
EDITORIAL BOARD

Head of the editorial board

prof. Ing. Antonín Kazda, PhD.
University of Žilina,
The Slovak Republic

Editor in chief

doc. Ing. Martin Bugaj, PhD.
University of Žilina,
The Slovak Republic

Members of editorial board

prof. Ing. Dušan Kevický, PhD.
University of Žilina,
The Slovak Republic

prof. Ing. Ján Pila, PhD.
Silesian University of Technology,
Poland

prof. dr. sc. Ivica Smojver
University of Zagreb,
Croatia

prof. Ing. Andrej Novák, PhD.
University of Žilina,
The Slovak Republic

doc. Ing. Jaroslav Juračka, PhD.
Institute of Aerospace Engineering,
Brno, The Czech Republic

assoc. prof. Jacek Buko, PhD.
University of Szczecin,
Poland

prof. Dr. Obrad Babic
University of Belgrade,
Serbia

prof. Dr. Johan Wideberg
University of Sevilla,
Spain

assoc. prof. Ing. Anna Stelmach Warsaw
University of Technology,
Poland

prof. dr. sc. Sanja Steiner
University of Zagreb,
Croatia

Richard Moxon
Cranfield University,
United Kingdom

prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
Czech Technical University in Prague,
The Czech Republic

prof. Dr. habil. Jonas Stankunas
Gediminas Technical University Vilnius,
Lithuania

Dr. Francisco García Benítez
University of Seville,
Spain

prof. Dr. Romana Sliwa
Rzeszow University of Technology,
Poland

doc. Ing. Jakub Kraus, PhD.
Czech Technical University in Prague,
The Czech Republic

Dr.h.c. doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD.
MBA, LL.M
Technical University of Košice,
The Slovak Republic

doc. JUDr. Ing. Alena Novák Sedláčková,
PhD.
University of Žilina,
The Slovak Republic

assoc. Prof. Dr. Radosav Jovanović
University of Belgrade,
Serbia

prof. Ing. Anna Tomová, CSc.
University of Žilina,
The Slovak Republic

REGISTER

KONŠTRUKCIA UAV TYPU VTOL S NÁHRADOU MECHANICKÉHO RIADENIA ROTOROV SOFTVÉROVÝM SYSTÉMOM <i>VTOL TYPE UAV DESIGN WITH REPLACEMENT OF MECHANICAL ROTOR CONTROL BY A SOFTWARE SYSTEM</i>	3
---	----------

Michalík, M., Pecho, P.

UAV SYSTÉMY V PROCESU SBÍRÁNÍ ÚDAJŮ PRO VYUŽITÍ VE VODNÍM HOSPODÁŘSTVÍ <i>UAV SYSTEMS IN THE PROCESS OF COLLECTING DATA FOR USE IN WATER MANAGEMENT</i>	10
---	-----------

Michálek, T., Červeňanská, M.

VYKONÁVANIE BEZPEČNOSTNEJ OCHRANY CIVILNÉHO LETECTVA <i>CONDUCTING SECURITY MEASURES IN CIVIL AVIATION</i>	15
--	-----------

Molčan, T., Novák Sedláčková, A.

APLIKAČNÉ POSTUPY PRE PREPRUVU NEBEZPEČNÉHO NÁKLADU V KOMERČNEJ LETECKEJ DOPRAVE <i>APPLICATION PROCEDURES FOR DANGEROUS GOODS SHIPMENT IN COMMERCIAL AIR TRANSPORT</i>	22
---	-----------

Burešová, K., Rostáš, J.

OBLAKY, OBLAČNOSŤ A ICH VPLYV NA BEZPEČNOSŤ LETECTVA <i>CLOUDS, CLOUD COVER AND THEIR IMPACT ON AVIATION SAFETY</i>	31
---	-----------

Golais, J., Jarošová, M.



KONŠTRUKCIA UAV TYPU VTOL S NÁHRADOU MECHANICKÉHO RIADENIA ROTOROV SOFTVÉROVÝM SYSTÉMOM

VTOL TYPE UAV DESIGN WITH REPLACEMENT OF MECHANICAL ROTOR CONTROL BY A SOFTWARE SYSTEM

Matúš Michalík

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Pavol Pecho

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
pavol.pecho@uniza.sk

Abstract

The article focuses on the construction of an unmanned aerial vehicle (UAV) with vertical take-off and landing (VTOL) capabilities, inspired by the American military aircraft V22 Osprey. The main goal of the paper is to design and construct the UAV using software control based on the "virtual swashplate" concept. The paper covers the design, construction, testing, and evaluation of the UAV, including a control system based on a PID control system. Individual chapters are dedicated to the initial design of the UAV, wing construction, main rotor, "virtual swashplate" software solution, control system, and finally, testing and evaluation of the constructed UAV. The paper provides a comprehensive overview of the design, construction, and testing process of a VTOL UAV, focusing on the use of software control and innovative technological solutions.

Keywords

Virtual swashplate, main rotor, PID control, PWM protocol

1. Úvod

Konštruovanie bezpilotných letúnov s kolmým vzletom a pristátím je v poslednom desaťročí dynamicky rozvíjajúcim sa technickým odvetvím. Drony v dnešnej dobe zastávajú významné miesto v našej spoločnosti. V africkej Ghane drony rozvážajú medicínsku pomoc, v Dubaji umývajú výškové budovy, po celom svete sa ohňostroje nahrádzajú svetelnými droneshow; bezpilotné letúne hľadajú ľudí, medvede či srny na poli pri žatve. V neposlednej rade zastávajú miesto aj pri vojenských konfliktoch, na ukrajinskom fronte bojujú po boku dômyselných tureckých „Bayratkarov“ aj podomácky vyrobené jednorazové konštrukcie, a z druhej strany frontu sa valia ekonomické „kamikadze“ drony z Iránu.

Článok je zameraný na konštrukciu bezpilotného letúna s kolmým vzletom a pristátím, ktorý bol zostrojený podľa vzoru amerického armádneho letúna V22 Osprey. Konštruovaný letún nevyužíva tradičné mechanické riadenie rotorov, založené na mechanickom polohovaní výkyvného taniera, ktorý následne pomocou tiahel mení uhol nábehu jednotlivých listov rotora, ale riadenie tohto dronu je založené na softvérovom riešení. Toto riešenie vychádza z konceptu „virtual swashplate“, a teda zmenou uhlovej rýchlosti elektrického motora mení uhol nábehu rotorových listov uložených na špeciálne navrhnuté rotorovej hlave s voľnými závesmi.

2. Metodika a metódy skúmania

Proces skúmania spočíval z troch celkov, prvým bolo vytvorenie konštrukcie, softvérového riadenia a samotné testovanie technológie. V rámci prvého celku bolo potrebné spraviť viacero analýz: prieskum letúnov vhodných ako predloha pre UAV a na

ich základe urobiť prvotné určenie rozmerov, výber vhodných materiálov a iniciačné určenie hmotnosti, analýza aerodynamických predpokladov, na základe predpokladov urobiť prieskum profilov a vybrať najvhodnejší, vytvoriť model krídla vhodný pre 3D tlač. Pri riešení softvérového riadenia bolo potrebné analyzovať existujúce projekty využívajúce softvérové riešenie, následne pochopiť fungovanie softvéru bežného UAV, a v poslednej etape implementovať technológiu do existujúceho softvéru. Paralelne so skúmaním softvéru prebiehal výskum rotorových hláv, ten pozostával z pochopenia mechanického riadenia, analýzy rotorových hláv existujúcich projektov a následnej tvorby a testovania vlastného dizajnu. V rámci testovania boli stanovené testy a predpokladané výsledky, po vykonaní testov sa predpoklady porovnali s reálnymi výsledkami, a porovnanie sa vyhodnotilo.

2.1. Konštrukcia

Za vzor pre konštrukciu dronu bol vybraný americký armádny letún V22 Osprey, ten sa vyznačuje možnosťou kolmého vzletu a pristátia za pomoci nosných rotorov, a taktiež po transformácii za letu je schopný horizontálneho letu ako letún s pevným krídlom.

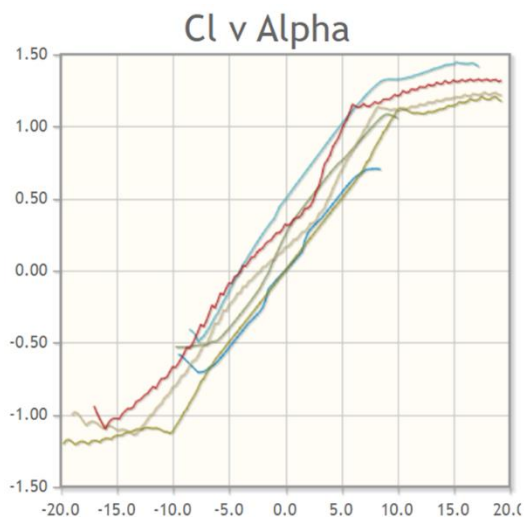
Ako základný rozmer dronu bolo zvolené rozpätie krídel, to činí 1m. Následne v pomere 1:13 boli určené ostatné rozmery (rozpätie skutočného Ospreya činí približne 13m (Jackson, 2008) z toho bol určený pomer), a teda dĺžka 1,2m. Priemer rotorových listov bol z hľadiska dostupnosti zredukovaný na polovicu, približne 40cm (váha či už konštrukcie alebo nákladu je signifikantne nižšia, takže nie je potrebné tvoriť tak veľké množstvo vzlaku). Materiál zvolený pre konštrukciu bol tvorený

z rúrkami z uhlíkového kompozitu použitými na kostru letúna, sklotextilnou doskou ktorá tvorila jadro konštrukcie a filamentu PLA z toho boli na 3D tlačiarňi vytvorené krídla, telo a motorové gondoly.

2.2. Krídlo

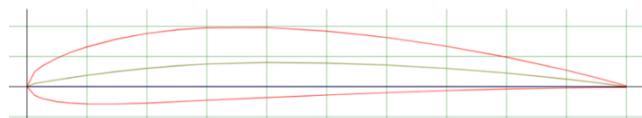
Všeobecne sa aerodynamika v letectve delí na aerodynamiku pevných a rotačných plôch, V22 Osprey ako letúň s vertikálnym vzletom a pristátím unikátne spája obe kategórie aerodynamiky a to prináša mnoho výziev. Po kolmom vzlete je nasledujúcou výzvou transformácia z vertikálneho na horizontálny let, kde v ideálnom prípade by mala byť táto zmena priamo úmerná, teda pri pootočení rotoru by pokles vztlaku na rotore mal byť kompenzovaný vztlakom tvoreným na krídlach. Krídlo takéhoto letúna musí tvoriť vztlak pri nízkych rýchlostiach a nízkych uhloch nábehu, ideálne aj pri záporných.

Metodológia výberu profilu teda spočívala v skúmaní grafov závislosti koeficientu vztlaku od uhla nábehu rôznych profilov. V prvom kroku sme analyzovali grafy profilov ktorých geometrické charakteristiky sa výrazne líšili (symetrický tenký/hrubý, asymetrický s veľkým/malým prehnutím tenký/hrubý ...) a následne z profilov, ktoré vyhovovali stanoveným kritériám, sme skúmali ten najviac vyhovujúci (Slyško, 1991).



Obrázok 1. Porovnanie aerodynamických profilov -NACA 0006 (červená), NACA 0024 (kaki), NACA 2408 (zelená), NACA 2424 (béžová), NACA 4412 (modrá), NACA 4424 (bordová)

Najlepšie spĺňal podmienky aerodynamický profil NACA 4412, ten dokáže tvoriť vztlak aj pri nízkych uhloch nábehu, a má plynulý priebeh línie grafu (Airfoil database search, n.d.).



Obrázok 2. NACA 4412

Nasledujúci krok spočíval vo vytvorení 3D modelu krídla, ktorý bolo následne možné konvertovať do kódu pre 3D tlač a následne vytlačiť. Výzvou toho kroku bolo, aby už od začiatku bol 3D model pripravený tak, aby bola možná tlač v jednej línii

(tzv. Vase mode), to je kritérium ktoré vyžaduje materiál LW-PLA, pretože pri zdvihu trysky materiál filament aj naďalej expanduje a tvorí chuchvalce materiálu na konci trysky.



Obrázok 3. Tlač krídla

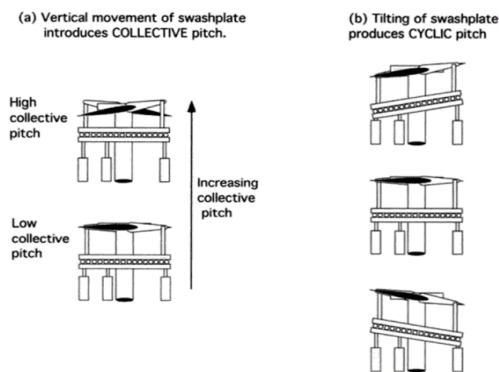
2.3. Nosný rotor a výkyvný tanier (mechanické riešenie)

Nosný rotor vrtuľníka je špecifický komponent, ktorý reprezentuje vysoké technologické a konštrukčné možnosti súčasných leteckých aplikácií. Jeho úlohy sú nasledovné:

1. Vytvárať nosnú - ťahovú silu
2. Vytvárať ťažnú – propulzívnu silu
3. Vytvárať riadiace momenty pri riadení letu vrtuľníka

Nosný rotor sa skladá z rotorovej hlavy a listov, ktoré sú pripojené k hlave pomocou kĺbových závesov alebo pružných spojov (Nestrak & Daneshjo, 2011).

Výkyvný tanier je mechanické zariadenie, ktoré prenáša nerotačné vstupy z kabíny vrtuľníka (vstupy týkajúce sa cyklickej alebo kolektívnej zmeny uhla nábehu listov) na rotačné zmeny uhla nábehu rotorových listov. Výkyvný tanier je pripojený k hriadeľu rotora a jeho pohybom sa riadi uhol nábehu rotorových listov pri ich otáčaní okolo hriadeľa. Výkyvný tanier pozostáva z dvoch častí, hornej a spodnej. Obe časti sú koncentricky spojené s hriadeľom motora, pričom spodná časť nerotuje a s hornou časťou je spojená sériou ložísk aby horná časť mohla rotovať. Minimálne tri tiahla alebo aktuátory sú pripojené k spodnej časti výkyvného taniera a naklápajú ho podľa vôle pilota (mechanický alebo hydraulicky). Vrchná časť výkyvného taniera má sériu tiachel, ktoré sú spojené s listami. Jedno tiahlo pre jeden list. Tiahlo je spojené s osovým závesom rotorového listu (ten sa nachádza najbližšie pri osi otáčania, zvislý a vodorovný záves sú za ním) a opačný koniec je spojený s hornou časťou výkyvného taniera. Spojenie medzi listom a hornou časťou výkyvného taniera spôsobuje že akákoľvek zmena polohy výkyvného taniera spôsobí zmenu uhla nábehu rotorového listu (FAA, 2019).



