. Dostupné na: <https://www.securitymagazine.com/articles/91326-how-iot-helps-revolutionize-and-optimize-airport-security>

SOS electronic. Internet of Things – Všetci hovoria o IoT, ale čo to vlastne je. Online. Dostupné na: <https://www.soselectronic.com/sk/articles/sos-supplier-of-solution/internet-of-things-1-cast-vsetci-hovoria-o-iot-ale-co-to-vlastne-je->

2034?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA5L2tBhBTEiwAdSxJX9pmYeFFcQLW7Ah78pVwYkuHSB5YtC8DWnCTsDWiJj6C-mlf5_2shhoC9P8QAvD_BwE

Vision of Humanity. IoT Technologies Explained: History, Examples, Risk & Future. Online. Dostupné na: <https://www.visionofhumanity.org/what-is-the-internet-of-things/?fbclid=IwAR32u0JNxCA7HQcG-zJliAy7XuzdZ9FRSFYMU16ocwD57-StxoTyVH0HV7A#:~:text=The%20term%20'Internet%20of%20Things,them%20through%20a%20supply%20chain>