Obrázok 4. Schematické zobrazenie kolektívnej (a) a cyklickej (b) zmeny uhlu nábehu rotorových listov vyvolanej výkyvným tanierom. Zdroj: Leichman (2002).

2.4. Technológia „virtual swashplate“ (softvérové riešenia)

Technológia sa snaží eliminovať tradičný mechanický výkyvný tanier a namiesto toho zmenu uhlu nábehu rotorového listu dosiahnuť priamo z pasívnej dynamickej odzvy rotorového listu. V prípade takéhoto rotoru, motor aplikuje krútiaci moment, ktorý určuje uhlovú rýchlosť a ťah, a keď do tohto stabilného krútiaceho momentu aplikujeme oscilačnú zmenu vyvolá to požadovanú cyklickú zmenu uhlu nábehu rotorových listov. Pasívna dynamická odzova rotorových listov je v prvom rade spôsobená osciláciou krútiaceho momentu (spôsobeného cyklickou zmenou uhlovej rýchlosti elektrického motora) a následne aj dizajnom rotorovej hlavy. Tá je pevne votknutá (v prvotných návrhoch, v neskorších prototypoch je pridaný jeden stupeň voľnosti) do hriadeľa a pozostáva z dvoch voľných závesov, naklonených vo zvislej rovine o uhol α . „Pozitívny“ list je naklonený o uhol α pozitívne a „negatívny“ list negatívne. Tieto závesy teda ležia v rovnakej rovine ako vertikálna os otáčania avšak nie sú s ňou paralelné, sú paralelne navzájom a od osi otáčania vychýlené o uhol α . „Pozitívny“ záves má vrchnú časť závesu priklonenú k osi otáčania a „negatívny“ záves má priklonenú spodnú časť závesu. Impulzivná zmena uhlovej rýchlosti spôsobí že rotorový list na „pozitívnom“ závese sa pohne smerom dozadu, a tým sa zvýši uhol nábehu tohto listu. Podobne pri retrográdnej zmene uhlovej rýchlosti sa rotorový list na „pozitívnom“ závese pohne smerom dopredu, čím sa uhol nábehu daného listu zníži. „Negatívny“ záves má svoju konfiguráciu presne opačnú a to spôsobuje, že sa správa presne opačne, a teda pri impulzivnej zmene uhlovej rýchlosti uhol nábehu klesá a naopak pri retrográdnej narastá (James & Yim, 2013).

Takýto pohyb je funkčne podobný pohybu, ktorý je tvorený výkyvným tanierom vrtuľníkov, avšak teraz je tvorený len za pomoci ovládania uhlovej rýchlosti motora. Takýto motor môže vytvárať polohové momenty, selektívnym zvyšovaním sklonu lopatiek v severnom sektore a znižovaním sklonu v južnom sektore každej otáčky. Zmenou veľkosti riadiacej sínusoidy sa mení veľkosť výsledného ťahového vektora a zmenou fázy sínusoidy sa mení smer tohto vektora.

2.4.1. Rotorová hlava

V našom výskume sme vytvorili dva typy rotorových hláv ktoré sme následne skúmali a optimalizovali. Líšili sa počtom rotorových listov, stupňami voľnosti a veľkosťou.

Trojlistová rotorová hlava

Dve ramena sú pozitívne orientované a jedno orientované negatívne. Vyšší počet listov prináša výhodu v produkcii vyššieho vzlaku pri nižších otáčkach. Negatívom takéhoto nastavenia je tvorba vyššieho aerodynamického odporu a vibrácií spôsobených neustálym vysovaním ťažiska mimo stred rotora (pri kývaní listov) a taktiež Coriolisovými silami (FAA, 2019). Na prvom skúšobnom modeli je uhol na koreni ramena 25 stupňov, taktiež na modeli možno pozorovať veľkú vzdialenosť od stred rotora ku koreňu rotorového listu, to nie je vyhovujúce z dôvodu veľkých odstredivých síl ktoré sa znásobujú s každým centimetrom vzdialenosti od stred.



Obrázok 5. Trojlistová rotorová hlava - vytlačený model

Dvojlistová rotorová hlava s voľným závesom

Jedno rameno je orientované pozitívne a jedno negatívne, stred rotorovej hlavy je na voľnom závese ktorý mu umožňuje voľný pohyb okolo osi závesu. Tento pohyb je kľúčový pri kompenzácii Coriolisových síl na rotore a prípadných nežiadúcich vibrácií spôsobených zmenou ťažiska. Voľný záves taktiež dopomáha k mávaniu rotorových listov, čo je žiaduce pre lepšie vektorovanie vzlaku.



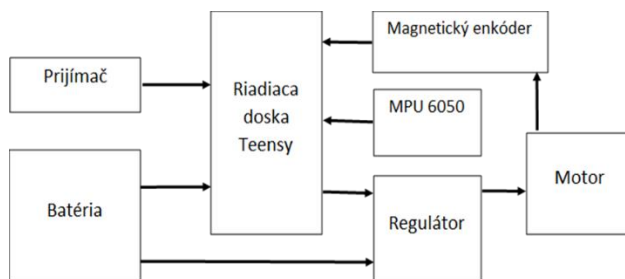
Obrázok 6. Dvojlistová rotorová hlava - vytlačený model

Dvojlistová rotorová hlava sa ukázala ako optimálne riešenie, oproti trojlistovej je kompaktniešia a teda stred otáčania je bližšie koreňom listov čo znižuje zaťaženie odstredivými silami. Dizajn je pevný a voľný záves v strede osi otáčania eliminuje množstvo potenciálnych príčin vibrácií.

3. Riadenie

3.1. Schéma riadenia

Riadiaca schéma dronu teda spočíva z riadiacej, výpočtovej, senzorickej, napájacej a výkonnej zložky. Zdrojom energie je batéria ktorá malou časťou energie zásobuje výpočtovú zložku, a teda riadiacu dosku. Hlavná zložka energie prúdi cez regulátor do motora. Riadiaca zložka pozostáva z prijímaču, ktorý prijíma príkazy od pilota a následne ich posielajú do riadiacej dosky, do tej prúdia dáta aj zo senzorickej zložky, tá sa v tomto prípade skladá z gyroskopu/akcelerometra MPU 6050, ktorý posielajú údaje o polohe dronu, a magnetického enkodéru AS5600 ktorý posielajú údaje o polohe motora v rámci jednej rotácie. Údaje z riadiacej a senzorickej zložky sa vo výpočtovej časti, v riadiacej doske Teensy 4.0 spracujú na základe princípov PID kontroly (Frnández Cara & Zuazua Iriondo, 2003), a následne sa potrebné dáta vyšlú do regulátora, ten na základe dát pustí želané množstvo energie do výkonnej časti celej schémy, do motora.



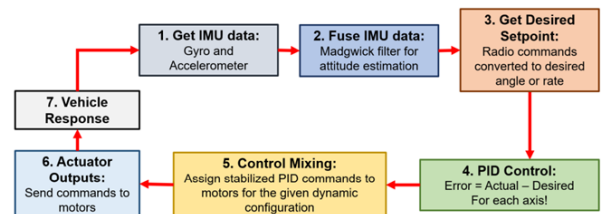
Obrázok 7. Schéma zapojenia

3.2. Softvér

Softvéry pre VTOL zariadenie sú komplexné kódy z dôvodu, že takéto zariadenie musí byť schopné držať polohu v priestore, tým sa odlišuje od systémov pre modely aut alebo letúnov s pevným krídlom, kde je postačujúce len meniť polohu kontrolných plôch a úlohu držať smer alebo požadovanú dráhu ma na starosti pilot. Z tohto dôvodu nastupuje potreba implementovať PID kontrolný systém (Frnández Cara & Zuazua Iriondo, 2003) (proporčno-integrálno-derivačné vyhodnocovanie odchýliek) do takéhoto druhu softvérov. Po analýze viacerých softvérov sme zvolili softvér dRehmFlight od amerického leteckého inžiniera Nicholasa Rehma. Jedná sa o pomerne jednoduchý ovládací softvér ktorý je vhodný pre rozmanité spektrum VTOL UAV, od jednoduchých multikoptér po komplexnejšie drony ktoré sa za letu transformujú. Softvér bol aj napísaný jednoducho a taktiež je k nemu vytvorená podrobná dokumentácia, aj s doplnujúcimi videami. Takže sa jedná o softvér ktorý dokáže pochopiť a upraviť aj človek ktorý nemá programátorské vzdelanie. DRehmFlight (Rehm, 2020) funguje na princípe dvojstupňového PID systému, kde je v prvom kroku vynechaná derivačná zložka (tá ma tendenciu správať sa nesprávne pri nefiltrovaných dátach), následne dáta prejdú filtrom na drobné odchýlky („lowpass filter“), a v druhom stupni dáta prechádzajú kompletným PID kontrolným systémom.

Vzdialenejší pohľad na kontrolnú schému nám približuje filozofiu celého kódu. V prvom bode program prijíma dáta zo senzorických zariadení (na obrázku je spomenutý len akcelerometer/gyroskop, v našom riešení je tam ešte magnetický enkodér), nasleduje spracovanie takýchto dát, na to

sa používa Madgwick filter (Sebastian & Harrison, 2011). V tretom bode kontrolného systému prijímame želané dáta od pilota, prijatý signál sa rozloží na jednotlivé vstupy a tie sa prepočítajú na konkrétne hodnoty (uhlov a veľkostí). Následne prichádza na rad PID kontrolný systém ktorý porovná dáta o aktuálnej polohe získané zo senzorických zariadení so želanými hodnotami udanými pilotom. V piatom bode schémy prichádza na rad tvorba príkazov pre konkrétne motory na základe odchýlky zistenej v predchádzajúcom kroku. Každá multikoptéra ma špecifickú dynamiku letu, ktorá sa odvíja od architektúry letúna. Tento krok si v programe vyžadoval najvýraznejšiu zmenu, bolo potrebné na základe matematického modelu technológie „virtual swashplate“ a rozloženia dvoch rotorov po vzore V22 Osprey, správne napísať potrebné príkazy kódu. Poslednými krokmi schémy je odoslať príkazy z riadiacej dosky na regulátory, ktoré pošlú správnu dávku napätia na motory, a v poslednom kroku čakať na reakciu dronu, a následne znovu zopakovať tento proces vo vysokej frekvencii (niekoľkokrát za sekundu).



Obrázok 8. Kontrolná schéma dRehmFlight

3.3. Úprava softvéru a implementácia technológie „virtual swashplate“

Najpodstatnejšou zmenou v celom programe bola zmena výpočtov v časti „Control Mixing“, v tejto časti sa na základe vypočítanej odchýlky (vypočítaná z porovnania želanej a aktuálnej polohy) počítame príkazy pre konkrétne motory. Pôvodný program je navrhnutý pre dynamiku kvadroptéry. Ak vychádzame z rozloženia v programe (M1 – vľavo vpred, M2 – vpravo vpred, M3 – vpravo vzad, M4 – vľavo vzad), tak dynamika kvadroptéry funguje nasledovne: Motory M1 a M3 sa otáčajú v smere hodinových ručičiek a M2 a M4 v protismere hodinových ručičiek (to samozrejme predpokladá aj rozdielnu geometriu rotorových listov), v takomto rozložení vieme diferenciáciou otáčok dosiahnuť pohyb okolo a po každej osi (yaw, pitch, roll). Rotačná zmena okolo osi Z je zabezpečená diferenciáciou otáčok medzi rotormi M1/M3 a M2/M4. Odstredivá sila pôsobí vždy opačne ako rotácia, takže ak chceme dosiahnuť rotáciu v smere hodinových ručičiek tak zvýšime otáčky na M2/M4 a znížime M1/M3. Na dosiahnutie pozitívneho náklonu okolo osi Y (pitch) je potrebné zvýšiť otáčky rotorov M3/M4, v prípade náklonu okolo osi X (roll) je to zvýšenie otáčok M1/M4 pri naklápaní na pravú stranu a M2/M3 pri naklápaní vľavo. Ak výkon všetkých rotorov je rovný hmotnosti dronu upravenú o gravitačnú konštantu, dron visí vo vzduchu, zmenou tohto pomeru buď stúpa alebo klesá.

$$A = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} + A_0$$

$$\phi = \text{atan2}(u_x, u_y)$$

Hodnota A prislúcha amplitúde sinusoidy a ϕ je fázový uhol. Rovnice vychádzajú z článku pôvodného projektu, v našej aplikácii hodnoty u_x a u_y sú odchýlky pohybu v osi X a Y (pilotom želané hodnoty porovnané s aktuálnymi hodnotami senzorických zariadení prehodnotené v PID kontrolnom systéme), a teda veľkosť amplitúdy nám povie ako rýchlo sa bude dron daným smerom pohybovať a fáza sinusoidy nám povie o smere vztlačového vektora. Funkcia „atan2“, v jednoduchosti ide funkciu používanú v programovacích jazykoch na prevod kartezianskych súradníc na polárne. Ide v podstate o matematickú funkciu $\arctan \frac{y}{x}$ s tým rozdielom že rieši problém delenia 0 (ak je $x=0$ atan2 je $\pm \frac{\pi}{2}$) a taktiež pracuje v rozsahu celého kruhu (2π teda 360°). Funkcia $\text{atan2}(y,x)$ sa dá vyjadriť aj ako:

$$x = r \cos \varphi$$

$$y = r \sin \varphi$$

Z týchto rovníc (James & Yim, 2013) sme vychádzali pri tvorbe výpočtu pre finálny príkaz do motora. Kde hodnota ϕ prislúcha aktuálnej polohe motora v rámci jednej obrátky v radiánoch, a je vynásobená vypočítanou odchýlkou pre pohyb v x a y osi (roll_PID a pitch_PID).

$$\text{M1_command_scaled} = \text{thro_des} + \cos(\text{radians}) * \text{pitch_PID} + \sin(\text{radians}) * \text{roll_PID} - \text{yaw_PID}$$

$$\text{M2_command_scaled} = \text{thro_des} + \cos(\text{radians}) * \text{pitch_PID} - \sin(\text{radians}) * \text{roll_PID} + \text{yaw_PID}$$

Ľavý motor nášho dronu sa otáča v smere hodinových ručičiek, a pravý v protismere hodinových ručičiek. Prvá položka výpočtu „thro_des“ reprezentuje žiadanú prírpuť, teda s aké sú žiadané počiatkové otáčky rotorov. Následne hodnoty vychýľujú otáčky jednotlivých motorov aby bol dosiahnutý želaný pohyb.

Pitch movement“

Teda rotácia okolo osi Y, tento pohyb pozostáva z hodnoty „pitch_PID“ to je požiadavka pilota o pohyb v rotácii okolo osi Y porovnaný s aktuálnou polohou a vyhodnotený PID kontrolným systémom, a „cos(radians)“ teda kosínusovej hodnoty aktualnej polohy motora v rámci jednej obrátky. Kosínus práve z dôvodu že v hodnote $0/360^\circ$ má hodnotu 1 a v 180° hodnotu -1. V prípade že „pitch_PID“ má nenulovú hodnotu bude táto hodnota dosahovať najvyššiu hodnotu v $0/360^\circ$.

„Roll movement“

Rotácia okolo osi X, podobne ako pri v predchádzajúcom prípade s tým rozdielom že sínus dosahuje najvyššiu hodnotu v 90° a najnižšiu v 270° , a želaná premenná upravená o všetky potrebné náležitosti je „roll_PID“. Tento výpočet je však náchylná na smer rotácie, a tak musí byť upravený o mínus pri druhom motore. V takomto prípade motory majú jednotné smerovanie (motor M1 má 90° tam kde má M2 270°).

„Yaw movement“

Rotácia okolo osi Z, je zabezpečená disproporciou rotácie jednotlivých rotorov. Ľavý motor sa otáča v smere HR a zotrvačná sila ktorú vytvára je presne opačná. Keď sa dron chce otočiť v protismere hodinových ručičiek tak hodnota „yaw_PID“ bude záporná, v príkazovej rovnici dva zápory utvoria kladnú hodnotu a tak ľavý rotor sa bude točiť rýchlejšie a jeho odstredivá sila v porovnaní s pravým rotorom bude vyššia (ten sa bude v dôsledku príkazovej rovnici točiť pomalšie), čo vyvolá rotačný pohyb.

4. Testovanie

V rámci testovania projektu bola zvolená metodológia, následne vytvorená testovacia rampa a rozvrhnutá architektúra zapojenie. Fázy testovania spočívali v 4 bodoch:

1. Vytvorenie testovacej rampy, zapojenie navrhutej architektúry a roztočenie rotoru (to si vyžadovalo eliminovať všetky chyby v softvéri (troubleshooting))
2. Testovať fungovanie technológie „virtual swashplate“ na testovacej rampe s jedným rotorom
 - a. Testovanie rotoru vo visení (hover mode)
 - b. Testovanie reakcií rotoru na vonkajšie zmeny (vychýlenie na rampe)
 - c. Testovanie smerovania vztlačového vektora, pre všetky osi otáčania a oba motory
3. Zmontovať konštrukciu letúna a testovať technológiu s dvomi rotormi na kostre letúna
4. Pridať aerodynamické prvky na kostru letúna, ako krídla a trup, a testovať aerodynamické vlastnosti letúna, spolu s transformáciou letúna z vertikálneho na horizontálny let.

4.1. Roztočenie rotoru

Prvému roztočeniu rotoru predchádzala séria úprav v softvéri dRehmflight. Prvým problémom bolo prijímanie signálu z ovládača, ten do riadiacej dosky prúdil v digitálnom formáte SBUS, avšak program pracoval na protokole PWM. Nenáročná zmena kódu pomohla vyriešiť problém. Po konfigurovaní všetkých zariadení, ako akcelerometer/gyroskop a regulátor motora sa podarilo rotor úspešne roztočiť.

4.2. Testovanie technológie „virtual swashplate“

Prvý bod druhej fázy testovania prebehol úspešne. Pri zvyšovaní a znižovaní otáčok nosný rotor stabilne rotoval, občas nastal mierny záchvev spôsobený vibráciou, ale rotor sa okamžite stabilizoval.

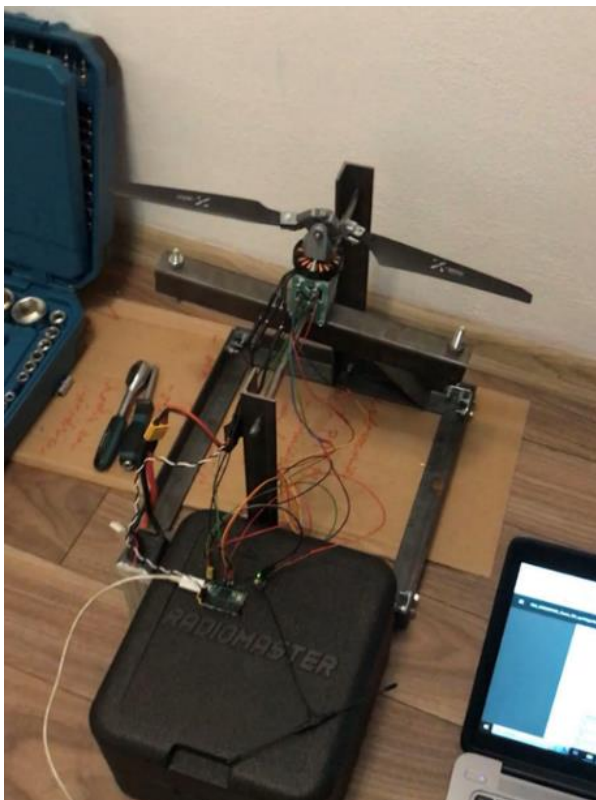
V druhom bode sa nenaplnil predpoklad v plnej miere. Pri aplikovaní vonkajšej zmeny akcelerometer/gyroskop zaznamenal rozdiel v orientácii, čím väčšia bola vonkajšia zmena tak úmerne tomu bola aj odpoveď systému. Avšak odpoveď nebola správne smerovaná. Cyklická zmena uhlu nábehu rotorových listov nastala, svedčil o tom zvuk motoru, ktorý vo vysokej frekvencii menil rýchlosť. Avšak adekvátna odpoveď, teda že vztlačový vektor bude pôsobiť proti zdroju vonkajšej zmeny sa nedostavila. Príčiny problému sme vyhodnotili a určili 3 potencionálne zdroje:

1. Chyba v nastavení systému
2. Chyba v rýchlosti vyhodnocovania systému
3. Chyba v dizajne rotorovej hlavy

Na základe týchto predpokladov bol znovu analyzovaný celý systém. Analýza viedla k nasledujúcim nálezom:

1. Nesprávne nastavenie počiatkových hodnôt magnetického enkodéru. Kľúčovým bodom technológie je že bod 0/360° je na prednej strane rotoru. Pri momentálnom nastavení bol asi o 30° posunutý. Riešenie spočívalo v tvrdom resetovaní čipu a nastavení počiatkovej polohy. Postup podľa oficiálneho datasheetu nefungoval. Z toho dôvodu sa pristúpilo k softvérovej zmene, príkazom „modulo“ sme enkodér správne nakonfigurovali.
2. Po analýze sme vyhodnotili že regulátor Hobbywing Xrotor 40A má pomalú odozvu a nestíha dostatočne rýchlo reagovať na podnety z riadiacej dosky.
3. Analýza dizajnu nepriniesla žiadne odhalenie, rotorová hlava funguje správne. Pri dobre fungujúcom systéme bude potrebné ju znovu testovať. Takéto testovanie dopomôže k dôkladnej optimalizácii uhlov a vŕtí.

V čase písania článku sa nepodarilo úspešne testovať technológiu „virtual swashplate“, dôvodom bola pomalá odozva použitých regulátorov ktoré neposielali príkazy na zmenu uhlovej rýchlosti dostatočne rýchlo. Prieskumom dostupných regulátorov bol nájdený regulátor ktorý spĺňal podmienky, ten sa však zatiaľ nepodarilo, z technických dôvodov, implementovať do systému.



Obrázok 9. Testovacia rampa so zapojením

5. Výsledky

Výstupmi práce sú metodologické postupy iniciačného určovania rozmerov a výberu materiálov, postupy pri analýze aerodynamických profilov a tvorbe 3D modelu krídla, porovnanie tradičného mechanického riadenia rotorov s technológiou „virtual swashplate“. Následné postupy implementácie danej technológie do dizajnu rotorových hláv, riadiacej schémy a softvéru konštruovaného dronu. Implementácia matematického modelu technológie do softvéru je významným výstupom. Na záver môžeme konštatovať, že metodológia testovania a čiastočné výsledky sú taktiež nezanedbateľným výsledkom.

6. Záver

Článok demonštruje proces konštruovania bezpilotného letúna s kolmým vzletom a pristátím. Úspešne sa podarilo vytvoriť prvotný návrh ktorý sa neskôr optimalizoval. So stanovenými materiálmi bola vytvorená kostra letúna. Podrobným štúdiom technológie „virtual swashplate“ a kontrolných teórií bolo možné upraviť softvér, vytvoriť riadiacu schému a taktiež nadizajnovať rotorovú hlavu. Po stanovení metodológie, sa celý projekt podarilo čiastočne testovať. Testovanie prinieslo výsledky ktoré dopomôžu stanoviť ďalšie kroky pri vývoji UAV typu VTOL s náhradou mechanického riadenia rotorov.

Pod'akovanie

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

- Airfoil database search. (n.d.). Available at: <http://airfoiltools.com/search/index>.
- Åström, K. J. & Murray, R. M. 2008. Feedback Systems : An Introduction for Scientists and Engineers. s.l. : Princeton university press, 2008.
- Douglas, B. 2022. Everything you need to know about control Theory [Video] [Online] 27. 10 2022. Dostupné na: https://www.youtube.com/watch?v=IBC1nEq0_nk
- FAA. 2019. Helicopter Flying handbook. Dostupné na: https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/helicopter_flying_handbook
- Frnández Cara, E. & Zuazua Iriondo, E. 2003. Control theory: history, mathematical achievements and perspectives. s.l. : Boletín de la Sociedad Española de Matemática Aplicada, 2003.
- Jackson, R. 2008. Helicopters. Praha: Deus, 2008.
- James, P. & Yim, M. 2013. An underactuated propeller for attitude control in micro air vehicles. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2013. 10.1109/IROS.2013.6696528.
- Leichman, J. G. 2002. Principles of helicopter aerodynamics. New York: Cambridge university press. Dostupné na:

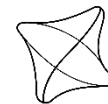
https://assets.cambridge.org/97811070/13353/frontmatter/9781107013353_frontmatter.pdf

Nestrak, D. & Daneshjo, N. 2011. Praktická aerodynamika vrtuľníka. Košice : Technická univerzita v Košiciach, 2011.

Rehm, N. 2020. dRehmFlight VTOL Flight Controller. Available: <https://github.com/nickrehm/dRehmFlight>

Sebastian, M. & Harrison, A. 2011. Estimation of IMU and MARG orientation using a gradient descent algorithm. International Conference on Rehabilitation Robotics , 2011. 2011. 5975346. 10.1109/ICORR.2011.5975346.

Slyško, A. 1991. Aeromechanika. Bratislava: Alfa, 1991.



UAV SYSTÉMY V PROCESU SBÍRÁNÍ ÚDAJŮ PRO VYUŽITÍ VE VODNÍM HOSPODÁŘSTVÍ

UAV SYSTEMS IN THE PROCESS OF COLLECTING DATA FOR USE IN WATER MANAGEMENT

Tomáš Michálek

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Michaela Červeňanská

Katedra hydrotechniky
Slovenská technická univerzita v Bratislave
Vazovova 5
812 43 Bratislava 1
michaela.cervenanska@stuba.sk

Abstract

Once every few years there is a necessity to measure the transverse profiles of watercourses within the water management of the Slovak Republic. These are particularly important for the creation of 3D models of watercourses, which are subsequently used to delineate floodplains or as a means of simulating the maximum possible water flow through a given watercourse. However, the current method of data collection for creating these 3D models is very lengthy and inefficient. Thus, this research is concerned with the design of a new method of data collection for the creation of 3D models, specifically using an unmanned aerial system (UAS) consisting of an unmanned aerial vehicle (UAV) and a laser surface scanning technology (LiDAR) device. The objective was to create a 3D model of the cross-sectional profile of the selected drainage channel on Rye Island using the proposed UAS, to compare the measured data using an alternative method of measuring the channel bed by technology currently in use (GNSS receiver) and finally to compare the measured data with archival data. Although the proposed UAS measurements showed unquestionable qualities in terms of frequency and speed of data collection, the values measured by the UAS were often inaccurate and did not correspond to reality, mainly due to the high water pollution in one of the monitored areas. For this reason, the proposed method of data collection is particularly suitable for measuring watercourses with a minimum amount of clean water. Unfortunately, there are not many of these watercourses in Slovakia, so this method is not suitable for frequent use in the conditions of water management in the Slovak Republic.

Keywords

UAS, UAV, LiDAR, Watercourse, Transverse profile

1. Úvod

Letectví je velmi dynamickým oborem. Aktivně se rozvíjí a přináší s sebou mnoho pokrokových nástrojů, které by v minulosti byly takřka nemyšlitelné. Největším rozvojem za poslední dobu bezpochybně prošly tzv. bezpilotní létající zařízení, často známé pod anglickou zkratkou UAV. Tato zařízení čím dál častěji nacházejí své uplatnění zejména v oboru leteckých prací, kde nahrazují několikanásobně dražší člověkem pilotované letouny, případně vrtulníky. Samozřejmě se UAV nehodí na všechny druhy těchto leteckých prací. V současnosti tak nelze přímo nahradit člověkem pilotované vrtulníky velkým autonomním zařízením, které by samostatně mohlo přenášet mnohatunové náklady, například sloupy k lanovkám v lyžařských areálech. Existuje ovšem poměrně početná množina úkolů, kde si dosud navrhnuté a vyrobené UAV s danými úkoly poradí mnohdy daleko lépe a ekonomičtěji, než pilotovaná letadla.

Jednou z oblastí, kde lze v současnosti UAV pozorovat, je letecká fotogrammetrie. Tento obor se zabývá bezkontaktním sběrem dat o zemském povrchu. Tato data mohou mít několik forem, například to mohou být fotky o velkém rozlišení používané na internetových mapách. Druhou možností je sběr dat zařízeními, která jsou schopna zaznamenat početnou skupinu geodetických bodů, ze kterých je následně s pomocí příslušného softwaru vygenerován přesný 3D model terénu.

Obor, ve kterém se prvky letecké fotogrammetrie částečně využívají, je vodní hospodářství. Zde se ovšem téměř vždy jedná o pouhé fotografování zemského povrchu a následné porovnávání s archivními fotkami. Tento výzkum se ovšem zabývá novým způsobem využití UAS ve vodním hospodářství na území Slovenské republiky, konkrétně měřením a vytvořením příčného profilu vodního kanálu.

Tyto příčné profily je nutné měřit jednou za několik let. Důvodem je dynamický charakter proudění vody související s faktem, že tvar koryta vodního toku je s časem proměnný v závislosti na množství protékající vody, případně související s usazováním sedimentů na dně vodního toku. Jedinou technologií, která se v podmínkách Slovenské republiky dosud pro sběr potřebných dat, je měření GNSS přijímačem. Protože se ovšem jedná o časově velmi náročný a zdoluhavý proces, vznikl nápad odzkoušení nového typu sběru stejných dat za pomoci bezpilotního leteckého systému, sestávajícího se z UAV a systému s technologií LiDAR.

Tento výzkum se tedy zabývá primárně pokusem spočívajícím v naměření potřebných dat pro vytvoření příčného profilu vodního kanálu nově navrhovaným UAS, samotným vytvořením 3D modelu tohoto příčného profilu, vzájemným porovnáním naměřených údajů za pomoci sekundárního měření koryta potoku s GNSS přijímačem a nakonec porovnáním nově naměřených údajů s archivními údaji.

2. Současný stav řešení problematiky

Bezpilotní letecké systémy nacházejí velmi široké uplatnění v celé řadě oborů. Jejich vysoká efektivita v porovnání s nízkými provozními náklady z nich dělá velmi moderní a účinné řešení pro plnění daných úkolů napříč různými odvětvími. Jedním z těchto odvětví by mohlo být také vodní hospodářství, kde se dosud tyto systémy podle dostupných materiálů příliš nevyužívají. Jediným současným způsobem využití UAS ve vodním hospodářství je skenování povrchu vodních toků. Tento výzkum se ovšem zaměřuje na další možný způsob využití UAS ve vodním hospodářství – konkrétně se jedná o zaznamenávání a měření příčných profilů vodních toků.

V rámci vodních toků a kanálů na území Slovenské republiky vzniká nutnost jednou za několik let měřit tzv. příčné profily těchto toků. Hlavní důvody, proč tato měření provádíme, jsou ty související s dynamickým charakterem proudění vody. Jak totiž víme, voda není statická a plyne určitým směrem. Spolu s sebou přenáší různé typy sedimentů, jako například písek, kámen či biologický materiál. Tyto sedimenty mají výrazný vliv na tvarování i profil těchto kanálů ať už z hlediska určitého obrušování břehů vodních toků, nebo z hlediska usazování těchto sedimentů na dně kanálu a s tím související změnou průtokové kapacity daného vodního toku. Největší vliv na tvarování koryta toku má potom povodeň, po níž by se všechny významnější toky měly vždy přeměřit, aby bylo jasné, ve kterých místech je nutné tvar koryta upravit. Povodeň totiž způsobuje jednak vymletí části koryta, ale také existují místa, kde se usadí velké množství materiálu unášeného povodňovou vlnou, což může způsobit velké problémy například pro vodní dopravu (Novák, 2017).

Právě z důvodů změn ve tvarech nebo kapacitách vodních toků je nutné provádět měření jejich příčných profilů. Následně hodnoty, které při měření těchto profilů naměříme, vkládáme do počítačových programů, ve kterých vytváříme 3D model samotných příčných profilů. Následně tyto modely využíváme jako podklad pro tvorbu záplavových modelů, které slouží k vytyčení záplavové oblasti, nebo jako podklad k modelům určujícím maximální kapacitu tekoucí vody daného vodního toku. S tímto modelem pak můžeme u regulovatelných vodních toků pracovat a pouštět buď méně, nebo více vody v závislosti na konkrétní a aktuální potřebě a tím například i ovlivnit možnosti záplavy v dané oblasti (Novák, 2017).

Při současném měření se využívá zejména tzv. GNSS (Global Navigation Satellite System) přijímačů. Jedná se o zařízení, které se skládá z měřicí tyče (přibližně 2 metry vysoká), samotného přijímače GNSS signálu umístěného na horní straně tyče a ovládacího zařízení, nazývaného také jako IMU jednotka nebo záznamník. Zařízení slouží k rychlému a velmi přesnému určení polohy. Využívají se zejména v geodézii právě pro určení polohy. Podle daného typu zařízení přijímají signál hned z několika světových globálních satelitních systémů, jmenovat můžeme systémy GPS, GLONASS nebo Galileo. Novější systémy pak pracují i s moderními SBAS systémy typu EGNOS nebo WAAS (GEOPEN, n.d.). Praktické měření tímto systémem probíhá ve formě zaznamenání jednotlivých souřadnic na obou březích vodního toku. Následně se měří souřadnice přímo ve vodě – tedy v bodech na obou stranách dna vodního toku a přímo uprostřed toku.

Toto měření se provádí přibližně každých 100 metrů vodního toku. Je tedy zřejmé, že měření toků delších než 20 kilometrů není je otázka několika hodin, ale několika dnů (Holý, 1989).

Hlavním problémem těchto měření je samozřejmě hloubka vody, která často nedovoluje měřiči vůbec do vody vzlézt. Nicméně u menších toků, kde nemusí být nutně velké množství vody, je taktéž problémem nános písků a dalšího znečištění na dně vodního toku, neboť měřič se při pohybu noří do zmiňovaného nánosů a má tak velmi limitovanou schopnost pohybu. Problémem je taktéž samotný přístup do vody, kdy u některých toků můžeme vidět velmi strmý tvar koryta, po němž je pohyb do vody velmi těžký, nebezpečný a ne zřídka prakticky neproveditelný (Holý, 1989).

2.1. Bezpilotní letecký systém – UAS

Pod pojmem bezpilotní letecký systém si můžeme představit bezpilotní létající zařízení (UAV), které s sebou nese nějaký druhý jiného zařízení, který se aktivně využívá při leteckých pracích. Může se jednat o UAV spojené s kamerou, radarem nebo také například zařízením pro chemický postřik polí. UAS mají velmi široké spektrum využití jak v civilním sektoru (zemědělství, geografie, filmářský průmysl ...), tak i v tom vojenském (průzkum, bezpečnostní a útočné úkoly) (Karas & Tichý, 2016).

2.2. Technologie LiDAR

Jedná se o technologii optického senzoru, která vydává intenzivní, zaostřené paprsky pulzní laserové energie a měří čas potřebný k detekci odrazů senzorem. Tyto informace se následně využívají k výpočtu rozsahů nebo vzdáleností k objektům. Na podobném principu funguje známější technologie radar, nicméně zde je namísto rádiových vln využíváno pulsů laserového světla. Systém LiDAR vypočítává časovou délku od vyslání paprsků po jejich návrat zpět do laserového skeneru díky jejich odrazu od snímaného povrchu. Výslednou vzdálenost je potom schopen systém vypočítat pomocí rychlosti světla (Mensuro, 2021; Farnell, n.d.; TOPGIS, n.d.)

Systém LiDAR je aktivním systémem, protože eliminuje světelné impulsy a detekuje odražené světlo. Většina systémů pracuje v blízké infračervené oblasti (např. 1064 nm) elektromagnetického spektra. Některé senzory ale umí pracovat i v zeleném pásmu s cílem hlubšího proniknutí pod vodu a detekování prvků na dně. Dosah vysílaných světelných paprsků se nejčastěji pohybuje kolem 100 metrů, silnější zařízení jsou schopny dosáhnout až 200 metrů. Využívá se ultrafialové, viditelné nebo blízké infračervené světlo (Mensuro, 2021; Farnell, n.d.)

2.3. Systém UAV + LiDAR ve vodním hospodářství

V rámci vodního hospodářství sledujeme a zkoumáme různé vlastnosti vodních toků. Často se jedná například o výzkum morfologického vývoje vodního toku v čase porovnáním aktuálního stavu vodního toku s historickými podklady. Případně zkoumáme vliv vodní eroze na prostředí kolem vodního toku. Prostředků pro tento výzkum je hned několik. Jednou z nejčastějších výzkumných metod je právě využití systému LiDAR s využitím nosného UAV, případně jiného létajícího prostředku. Efektivitu UAS ve vodním hospodářství potvrzuje celá řada mezinárodních výzkumů. Příkladem může být italský výzkum z

roku 2007, který potvrzuje, že LiDAR v rámci UAS může sloužit jako náhrada tradičních technik terénního průzkumu při monitorování topografie koryt vodních toků (Cavalli et al., 2007). K podobným výsledkům dospěly i výzkumy v Kanadě (Tamminga et al., 2014) nebo ve Francii (Lallias-Tacon et al., 2016).

Speciální kategorií je potom obor batymetrie, který se zabývá měřením hloubky pod vodní hladinou. Specifickým oborem je potom letecké batymetrické laserové skenování povrchu. Při této metodě zkoumání se využívá tzv. duálního LiDARu.

3. Metodika práce a metody zkoumání

Cílem je vytvořit 3D model vybraného vodního toku, respektive odvodňovacího kanálu na Žitném ostrově, za pomoci UAS složeného z UAV a systému LiDAR, porovnání naměřených údajů za pomoci druhého měření koryta potoku s GNSS přijímačem a nakonec porovnání naměřených údajů s archivními údaji

Pro potřeby tohoto výzkumu byl jako vhodný vodní tok určen kanál Vojka-Kračany. Ten se nachází v geomorfologickém celku Podunajská rovina a slouží zejména jako zdroj vody pro tzv. Žitný ostrov – největší říční ostrov v Evropě a významnou zásobárnu podzemních vod. Oblast Žitného ostrova je taktéž jednou z nejúrodnějších na Slovensku. Kanál Vojka – Kračany má svůj začátek při průsakovém kanálu přírodního Dunajského kanálu ve výšce 118 metrů nad mořem. Celková délka tohoto kanálu je přibližně 19 kilometrů. Končí ústím do dalšího kanálu Gabčíkovo – Topoľníky ve výšce 112 metrů nad mořem (Oma.sk, n.d.).

Pro samotné měření byly určeny první přibližně 4 kilometry délky vybraného vodního toku. Měřený úsek začíná téměř na začátku kanálu Vojka – Kračany, tedy poblíž průsakového kanálu vodního díla Gabčíkovo. Následně končí několik desítek metrů za silnicí mezi obcemi Horný Bar a Holice. Již z principu fungování systému LiDAR bylo pro výzkumné měření nutné vybrat období, kdy bude v našem kanálu co nejméně vody pro zajištění co nejlepších naměřených výsledků. Měření proběhlo 16.02.2024 v brzkých ranních hodinách.

Z hlediska průběhu samotného měření byla definována přesná oblast měření, po které se dron pohyboval za pomoci manuálního řízení a při trvalém vizuálním kontaktu s operátorem s maximální vzdáleností do 150 metrů od něj. Cílem bylo prolétnout celou vytyčenou oblast dvěma směry kvůli tomu, abychom zajistili co nejlepší a nejkvalitnější přísun naměřených geodetických bodů.

V rámci ověření přesnosti měření navrhovaného UAS proběhlo současně také měření pomocí technologie, která se v současnosti pro tyto úkoly výhradně využívá, tedy GNSS přijímače. V případě tohoto výzkumu jsme se rozhodli vykonat celkem 4 měření tímto zařízením. Všechna tato měření probíhala ve startovacích oblastech (místech vzletu UAS). Konkrétně v každé oblasti proběhla 2 měření, celkem tedy 4 měření GNSS přijímačem. Ty sloužily k následnému vytvoření 4 příčných profilů a k porovnání hodnot s těmi naměřenými UAS.

Po naměření hodnot geografických bodů je nutné tyto body dále zpracovat a vyhodnotit. K tomu slouží zejména specializované počítačové programy. V případě tohoto výzkumu byl využit program QGIS verze 3.34.

Při zpracování hodnot naměřených systémem LiDAR byly tyto údaje přetaženy do počítače, kde proběhlo vytřídění a odstranění nevyžádaných naměřených bodů (stromy, vystouplá vegetace a podobně). Následně bylo naměřené mračno bodů nahráno do systému QGIS, kde bylo vykresleno na mapovém podkladu. Námi použitý software je také schopen vyobrazit nahrané mračno bodů v 3D pohledu.

Pro další využití naměřených hodnot je nutné proměnit mračno bodů v souvislou plochu. Toho docílíme využitím interpolačních metod. Jednou z těchto metod je triangulace, označovaná také jako lineární kombinace.

Výsledkem práce programu je potom digitální model terénu, kdy v každém bodě tohoto terénu můžeme vyčíst přesnou nadmořskou výšku daného bodu. Následně byly do programu importovány souřadnice bodů naměřených za pomoci GNSS přijímače pro vykreslení a znázornění rozdílů přesnosti obou typů měření. Tyto body byly ve finále spojeny a byl tak vytvořen příčný řez vodního kanálu.

Posledním bodem výzkumu je vzájemné porovnání obou metod měření, tedy jednak za pomoci navrhovaného UAS, tak za pomoci GNSS přijímače a následné porovnání s archivními údaji z předchozího měření z roku 2021.

4. Návrh využití efektivních UAS vzhledem na zkoumané území

Pro výběr vhodného bezpilotního systému je nutné zohlednit několik faktorů. Mezi hlavní faktory řadíme zejména nosnost nosného UAV, letovou výdrž, maximální dolet a další podobné letové vlastnosti. V případě systému LiDAR je potom nutné zohlednit samotnou hmotnost skeneru a jeho vlastnosti z pohledu kvality snímání terénu.

Pro potřeby tohoto výzkumu byl využit bezpilotní letecký systém sestávající se z nosného bezpilotního leteckého zařízení a skeneru s technologií LiDAR.

Jako nosné UAV byl využit dron společnosti Dji, konkrétně model Matrice 300 RTK patřící Žilinské univerzitě. Jedná se o profesionální létající zařízení, které díky svým výkonům zvládá plnit celou škálu úkolů.

Jako měřicí zařízení byl využit skener zvaný Lidaretto. Ten ke snímání povrchu využívá technologii LiDAR. Jedná se o multiplatformní zařízení – lze tedy využít nejen na UAV, ale také na automobilech, případně při manuálních geodetických pracích. Jako lidarový senzor je využit Hesai XT32M2X, který má 32 kanálů a dosah až 300 metrů. Přesnost měření je potom udávána jako ± 1 centimetr. S hmotností 1,2 kilogramu se potom jedná o poměrně lehké zařízení, které tak může být usazeno i na méně výkonnějších UAV (GEOTECH, n.d.; Zeměměřič, n.d.).

Z pohledu bezpilotních létajících zařízení také existuje celá řada výrobců profesionálních nosných zařízení, která se liší zejména v letových a užitných vlastnostech. Od firmy Dji existuje celá řada dalších alternativních UAV, například model Matrice 350 s vylepšeným systémem napájení a dobíjení baterií dronu při zachování stejných letových a užitných vlastností jako již nenabízený model Matrice 300 (DJI, n.d.).

Alternativním skenerem pak může být produkt Navigator společnosti Yellowscan. Jedná se o tzv. batymetrický LiDAR, tedy

zařízení, které je přímo určeno pro zaznamenání profilu dna koryta vodního toku nebo kanálu. Díky svojí pokrokové technologii je navržen tak, že paprsky laseru by při vysoké frekvenci měly projít skrz vodní hladinu a nasnímat tak přesný tvar vodního koryta. To až do hloubky 120 metrů s přesností přibližně 3 centimetry. Drobným problémem ovšem může být hmotnost zařízení 3,7 kilogramu (bez baterie), protože bychom byli nuceni využít některé z výkonnějších UAV (Yellowscan, n.d.).

5. Výsledky měření

Zásadním ukazatelem pro určení přesnosti navrhovaného nového způsobu sběru dat je porovnání jeho přesnosti se současnou metodou. Toho bylo docíleno porovnáním hodnot v jednotlivých příčných profilech, vytyčených měřeními GNSS přijímače, spolu s hodnotami naměřenými UAS ve stejném místě.

V první startovací oblasti byly pro měření příčného profilu technologií LiDAR problematické podmínky. Zejména se jednalo o relativně velké množství znečištěné vody, která byla navíc prorostlá vegetací. Zejména z těchto důvodů byly hodnoty naměřené UAS a GNSS přijímače velmi odlišné, neboť paprsek systému LiDAR vegetaci ani velkým množstvím znečištěné vody neprostoupí a není tak schopen přesně nasnímat dno vodního kanálu. V této oblasti byly naměřeny a porovnány celkem 2 příčné profily. Výškový rozdíl hodnot mezi oběma měřeními se pohyboval přibližně kolem 0,6 metru. Z tohoto vyplývá, že měření za daných podmínek nelze měření UAS považovat za přesné.

Podmínky v druhé startovací oblasti byly velmi odlišné. V daném místě bylo relativně malé množství čisté vody, což znamenalo daleko přesnější měření systémem LiDAR. Ačkoliv byly naměřené hodnoty daleko přesnější, než v první startovací oblasti, byly i zde patrné drobné odchylky mezi oběma druhy měření. I v této oblasti byly vytyčeny a porovnány celkem 2 příčné profily. Výškový rozdíl hodnot mezi oběma metodami měření byl přibližně do 20 centimetrů. Měření UAS v této oblasti tedy můžeme považovat za relativně přesné.

Celkové vyhodnocení efektivity UAS je nutno rozdělit do několika kritérií. Z pohledu kvantitativního poskytlo měření tímto nově navrhovaným způsobem daleko větší množství vstupních dat, než tomu bylo při měření GNSS přijímačem. Z časového hlediska se taktéž jedná o velmi efektivní návrh, neboť měření celé délky vyhrazeného vodního toku zabralo přibližně 55 minut v případě UAS oproti teoretickým až 10 hodinám měření stejné délky v případě GNSS přijímače.

Velkou nevýhodou kromě vyšších pořizovacích nákladů a požadavků na obslužný personál je samotná kvalita naměřených dat UAS. Ta se v tomto výzkumu ukázala jako nedostatečná a tak je navrhovaný způsob sběru dat pro tvorbu příčných profilů v podmínkách Slovenské republiky téměř nepoužitelný, neboť většina vodních toků v této lokalitě nedisponuje čistou vodou o malé hloubce, která by umožňovala přesné zaznamenání hodnot.

6. Závěr

Tento výzkum se zabýval návrhem nové metody sběru dat pro použití ve vodním hospodářství, konkrétně pro tvorbu 3D

modelů vodních kanálů s následným modelováním příčných profilů.

Návrhová část výzkumu se týkala návržení vhodného bezpilotního leteckého systému (UAS), který by byl schopen zaznamenat dostatečný počet bodů pro následné modelování příčných profilů. Zvolena tak byla metoda nosiče v podobě bezpilotního leteckého prostředku (UAV) Dji Matrice 300 RTK, který nesl laserový skener (LiDAR) Lidaretto.

Pro měření v terénu byla vybrána lokace prvních přibližně 4 kilometrů odvodňovacího kanálu Vojka – Kračany, který má svůj počátek v průsakovém kanálu vodního díla Gabčíkovo. Po několika odkladech kvůli nepříznivému počasí bylo nakonec měření provedeno dne 16.02.2024 v brzkých ranních hodinách. Měření UAS proběhlo úspěšně a všechna potřebná data byla zaznamenána. Paralelně potom probíhalo měření souřadnic na příčných profilech pomocí GNSS přijímače. Všechna naměřená data byla následně zpracována a opravena tak, aby vykazovala co nejmenší narušení například vzrostlou vysokou zelení poblíž vodního kanálu.

Dalším krokem byla implementace naměřených hodnot do geodetického softwaru QGIS. V tomto programu proběhlo zaznamenání 2D pohledu na naměřené mračno bodů s možným přechodem do 3D modelu. Následovalo vytvoření digitálního modelu terénu a nahrání bodů měřených GNSS přijímačem. Posledním krokem v tomto programu bylo provedení příčných řezů v oblastech, kde byly měřeny příčné řezy technologií GNSS přijímače. Následovalo extrahování naměřených bodů do tabulky.

Na tento krok bylo nutné navázat vytvořením srovnávacích grafů v programu Microsoft Excel. Zde byly do jednotlivých souřadnicových grafů nahrány jak souřadnice měřené GNSS přijímačem, tak souřadnice měřené UAS. Ve finále bylo provedeno porovnání přesnosti a případné shody obou metod v jednotlivých příčných řezech a porovnání provedeného měření s archivními záznamy z roku 2021.

V posledním bodě výzkumu pak následovalo celkové vyhodnocení efektivity a smysluplnosti prezentovaného návrhu. Po stránce časové náročnosti je nově prezentovaný návrh velmi perspektivní, neboť nabízí zaznamenání stejného úseku v podstatně kratším čase (rozdíl až 9 hodin). Z pohledu kvantitativního se nový návrh taktéž osvědčil, neboť nabídl značně vyšší množství naměřených hodnot, ze kterých se lépe provádí samotné modelování vodních toků.

Zásadním problémem je ovšem technologická limitace zkušeneho návrhu. Technologie LiDAR je totiž velmi limitována z pohledu kvality a množství vody ve vodním toku, stejně tak jako z pohledu nejrůznější vodní vegetace rostoucí přímo ve vodě, případně na břehu. Na základě dosažených dat můžeme tvrdit, že platí následovně: čím větší množství vody a čím je voda více znečištěná, tím jsou získané výsledky méně přesné a více zkrácené. Dalším problémem pak mohou být vyšší pořizovací náklady UAS technologie nebo vyšší požadavky na obslužný personál.

Tento nový systém sběru dat tedy může najít své uplatnění i v podmínkách vodního hospodářství Slovenské republiky. Je ovšem důležité zdůraznit, že abychom docílili přesných výsledků, je nutné skenovat touto novou technologií převážně toky, kde

se nachází minimální množství čisté vody, případně místa, kde žádná voda není.

V tomto výzkumu bylo předmětem zkoumání zařízení s klasickou jednoduchou technologií LiDAR. Ta ovšem není primárně určena na prostupnost vodní hladinou. Pro tyto potřeby existuje několik zařízení, nazývané batymetrické LiDARy, které mohou zaznamenat daleko přesnější údaje, ovšem při ještě několikanásobně vyšších výdajích. Pokud ovšem tato technologie jednoho dne zlevní a stane se dostupnější, může se její využití v podmínkách Slovenské republiky stát předmětem dalších několika výzkumů.

Reference

- Cavalli, M., Tatoli, L & Dalla Fontana, G. 2007. The effectiveness of airborne LiDAR data in the recognition of channel-bed morphology. *Catena*, vol. 73, s. 249-260.
- DJI. (n.d.). Matrice 350 RTK. Online. Dostupné na: <https://enterprise.dji.com/matrice-350-rtk>
- Farnell. (n.d.). Úvod do technologie LiDAR. Online. Dostupné na: <https://cz.farnell.com/introduction-to-lidar-technology>.
- GEOPEN. (n.d.). Geodetické GPS, GNSS. Online. Dostupné na: <https://geopen.cz/725-geodeticke-gps-gnss>
- GEOTECH. (n.d.). Lidaretto. Online. Dostupné na: <https://www.lidaretto.com/lidaretto-with-hesai/>
- Holý, M. 1989. *Odvodňovací stavby: celostátní vysokoškolská učebnice pro stavební fakulty*. 2. vydání. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 472 s. ISBN 80-03-00023-8.
- Karas, J. & Tichý, T. 2016. *Drony*. První vydání. Brno: Computer Press, 2016. 264 s. ISBN 978-80-251-4680-4.
- Lallias-Tacon, S., Liébault, F. & Piégay, H. 2016. Use of airborne LiDAR and historical aerial photos for characterising the history of braided river floodplain morphology and vegetation responses. *Catena*, vol. 149, Part 3, s. 742–759.
- Mensuro. 2021. Co je LiDAR a jak funguje. Online. Dostupné na: <https://www.geosken.cz/co-je-lidar-a-jak-funguje/>
- Novák, P. 2017. *Nové technologie batymetrie vodních toků a nádrží pro stanovení jejich zásobních kapacit a sledování množství a dynamiky sedimentů: certifikovaná metodika výsledků výzkumu, vývoje a inovací*. Praha: VÚMOP, 2017. 62 s. ISBN 978-80-87361-81-8.
- Oma.sk. (n.d.). Kanál Vojka – Kračany. Online. Dostupné na: <https://voda.oma.sk/kanal-vojka-kracany>
- Tamminga, A., Hugenholtz, Ch., Eaton, B. & Lapointe, M. 2014. Hyperspatial Remote Sensing of Channel Reach Morphology and Hydraulic Fish Habitat Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV): A First Assessment in the Context of River Research and Management. *River research and Applications*, vol. 31, Issue 3, s. 379-391.

TOPGIS. (n.d.). Technika. Online. Dostupné na: <https://www.topgis.cz/onas/technika/>

Yellowscan. (n.d.). Navigator. Online. Dostupné na: <https://www.yellowscan.com/products/navigator-bathymetric-lidar/>

Zeměměřič. (n.d.). Univerzální skener Lidaretto s novým senzorem Hesai XT32M2X má dosah až 300 metrů. Online. Dostupné na: <https://www.zememeric.cz/skener-lidaretto-hesai-xt32m2x/>



VYKONÁVANIE BEZPEČNOSTNEJ OCHRANY CIVILNÉHO LETECTVA

CONDUCTING SECURITY MEASURES IN CIVIL AVIATION

Tomáš Molčan

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Alena Novák Sedláčková

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
novak_sedlackov@uniza.sk

Abstract

This paper aims to clarify the implementation of civil aviation security focused on the legal regulation of reliability. The aim of the paper is to analysis and compare the development and differences of the unlawful acts and background checks legislation from the beginning until today's standards within national and EU legislation. It discusses the various regulations, conventions, and laws that have contributed significantly to raising the level of civil aviation security. The paper addresses the competence of security personnel, focusing on the individual skills and knowledge required for employment in the different sections of security. A important part is the analyse of the legal regulation of the vetting of persons working in the civil aviation concerning its necessity nowadays, focusing on the national standards and legislation in the countries of Central Europe, as well as the approach of the Slovakia to the implementation of these standards. The paper focuses on the analysis of the legal regulation in the field of background checks and security reliability in the selected EU countries with a focus on Central European countries such as Slovakia, Austria, Poland, and the Czechia. Subsequently, a comparison of the approach to background checks of the selected states is also important. In conclusion, the paper points out the possibilities of the modification of the current Slovak national legislation in the field of civil aviation security using legislative processes and amendments or additions to the Civil Aviation Act, pointing out the approach to this issue by the Transport Authority and airlines.

Keywords

civil aviation security, acts of unlawful interference, development of legislation, competence of security personnel, training, background check, security reliability, comparison of legislation, modification of national legislation

1. Úvod

Prudký rozvoj letectva so sebou prináša aj potrebu rôznych bezpečnostných opatrení proti prípadným nezákonným činom, ktoré by mohli ohroziť bezpečnosť civilného letectva. Hlavným cieľom na vyriešenie tejto problematiky, najmä na medzinárodnej úrovni, bola implementácia predpisov, ktoré sa postupne vyvíjali, čím sa dosiahlo splnenie štandardov reagujúcich na súčasné hrozby voči bezpečnosti civilného letectva. Základom pre fungovanie predpisov alebo zmlúv na medzinárodnej úrovni bol taktiež vznik medzinárodných organizácií. V právnej terminológii sa môžeme stretnúť aj so synonymami ako napr. dohovory alebo dohody, ktoré predstavujú záväzky medzi subjektmi práva, najmä medzi štátmi alebo medzinárodnými organizáciami.

Výrazným míľnikom na zásadné zlepšenie bezpečnosti v letectve boli udalosti z 11. septembra 2001, ktoré sa stali v USA. Tento útok na budovy Svetového obchodného centra a na budovu Pentagonu poukázali na potrebu maximálneho zvýšenia ochrany, ale aj prevencie proti podobným činom. Cieľom všetkých novovzniknutých špecializovaných opatrení bolo vypracovanie jednotnej protiteroristickej politiky.

Cieľom tohto článku je priblížiť vývoj vzhľadom na činy protiprávneho zasahovania. Dôležitou časťou je analýza jednotlivých prvkov v oblasti bezpečnostnej ochrany a následná komparácia prístupu vo vybraných štátoch EÚ so zameraním na strednú Európu.

Štruktúra článku pozostáva z piatich hlavných častí. V prvej časti je riešený vývoj legislatívy v oblasti bezpečnostnej ochrany s aktuálnymi cieľmi v rámci EÚ. V druhej časti je riešená analýza spôsobilosti personálu bezpečnostnej ochrany upravená v zákone č.143/1998 Z.z o civilnom letectve v znení neskorších predpisov (ďalej len „letecký zákon“) s dôrazom na odbornú prípravu personálu na rôznych úrovniach špecializácie. V tretej časti je riešená previerka osoby v rámci národnej a medzinárodnej legislatívy. Štvrtá časť je venovaná komparácii prístupu vo vybraných štátoch EÚ so zameraním na strednú Európu v rámci previerky osoby, konkrétne je to legislatíva Českej republiky, Poľska a Rakúska. Posledná časť je venovaná konkrétnym návrhom na zlepšenie národnej legislatívy v oblasti bezpečnostnej ochrany civilného letectva tak, aby legislatíva spĺňala európske normy a nariadenia.

2. Ciele bezpečnosti civilného letectva v rámci EÚ

Na bezpečnosť civilného letectva sa začal klást dôraz už od počiatku vzniku civilného letectva ako takého a v priebehu času začal problematiku bezpečnosti civilného letectva upravovať rad rôznych záväzných predpisov a nariadení. Niektoré z nich regulujú pravidlá celkom všeobecne, iné sa zaoberajú konkrétnymi pravidlami do podrobných detailov. Po útokoch v septembri 2001, kedy bolo lietadlo prvýkrát použité ako zbraň sa regulačný rámec markantne rozšíril po celom svete, či už na národnej úrovni, na základe medzinárodnej spolupráce/dohôd, alebo prostredníctvom Medzinárodnej organizácie civilného letectva (ICAO) a prílohy 17 Chicagského dohovoru

a súvisiaceho Univerzálneho programu auditov bezpečnostnej ochrany (USAP). V rámci Európskej únie došlo k vypracovaniu vhodnej politiky, v ktorej dochádza k pravidelným aktualizáciám, ktoré zodpovedajú meniacim sa rizikám a hrozbám a takisto aj technologickým zmenám (Debyser, 2023).

3. Vývoj legislatívy v oblasti bezpečnostnej ochrany civilného letectva

Po prvom únose vo februári 1931 a následnej kumulácii útokov namierených voči civilnému letectvu v druhej polovici 80. rokov až k vyvrcholeniu útokov 11. septembra 2001 bolo nutné legislatívne reagovať na novú hrozbu. Výsledkom bol relatívne dlhý zoznam medzinárodných dohôd a nariadení, ktoré mali za cieľ zjednotiť pravidlá, ako v podobných situáciách konať a postupovať a aké budú práva, právomoci a povinnosti zúčastnených zemí a osôb (Pruša, 2016).

Zoznam oblastí, ktorých sa týkajú:

- Spôsob opätovného získania kontroly nad lietadlom a vymedzenie právomocí veliteľa lietadla vrátane možnosti vysadiť osobu na území členského štátu, a to na základe Dohovoru o trestných a niektorých iných činoch spáchaných na palube lietadiel podpísaného v Tokiu dňa 14. septembra 1963 (ICAO Doc. 8364) (Pruša, 2016).
- Spôsob potrestania osôb, ktoré uniesli lietadlo bol upravený prostredníctvom Dohovoru o potlačení protiprávneho zmocnenia sa lietadiel podpísaného v Haagu 16. decembra 1970 (ICAO Doc 8920) (Pruša, 2016).
- Spôsob potrestania osôb, ktoré sa dopustia násilného činu na palube lietadla alebo zničia či poškodia lietadlo alebo iné vybavenie letovej prevádzky, je zosúladený v Dohovore o potláčaní protiprávnych činov proti bezpečnosti civilného letectva podpísanom v Montreale 23. septembra 1971 (ICAO Doc 8966), pričom rozsah pôsobnosti Montrealského dohovoru bol neskôr rozšírený aj o násilné činy na letisku prostredníctvom Protokolu o potláčaní nezákonných násilných činov na letiskách slúžiacich medzinárodnému civilnému letectvu z 24. februára 1988 (ICAO Doc 9518) (Pruša, 2016).
- Zákaz zostrelenia civilného lietadla bol výslovne ustanovený prostredníctvom úpravy Dohovoru o medzinárodnom civilnom letectve z 10. mája 1984 v reakcii na zostrelenie kórejského civilného lietadla B747 na linke KAL 007 sovietskym vojenským lietadlom v roku 1983 (Pruša, 2016).
- Spôsob označovania plastických výbušnín na uľahčenie ich detekcie bol zjednotený Dohovorom o označovaní plastických výbušnín na účely ich detekcie podpísaným v Montreale 1. marca 1991 (ICAO Doc 9571), pričom bývalá ČSFR zohrala významnú úlohu pri vypracovaní tohto dohovoru v roku 1989-1999 (Pruša, 2016).

V roku 2010 bol v Pekingu prijatý Dohovor o potláčaní protiprávnych činov súvisiacich s medzinárodným civilným letectvom (ICAO Doc 9959) a Protokol k Dohovoru o potláčaní nezákonného zmocnenia sa lietadiel (ICAO Doc 9960). Dohovor dopĺňa uvedený Montrealský dohovor z roku 1971, zmenený a doplnený protokolom z roku 1988. Medzi významné zmeny taktiež patrí zavedenie trestného činu použitia lietadla ako

zbrane alebo trestného činu prepravy nebezpečných materiálov. Hlavnou myšlienkou protokolu k Haagskemu dohovoru z roku 1970 je najmä modernizácia dohovoru napríklad zmenou definície zmocnenia sa lietadla bez nutnosti prítomnosti na jeho palube (Pruša, 2016).

Ďalším dôležitým krokom k modernizácii celého systému bolo prijatie protokolu k Tokijskému dohovoru z roku 1963, ktorý bol podpísaný v Montreale 4. apríla 2014. Cieľom tohto protokolu je riešiť problém s nevhodne chovajúcimi sa cestujúcimi na palubách lietadiel (Pruša, 2016).

4. Spôsobilosť personálu bezpečnostnej ochrany

Personálom bezpečnostnej ochrany leteckého prevádzkovateľa, prevádzkovateľa letiska, leteckých pozemných zariadení, letových prevádzkových služieb a služieb podľa leteckého zákona, oprávneného špeditéra alebo oprávneného poštového podniku, je jeho zodpovedný zástupca za bezpečnostnú ochranu a osoby, ktoré plnia v oblasti bezpečnostnej ochrany osobitné pracovné úlohy (letecký zákon).

Na výkon svojej činnosti musí člen personálu bezpečnostnej ochrany spĺňať nasledujúce náležitosti:

1. byť spoľahlivý na právne úkony,
2. bezúhonný,
3. spoľahlivý,
4. odborne spôsobilý,
5. zdravotne spôsobilý.

Posudzovanie spoľahlivosti je výhradne v kompetencii Dopravného úradu na základe žiadosti zamestnávateľa, ktorým sa rozumie napr. prevádzkovateľ letiska, subjekt pôsobiaci v civilnom letectve, ktorý požaduje vykonanie previerky a odbornej spôsobilosti, držiteľ AOC, letecký dopravca respektíve letecký prevádzkovateľ. Na posúdenie spoľahlivosti si Dopravný úrad vyžiada vyjadrenie Policajného zboru, pričom na vyhovie žiadosti Dopravného úradu je stanovená lehota 30 dní od jej doručenia (Legislatívny proces LP/2022/505).

Za odborne spôsobilú sa považuje osoba, ktorá absolvovala prípravu z bezpečnostnej ochrany. Požiadavky na jednotlivé odbornosti člena personálu bezpečnostnej ochrany určí Ministerstvo dopravy Slovenskej republiky, vrátane povinnosti preukázania teoretických znalostí a praktických schopností na výkon tejto činnosti skúškou odbornej spôsobilosti. Ministerstvo taktiež vymenúva skúšobnú komisiu. Dané požiadavky sa primerane vzťahujú aj na členov posádok lietadiel a na osoby, u ktorých si plnenie špecifických pracovných úloh vyžaduje vstup do vyhradených bezpečnostných priestorov na letisku (letecký zákon).

4.1. Odborná príprava personálu

Vykonávanie odborných príprav sa realizuje vzhľadom na špecializáciu. Tieto úrovne sú:

- základná odborná príprava,
- odborná príprava špecifická pre osoby vykonávajúce bezpečnostné kontroly,

- osobitná odborná príprava priamo dohliadajúcich osôb, ktoré dohliadajú na osoby vykonávajúce bezpečnostné kontroly (supervizori),
- osobitná príprava manažérov bezpečnostnej ochrany (osôb so zodpovednosťou na miestnej alebo vnútroštátnej úrovni na zabezpečenie splnenia právnych predpisov v rámci programu bezpečnostnej ochrany a jeho vykonávania),
- odborná príprava osôb iných ako sú cestujúci, ktoré vyžadujú nesprevádzaný vstup do vyhradených bezpečnostných priestorov,
- odborná príprava osôb, ktoré musia byť všeobecne informované o bezpečnostnej ochrane,
- opakovaná príprava osôb zodpovedajúcich za úlohy spojené s kybernetickými hrozbami,
- opakovaná odborná príprava (Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) č. 2015/1998 z 5. novembra 2015).

4.2. Zdravotná spôsobilosť personálu

Požiadavky na fyzické a duševné schopnosti a vlohy potrebné na efektívne vykonávanie určitých úloh, nie sú štátom určené, respektíve absentujú legislatívne úpravy, tým pádom sú výhradne v kompetencii jednotlivých zamestnávateľov (prevádzkovateľ letiska, letecký dopravca alebo iný subjekt pôsobiaci v civilnom letectve), ktorí tieto schopnosti a vlohy posúdia na začiatku prijímacieho procesu a pred ukončením akéhokoľvek obdobia. Zamestnávateľ si vyhradzuje špecifické požiadavky na fyzické a duševné schopnosti a vlohy na základe svojich potrieb (Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) č. 2015/1998 z 5. novembra 2015; Ministerstvo dopravy Slovenskej republiky, 2016).

5. Dôležitosť overovania spoľahlivosti osôb

Analýza prípadov leteckého terorizmu a ďalších protiprávných činov, ku ktorým vo svete za niekoľko desaťročí došlo, jednoznačne ukazuje, že potenciálni páchatelia a organizátori protiprávných činov neustále sledujú úroveň bezpečnosti na letiskách a palubách lietadiel a snažia sa nájsť cesty k prekonaniu bezpečnostných opatrení. Jedným zo spôsobov ako taký čin spáchať pomerne efektívne, je využitie zamestnancov letiska alebo osôb, ktoré majú prístup do vyhradených bezpečnostných priestorov letiska. Môžu to byť napríklad pracovníci bezpečnostnej ochrany, ale aj menej kvalifikovaný a slabšie finančne ohodnotený personál ako napríklad pracovníci upratovacích služieb alebo zamestnanci handlingových spoločností (Koverdynský, 2004).

V súlade s tým Príloha 17 k Dohovoru o medzinárodnom civilnom letectve (Annex 17) a súvisiace záväzné a odporúčacie medzinárodné ustanovenia stanovujú určité normy pre overovanie všetkých pracovníkov, ktorí sa pohybujú vo vyhradených bezpečnostných priestoroch letiska bez dozoru. Tento spôsob overovania sa označuje ako posudzovanie spoľahlivosti a bezúhonnosti, v angličtine „background check“ (Koverdynský, 2004).

6. Previerka osoby v podmienkach Slovenskej republiky

Vykonávaním previerky osoby v Slovenskej republike sa rozumie posudzovanie bezúhonnosti a spoľahlivosti, pričom bezúhonnosť posudzuje zamestnávateľ a spoľahlivosť Dopravný úrad na základe zamestnávateľa podľa leteckého zákona (Dopravný úrad, n.d.).

Podľa návrhu novely leteckého zákona sa overovanie bezúhonnosti a spoľahlivosti má uskutočňovať raz za 5 rokov, pričom v novelizovanom vykonávacom nariadení (EÚ) č. 2015/1998 od 31.12.2021 sa na previerky osoby vzťahuje opakovanie v pravidelných intervaloch, a to 12-mesačných pri posilnených previerkach a najviac 3-ročných pri štandardných previerkach. To znamená, že národná legislatíva by aj po novelizácii bola naďalej v rozpore s vykonávacím nariadením (EÚ) 2015/1998 (Eurocockpit, 2022).

Prevádzkovateľ si však môže určiť intervaly opakovania previerok podľa svojich potrieb bez nutnosti oznamovať zmenu intervalov Komisii, avšak ak si intervaly opakovania previerok vyžiada štát, musí takéto opatrenia oznámiť Komisii čo najskôr po ich uplatnení. Prísnejšie opatrenia však musia byť relevantné, objektívne, nediskriminujúce a úmerné riziku, pre ktoré sú určené (Ministerstvo dopravy Slovenskej republiky, 2016).

7. Analýza rozdielov v legislatíve v rámci vybraných štátov EÚ so zameraním na strednú Európu

Zásadným rozdielom pri porovnávaní legislatívy vybraných štátov v oblasti previerky osoby oproti slovenskej právnej úprave je najmä jednotné ustanovenie, ktoré presne určuje v akom časovom horizonte je potrebné opakovať previerky. Všetky porovnávané krajiny pri rozšírenej previerke postupujú v opakovaní vykonania každý rok, pri štandardných sú to 3 roky, tým pádom národná legislatíva štátov spĺňa podmienky nariadenia EÚ. V tejto zásadnej veci slovenská legislatíva absentuje aj napriek navrhovanej novelizácii leteckého zákona, v ktorej sa lehota na opakovanie vykonania previerok nezmenila a teda podľa leteckého zákona sa previerka osoby vykonáva raz za 5 rokov. Je nevyhnutné túto skutočnosť zmeniť, aby sa dosiahlo zjednotenia legislatívy v rámci krajín EÚ.

Ďalším výrazným rozdielom najmä v porovnaní s Českou republikou je samotné podávanie žiadosti o vykonanie previerky osoby. V rámci Slovenskej republiky stále platí, že žiadosť o vykonanie previerky osoby predkladá Dopravnému úradu zamestnávateľ, pričom v podmienkach Českej republiky, žiadosť predkladá fyzická osoba, čo znamená, že zamestnávateľ si len určí podmienky na základe svojich potrieb pre vykonávanie špecifického zamestnania, pre ktoré je previerka osoby nevyhnutnosťou. Taktiež sa tým znižuje administratívna záťaž a naopak sa zvyšuje efektivita vykonania previerok, čo môže byť dôvodom, kvôli ktorému príslušné orgány v Českej republike posúdia dôveryhodnosť fyzickej osoby do 15 dní odo dňa doručenia žiadosti.

Česká republika v leteckom zákone disponuje oveľa prepracovanejšou a aktuálnejšou legislatívou v porovnaní so Slovenskom, najmä v oblasti posudzovania bezúhonnosti, kedy sú trestné činy zamerané najmä v súvislosti s činnosťou v oblasti civilného letectva. Rakúska legislatíva sa zameriava na závažné trestné činy a trestné činy spáchané úmyselne. Slovenská a poľská legislatíva je v posúdení bezúhonnosti totožná, pričom v

prípade Poľska sa kladie dôraz na úmyselné alebo neúmyselné vykonanie trestného činu, ktoré zaväži pri rozhodovaní o udelení previerky osoby. Jediným z najmarkantnejších rozdielov, ktorým disponuje iba poľská legislatíva je hanobenie národa pod ktorým sa myslí dokázateľná urážka národa alebo prezidenta. Za takýto právoplatne dokázaný čin nie je možné udeliť previerku osoby.

V prípade Rakúska, je možné skonštatovať, že celá národná legislatíva odráža nariadenia EÚ vo vykonávaní previerky a rozdiely v porovnaní s nariadeniami sú nebadateľné. V prípade Poľska a Slovenska sú rozdiely už podstatnejšie a je namieste ich zjednotenie.

Vykonávanie rozšírenej previerky v rámci Poľska sa jednoznačne odlišuje od ostatných štátov. Rozšírenú previerku vykonávajú rôzne subjekty v civilnom letectve voči osobám na rôznych úsekoch v oblasti bezpečnostnej ochrany civilného letectva. Toto komplikovanejšie vykonávanie rozšírenej previerky síce môže znížiť záťaž, ktorú by mal jeden subjekt vykonávajúci previerku na všetkých úsekoch v oblasti bezpečnostnej ochrany, avšak takisto sa tým môže znížiť úroveň dohľadu nad správnym vykonávaním rozšírenej previerky.

8. Možnosti úpravy súčasnej národnej legislatívy v oblasti bezpečnostnej ochrany civilného letectva

Vykonávanie previerky osoby je veľmi špecifická, no zároveň komplexná a kľúčová činnosť na zabezpečenie bezpečnostnej ochrany civilného letectva, ktorá sa však netýka iba osôb pracujúcich na úseku bezpečnostnej ochrany, ale aj iných osôb pracujúcich v civilnom letectve. Preto je potrebné legislatívu v rámci previerky osoby neustále aktualizovať a upravovať na základe aktuálnej situácie. Analýzou národnej legislatívy, je možné zhodnotiť súčasný stav a vzniesť možné návrhy úprav na dosiahnutie čo najlepšieho výsledku.

8.1. Navrhovaná úprava v oblasti bezpečnostnej ochrany civilného letectva v predkladanom návrhu leteckého zákona

V návrhu leteckého zákona, konkrétne v LP/2022/505 prichádza k výrazným zmenám v oblasti spôsobilosti personálu bezpečnostnej ochrany, ktoré čiastočne upravujú, alebo kompletne nahrádzajú určité odseky v § 34a (Legislatívny proces LP/2022/505).

Ide o zmeny za účelom zabezpečenia implementácie právne záväzných aktov Európskej únie upravujúcich bezpečnostnú ochranu, v tomto prípade ide o povinnosť držiteľom identifikačného preukazu posádky a držiteľom letiskového identifikačného preukazu a osôb, ktoré vykonávajú alebo sú zodpovedné za vykonávanie detekčnej kontroly, kontroly vstupu alebo iných bezpečnostných kontrol vo vyhradenom bezpečnostnom priestore letiska, úspešne absolvovať rozšírenú previerku osoby. Štandardnú previerku musia úspešne absolvovať osoby, ktoré vykonávajú alebo sú zodpovedné za vykonávanie vyššie uvedených kontrol v inom ako vo vyhradenom bezpečnostnom priestore letiska (Legislatívny proces LP/2022/505).

Dôležitou navrhovanou požiadavkou je, že manažér bezpečnostnej ochrany, ktorý nesie zodpovednosť za to, že program bezpečnostnej ochrany a jeho vykonávanie spĺňa všetky právne normy, musí preukázať najmenej trojročnú prax v civilnom letectve, čo je v rozpore s nastavením európskej a

medzinárodnej legislatívy v oblasti bezpečnostnej ochrany civilného letectva. Z pohľadu zabezpečenia ochrany civilného letectva pred činnými protiprávnymi zasahovaniami je táto podmienka nadbytočná (Legislatívny proces LP/2022/505).

Navrhovaná právna úprava ďalej určuje podmienky respektíve upravuje, kedy sa previerky osôb považujú za neúspešné v závislosti od toho, či ide o štandardnú alebo rozšírenú previerku osoby. Štandardná previerka sa považuje za neúspešnú, ak posudzovaná osoba nemožno posúdiť za bezúhonnú alebo spoľahlivú. Pri rozšírenej previerke platia rovnaké ustanovenia, avšak vyskytuje sa aj pojem bezpečnostné riziko, ktorý nahrádza, respektíve dopĺňa podmienky kedy nebolo možné osobu považovať za spoľahlivú. V prípade rozšírenej previerky je v návrhu možné požiadať o informácie alebo vyjadrenie v evidencii Slovenskej informačnej služby a Vojenského spravodajstva, pričom Slovenská informačná služba vystupuje ako štátny orgán, ktorý disponuje najsofistikovanejšími ľudskými a technickými prostriedkami spravodajskej ochrany Slovenskej republiky a jej záujmov, kde v rozsahu svojich oprávnení získava a následne príjemcom poskytuje informácie zamerané na ochranu zahraničnopolitických a hospodárskych záujmov štátu SIS (Slovenská informačná služba, n.d.). Vojenské spravodajstvo na zabezpečenie obrany, obranyschopnosti a bezpečnosti na území Slovenskej republiky a mimo územia získava a vyhodnocuje dôležité informácie zamerané na rôzne činnosti a aktivity (Vojenské spravodajstvo, n.d.).

Súčasne sa navrhuje aj zmiernenie účinkov skupiny priestupkov a počtu najmenej dvakrát uloženej sankcie, v prípade ktorých je osoba považovaná za nespoľahlivú, najmä z toho dôvodu, že v súčasnosti boli vyhodnotené osoby za nespoľahlivé aj v tom prípade kedy priestupok nepredstavoval ohrozenie bezpečnostnej ochrany civilného letectva, a tým pádom posúdenie osôb ako nespoľahlivých pre prácu v civilnom letectve je neopodstatnené (Legislatívny proces LP/2022/505)..

Narozdiel od navrhovaného znenia § 34a leteckého zákona v súčasnosti neumožňuje Dopravnému úradu rozhodnúť svojvoľne o spoľahlivosti/nespoľahlivosti osoby, a teda je viazaný rozhodnutím príslušného orgánu, čo mu znemožňuje urobiť vlastný úsudok. Podľa platnej úpravy leteckého zákona boli za nespoľahlivé posúdené osoby, ktoré sa dopustili banálneho priestupku ako napríklad znečistenie verejného priestranstva, nezabránili voľnému pohybu psa, rušili nočnú klud alebo konzumovali alkoholické nápoje na verejnosti (Legislatívny proces LP/2022/505).

Medzi zásadné zmeny patrí takisto žiadosť o posúdenie spoľahlivosti. Podľa súčasnej úpravy o posúdenie spoľahlivosti osoby žiada zamestnávateľ a tým pádom zamestnanec rovnako ako zamestnávateľ majú postavenie účastníka konania, čo spôsobuje aplikačné problémy v praxi. Podľa Dopravného úradu je previerka osoby v civilnom letectve obdobné konanie, ako konanie o vydaní cestovného dokladu alebo iných dokumentov, kde ako žiadateľ vystupuje len fyzická osoba, o ktorej právach a právom chránených záujmoch sa rozhoduje. Preto je namieste návrh, aby žiadateľom o vykonanie previerky nebol zamestnávateľ, ale samotná posudzovaná osoba (Legislatívny proces LP/2022/505)..

Ďalej sa v návrhu upravuje povinnosť Dopravného úradu získavať a používať pri svojej úradnej činnosti údaje evidované v informačných systémoch verejnej správy, aby sa dosiahlo

zníženie administratívnej záťaže (Legislatívny proces LP/2022/505).

Daný legislatívny proces, ktorý upravuje aj vyššie uvedené skutočnosti, je momentálne pozastavený z dôvodu jeho odmietnutia v minulom volebnom období NR SR. V súčasnosti ministerstvo pracuje na revízii spracovaného návrhu za účelom jeho opätovného predloženia do NR SR (Legislatívny proces LP/2022/505).

8.2. Návrh úpravy v oblasti spoľahlivosti osoby v predkladanom návrhu

V navrhovanom legislatívnom procese LP/2023/743 o novelizácii leteckého zákona sa v oblasti bezpečnostnej ochrany civilného letectva mení v § 34a oblasť, kedy osobu nemožno považovať za spoľahlivú, a to konkrétne písmeno h) kde sa dopĺňa „najmenej dvakrát“ za niektorý z priestupkov:

- a) vyskytujúcich sa na viacerých úsekoch správy, ak ide o priestupok podľa osobitného predpisu,
- b) na úseku ochrany pred alkoholizmom a inými toxikomániami,
- c) proti verejnému poriadku, ak ide o priestupok podľa osobitného predpisu,
- d) proti občianskemu spolunažívaniu, ak ide o priestupok podľa osobitného predpisu,
- e) proti majetku,
- f) na úseku zbraní a streliva, ak ide o priestupok podľa osobitného predpisu,
- g) na úseku civilného letectva.

Z dôvodu dôležitosti previerky osoby, zachovania jej významu pre bezpečnosť civilného letectva a takisto z dôvodu pripomienok, bolo v návrhu rozhodnuté práve o možnosti uložiť sankciu z niektorých priestupkov najmenej dvakrát z rôznych častí vyššie uvedených priestupkov. Napríklad, ak posudzovanej osobe bola udelená sankcia za priestupok na úseku civilného letectva a neskôr alebo predtým na úseku ochrany pred alkoholizmom a inými toxikomániami, tak posudzovaná osoba sa dopustila jedného priestupku na úseku dvoch rôznych priestupkov a tým pádom nemusí byť vyhodnotená ako nespoľahlivá (Legislatívny proces LP/2023/743).

8.3. Možnosť aplikácie vykonávania previerky osoby nepretržite

Podľa vykonávacieho nariadenia (EÚ) 2015/1998 sa na previerky osoby vzťahuje:

- a) mechanizmus priebežnej kontroly, pričom sa príslušnému orgánu, prevádzkovateľovi respektíve vydávajúcemu subjektu bezodkladne oznámia akékoľvek skutočnosti, ktoré môžu ovplyvniť spoľahlivosť danej osoby. Konkrétne podmienky oznamovania a výmeny informácií a obsahu medzi príslušnými orgánmi, prevádzkovateľmi a subjektmi sa stanoví a monitoruje v súlade s vnútroštátnymi právnymi predpismi, alebo

- b) opakovanie previerok v pravidelných intervaloch; najviac 12 – mesačných pri rozšírených previerkach a najviac 3-ročných pri štandardných previerkach (Slovenská informačná služba, n.d.).

Na území Slovenskej republiky sa pri vykonávaní previerok postupuje podľa mechanizmu b) pričom je možnosť postupovať aj podľa mechanizmu a), ktorý by zefektívnil a urýchlil vykonávanie previerky osoby. Nevýhodou mechanizmu b) je najmä rozhodovanie subjektu, respektíve zamestnávateľa, kedy opätovne požadovať previerku, aby nedochádzalo k zbytočnému skracovaniu platnosti previerky. Momentálne ideálny proces podávania žiadostí je približne 2 mesiace pred ukončením platnosti previerky.

Možnosť vykonávania previerky osoby podľa mechanizmu a) je v dohľadnej dobe reálnym spôsobom ako zefektívniť vykonávanie previerok, keďže existuje Centrálna evidencia správnych deliktov a priestupkov Ministerstva vnútra Slovenskej republiky (CESDaP), ktorý slúži na nahrávanie evidencie priestupkov a iných správnych deliktov. Prístupujúce inštitúcie sú rozdelené do 2 kategórií:

- Štátne orgány:
 - orgány štátnej správy,
 - prokuratúra,
 - justičné orgány (súdy).
- Orgány samosprávy:
 - obce,
 - obecné polície (Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky, n.d.).

Podľa typu inštitúcie sú definované povolené spôsoby pripojenia. Avšak pri tomto návrhu ostáva problémom, kedy by bolo potrebné zjednotenie databázy, respektíve systému, ktorý by extrahoval informácie z jednej databázy. V prípade uvažovania o tomto systéme ako o nosnom by bolo nevyhnutné okamžité nahrávanie deliktov a priestupkov zo strany štátnych orgánov a orgánov samosprávy.

Ďalším problémom je nahrávanie informácií zo spravodajských služieb, kde ide najmä o citlivosť informácií, pričom by bolo nevyhnutné zabezpečiť systém tak, aby jednotlivé subjekty, ktoré majú prístup k daným informáciám, mali prístup len k informáciám potrebným na vykonanie previerky.

Základnou prekážkou je však finančná náročnosť potrebného komplikovaného softvéru, kde by musela byť zabezpečená okamžitá notifikácia o spáchaní priestupku alebo deliktu, aby zdroj vedel pohotovo reagovať a dal okamžite informáciu orgánu, aby sa danej osobe, ktorá už nespĺňa požiadavky previerky odobrali všetky príslušné oprávnenia a dokumenty.

8.4. Digitalizácia žiadosti o vykonanie previerky osoby

V tomto návrhu sa uvažuje o žiadateľovi ako o fyzickej osobe, čo by znamenalo nevyhnutnosť novelizácie respektíve úpravy leteckého zákona. Ide najmä o zníženie administratívnej záťaže, eliminácie chýb, ku ktorým dochádza pri vyplňovaní žiadosti o vykonanie previerky osoby vplyvom ľudského faktora a

zefektívnenia podávania žiadosti, ktorá by sa vykonávala prostredníctvom online formulára.

Žiadateľ by mal prístup na internetovej stránke subjektu vykonávajúceho previerky osoby do online formulára, kde by vyplnil, respektíve nahral potrebné údaje a v prípade chybného zadania niektorého z údajov, by bol žiadateľ upozornený na tento chybný údaj, ktorý by následne musel upraviť, a až po vykonaní úpravy by bolo možné žiadosť odoslať subjektu, ktorý danú žiadosť posúdi a vyhodnotí.

Vo výsledku by to znamenalo, že subjekt ktorý vykonáva previerky osoby by mal vždy k dispozícii správne vyplnený dokument, čo by umožnilo rýchlejšie vybavenie žiadosti. V prípade, ak by došlo k implementácii predchádzajúceho návrhu o nepretržitom vykonávaní previerky osoby spoločne s týmto návrhom, by bolo možné rapídne znížiť čakacie doby pri posúdení spoľahlivosti a tým pádom by subjekt vykonávajúci previerky osoby vedel vyhodnotiť väčšie množstvo žiadostí v oveľa kratšom časovom horizonte.

8.5. Návrh na základe výsledkov analýzy právnej úpravy v krajinách strednej Európy

V prípade národnej legislatívy v oblasti previerky osoby je možné na základe výsledkov analýzy ostatných porovnávaných štátov a na základe pripomienok zo strany Dopravného úradu a leteckých spoločností skonštatovať, že je nevyhnutná zmena v čo najkratšom časovom horizonte. Základným podnetom pre zmenu v predkladanom návrhu je požiadavka na vyradenie priestupkov, ktoré neznamenia ohrozenie v oblasti bezpečnosti civilného letectva a teda je namieste zváženie vydať sa po vzore legislatívy Českej republiky, kde sú jasne klasifikované priestupky a trestné činy v súvislosti s výkonom činnosti v rôznych odvetviach civilného letectva. Hlavným dôvodom na vykonanie tejto zmeny, je najmä súčasný nedostatok personálu v letectve a v prípade, ak určitá osoba javí záujem o vykonávanie zamestnania v civilnom letectve, no z dôvodu vykonania priestupku napríklad vo forme znečistenia verejného priestranstva takejto osobe nebude udelená previerka, je pochopiteľné, že daná osoba sa rozhodne nezotrvať na území Slovenskej republiky po dobu, kým nepríde k výmazu daného priestupku a začne vykonávať zamestnanie v inej krajine, kde takéto a podobné priestupky nie sú dôvodom na neudelenie previerky. Na druhej strane, je pochopiteľné, že zo strany Dopravného úradu je potrebné najprv podrobne analyzovať požadované návrhy zmien, aby neprišlo k narušeniu úrovne bezpečnosti.

Medzi dôležité návrhy na zmenu takisto patrí žiadosť o vykonanie previerky, kde by sa táto kompetencia mala preniesť na fyzickú osobu, opäť ako v prípade Českej republiky. Znamenalo by to zníženie administratívnej záťaže a zefektívnenie tohto procesu, kde by sa dalo uvažovať o skrátení požadovanej lehoty na vykonanie previerky osoby. Avšak táto právna úprava by mala zmysel len v prípade digitalizácie daného procesu, na čom sa zhodli letecké spoločnosti spolu s Dopravným úradom. V tomto návrhu je však veľkou prekážkou zložitnosť potrebného elektronického systému a financie.

Banálnou, no zároveň dôležitou vecou, ktorá stále nefiguruje v leteckom zákone, je jednotné opakovanie vykonávania previerky. Národná legislatíva aj po novelizácii ako jediná z porovnávaných štátov nedisponuje aktualizáciou o vykonávaní

štandardnej previerky každé 3 roky a rozšírenej previerky každý rok a teda podľa novelizovaného leteckého zákona sa previerka osoby vykonáva raz za 5 rokov.

Touto podrobnou analýzou, naštudovaním problematiky a po zhodnotení pripomienok zo strany Dopravného úradu a leteckých spoločností, je možné skonštatovať, že letecký zákon potrebuje prejsť ďalšou nutnou úpravou, respektíve je nevyhnutná aktualizácia celej časti o vykonávaní bezpečnostnej ochrany, ktorá je aktuálne zastaraná a nespĺňa štandardy EÚ vo viacerých dôležitých vyššie spomenutých aspektoch, najmä v porovnaní so susednými štátmi, čo negatívne vplýva na chod civilného letectva.

9. Záver

V prvej časti článku sú vysvetlené všeobecné základy vytvorené pre efektívne vykonávanie bezpečnostnej ochrany civilného letectva. Bolo potrebné uviesť, že k prvému činu protiprávneho zasahovania došlo ani nie 30 rokov po prvom lete lietadla bratov Wrightovcov, čo znamenalo nevyhnutnosť vytvorenia legislatívy, ktorá by ochránila rýchlo rozvíjajúce sa letectvo. Kvôli komplexnosti danej témy bolo nutné zamerať sa na najdôležitejšie aspekty a vysvetliť prečo je neustále nutné aktualizovať dohovory týkajúce sa tejto problematiky.

Napriek vysokej úrovni bezpečnosti civilného letectva v súčasnosti je neustále potrebné personál, ktorý je zamestnaný v sektore civilného letectva preverovať a pred ich nástupom do zamestnania aj riadne podrobiť odbornej príprave čím sa minimalizuje prípadné riziko výskytu protiprávneho činu na letisku alebo na palube lietadla. Práve popisu v oblasti prípravy personálu sa venuje druhá časť článku.

Tretia časť sa venuje analýze previerky osoby, ktorým sa chápe posúdenie spoľahlivosti a bezúhonnosti, pričom národnú legislatívu v oblasti previerok je možné nájsť v leteckom zákone. V porovnaní s vykonávacím nariadením komisie (EÚ) 2015/1998 národná legislatíva absentuje najmä v časti o dĺžke platnosti previerky, ktorú zákon aj po novelizácii ponechal na obdobie piatich rokov, pričom nariadenie EÚ rozlišuje platnosť 1 roka pri rozšírenej a 3 roky pri štandardnej previerke.

Pri komparácii legislatívy v oblasti previerky osoby so susednými krajinami Slovenska, konkrétne Českou republikou, Poľskom a Rakúskom sa ešte viac prehľbuje nevyhnutnosť úpravy a zmeny národnej legislatívy v oblasti previerky osoby, tak aby zákon spĺňal európske štandardy. Z tohto dôvodu je aj posledná časť zameraná na možné úpravy súčasnej národnej legislatívy v oblasti bezpečnostnej ochrany civilného letectva, ktoré by mali priniesť nielen dorovnanie úrovne legislatívy na európske štandardy, ale aj zefektívniť vykonávanie previerky osoby, ktorým by sa rozumelo najmä zníženie administratívnej záťaže a zjednotenie určitých nastavení pri vykonávaní previerok tak, aby bolo možné zvýšiť úroveň bezpečnosti v civilnom letectve.

Článok sa na základe získaných poznatkov s použitím naštudovanej literatúry snaží poukázať na vysokú a dopodrobna prepracovanú úroveň bezpečnosti, ktorú je však potrebné neustále zvyšovať a aktualizovať, a tým reagovať na výskyt novodobých hrozieb namierených voči civilnému letectvu. K dosiahnutiu čo najvyššej možnej bezpečnosti je preto nevyhnutná jednotná medzinárodná úprava legislatívy, ktorá zabezpečí rovnako vysokú bezpečnosť v rámci všetkých krajín EÚ.

Pod'akovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky KEGA 040ŽU-4/2022 Transfer progresívnych metód vzdelávania do študijného programu "Technológia údržby lietadiel" a "Letecká doprava

Referencie

Debyser, A. 2023. Letecká doprava: bezpečnostná ochrana civilného letectva | Informačné listy o Európskej únii | Európsky parlament. [online]. 30 september 2023. Cit z :
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/sk/sheet/132/letecka-doprava-bezpecnostna-ochrana-civilneho-letectva>

Dopravný úrad. n.d. Previerka osoby – posúdenie spoľahlivosti | Civilné letectvo, [online]. Cit z :
<http://letectvo.nsat.sk/bezpecnostna-ochrana-civilneho-letectva/posudenie-spolahlivosti/>

Eurocockpit. 2022. New background check requirements and why you should be aware of them, 2022 [online]. Cit z :
<https://www.eurocockpit.eu/news/new-background-check-requirements-and-why-you-should-be-aware-them>

Koverdynský, B. 2004. Letecká security. ISBN 978-80-87567-51-7.

Legislatívny proces LP/2022/505 - SLOV-LEX, [online]. Cit z :
<https://www.slov-lex.sk/legislativne-procesy/-/SK/LP/2022/505>

Legislatívny proces LP/2023/743. SLOV-LEX, [online]. Cit z :
<https://www.slov-lex.sk/legislativne-procesy/-/SK/LP/2023/743>

Ministerstvo dopravy Slovenskej republiky, 2016. Národný program ochrany civilného letectva pred činmi protiprávneho zasahovania, [online]. Cit z :
https://www.mindop.sk/index/open_file.php?file=doprava/letecka/legislativa/NPOCLPCPZ/priloha_1_NPOCLPCPZ.pdf

Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky. n.d. Centrálna evidencia správnych deliktov a priestupkov /CESDaP/, Ministerstvo vnútra Slovenskej republiky

Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 300/2008 z 11. marca 2008 o spoločných pravidlách v oblasti bezpečnostnej ochrany civilného letectva a o zrušení nariadenia (ES) č. 2320/2002 (Text s významom pre EHP), 2010 [online]. Cit z :
<http://data.europa.eu/eli/reg/2008/300/2010-02-01/slk> [cit 28 február 2024].

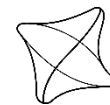
Pruša, J. 2016. Svět letecké dopravy II. ISBN 978-80-260-8309-2.

Slovenská informačná služba. n.d. | O nás | Úvodné slovo, [online]. Cit z : <https://www.sis.gov.sk/o-nas/uvod.html>

Vojenské spravodajstvo, n.d.. [online]. Cit z : <https://vs.mosr.sk/>

Vykonávacie nariadenie Komisie (EÚ) 2015/1998 z 5. novembra 2015, ktorým sa stanovujú podrobné opatrenia na vykonávanie spoločných základných noriem bezpečnostnej ochrany letectva (Text s významom pre EHP), 2023 [online]. Cit z :
http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2015/1998/2023-04-01/slk

Zákon č. 143/1998 Z.z. o civilnom letectve v znení neskorších predpisov (letecký zákon, Slov-lex [online]. Cit z :
<https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/1998/143/20240401.html>



APLIKAČNÉ POSTUPY PRE PREPRAVU NEBEZPEČNÉHO NÁKLADU V KOMERČNEJ LETECKEJ DOPRAVE

APPLICATION PROCEDURES FOR DANGEROUS GOODS SHIPMENT IN COMMERCIAL AIR TRANSPORT

Karin Burešová

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Ján Rostáš

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
jan.rostas@uniza.sk

Abstract

This article analyses the transport of dangerous goods, and it focuses primarily on the transport of lithium batteries. To compose this article, we have used various sources, as well as knowledge of the author, gained through the ADR safety advisor training. The IATA DGR Manual was used as the core document for this article as the supporting material for all stakeholders in the process of transport. Based on this document, we have created the theoretical part. The practical part is based on findings of the analysis and documents made by world-recognised companies such as WorldACD, DHL, DSV etc. As the conclusion, we described procedures and the preparation process to transport the lithium batteries.

Keywords

Dangerous Goods, Hazardous Material, Hazard Classes, IATA DGR Manual, Shipper, Carrier, Lithium Batteries

1. Úvod

Každý rok sa leteckou dopravou prepraví viac ako milión zásielok nebezpečného nákladu. Je to primárne z dôvodu, že letecká doprava má oproti iným druhom dopravy tieto výhody:

- prekonávanie veľkých vzdialeností vysokými rýchlosťami
- možnosť prepravy do ťažko dostupných terénov a oblastí,
- špecializovaný rozsah prepravy,
- bezpečnosť prepravy,
- operatívne riadenie a vysoká kvalifikácia personálu (Bínová et al., 2015).

Prognózy počtu prepráv leteckou dopravou hovoria o náraste a na základe týchto predpovedí sa počíta aj s nárastom prepravy tzv. špeciálneho (osobitného) nákladu. Vzhľadom na tento fakt je dôležité, aby sa pri takom počte prepravovaných zásielok dodržiavali nariadenia a predpisy upravujúce problematiku bezpečného zaobchádzania s nebezpečným nákladom a umožnili jeho rýchlu a efektívnu prepravu. V prvých troch kapitolách článku je vysvetlená problematika z pohľadu teórie, tzn. základná filozofia prepravy nebezpečného nákladu, charakteristika nebezpečných látok, balenie a označovanie nebezpečného nákladu, dokumentácia a popis subjektov tvoriacich proces prepravy. V posledných dvoch kapitolách je posudzovaná celosvetová analýza prepravy nebezpečného nákladu, a na jej základe postavená idea implementácie procesov do praxe subjektov procesu prepravy. Samotný návrh implementácie je vysvetlený na príklade prepravy lítiových

batérií, t. j. zúročenie informácií z teoretickej časti článku do praktickej roviny.

2. Úvod do problematiky prepravy nebezpečného nákladu

Prvé zmienky o reguláciách prepravy nebezpečného nákladu sa objavili v národných legislatívach už začiatkom 20. storočia. Podnetom boli udalosti ako nehoda Titanicu v r. 1912 a následná prvá svetová vojna. Počas Berlínskej blokády v r. 1949 sa začalo uvažovať aj nad prepravou nebezpečného nákladu komerčnou leteckou dopravou, pretože ostatné druhy dopravy boli blokované. V 50. rokoch 20. storočia, Ekonomická a sociálna rada OSN (ECOSOC) v New Yorku, založila z tohto dôvodu Komisiu expertov, ktorá v r. 1956 vypracovala prvý návrh odporúčaní v multimodálnej doprave. Tieto odporúčania neboli vzaté na vedomie organizáciami združujúcimi pozemnú, vodnú a leteckú dopravu, hoci mali veľa spoločných faktorov. V prípade leteckej dopravy, v r. 1973 organizácia ICAO začala seriózne riešiť prepravu nebezpečného nákladu po tragickej leteckej nehode nákladného lietadla typu Boeing 707 leteckej spoločnosti Pan American World Airways na letisku v Bostone. V r. 1982 boli vytvorené prvé *Technické pokyny (Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air)*. V r. 1984 Európska komisia vypracovala správu „*Transport of Dangerous Goods and Waste (COM (87) 182 FINAL)*“, kde zhrnula úlohu OSN a jej agentúr v preprave nebezpečného nákladu a zahrnula aj prepravu nebezpečného odpadu. V poslednej dekáde vlády a priemysel priznali, že doprava je viac multimodálna, dokonca aj na vnútrozemskej úrovni. Pre Komisiu expertov táto skutočnosť viedla k reforme ich vlastných odporúčaní (Európska únia, 2005).

2.1. Filozofia prepravy nebezpečného nákladu

Podvýbor expertov OSN pre prepravu nebezpečného nákladu vypracúva odporúčané postupy pre prepravu všetkých typov nebezpečného nákladu s výnimkou rádioaktívneho materiálu. Tieto postupy, ktoré sa vzťahujú na všetky druhy dopravy sú publikované v *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods – Model Regulations*. IAEA (Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu) vyvíja odporúčané postupy pre bezpečnú prepravu rádioaktívnych materiálov. Tieto postupy sú zverejnené v predpisoch *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (IAEA SSR-6, Rev 1.)*. ICAO použila tieto odporúčania ako základ pre vypracovanie predpisov pre bezpečnú leteckú prepravu nebezpečného nákladu. Predpisy ICAO sú kodifikované v *Prílohe 18* k Dohovoru o medzinárodnom civilnom letectve a jeho *Technických pokynoch (Doc 9284)*. Publikácia *IATA Dangerous Goods Regulations (DGR)* obsahuje všetky požiadavky, ktoré sú prísnejšie ako Technické pokyny a odrážajú štandardné postupy odvetvia alebo prevádzkové úvahy. *Príloha 18* a *Technické pokyny* sa vzťahujú na leteckú prepravu nebezpečného nákladu z, do alebo cez členské štáty ICAO. Určité rozdiely medzi nariadeniami IATA a ICAO, ktoré vyplývajú z prevádzkových úvah vedú k regulačnému režimu, ktorý je nevyhnutne prísnejší ako požiadavky ICAO. Publikácia IATA DGR obsahuje aj iné materiály praktickej pomoci používateľom, okrem toho predpisuje podrobné požiadavky uplatniteľné na medzinárodnú leteckú prepravu nebezpečného nákladu za normálnych okolností. Akýkoľvek dodatok k vydaniu IATA DGR vydaný IATA tvorí súčasť predpisov (CMS Trend, 2023).

2.2. Limity a obmedzenia

Niektoré druhy nebezpečného nákladu sú príliš nebezpečné na prepravu leteckou dopravou, iné môžu byť prepravované iba nákladnou leteckou dopravou a niektoré sú akceptované i v kombinovanej leteckej doprave. Pre lety, kde je povolená preprava nebezpečného nákladu platí množstvo pravidiel a obmedzení. Okrem jednotlivých štátov si aj leteckí dopravcovia môžu určiť, ktoré typy nebezpečného nákladu akceptujú, a ktoré nie. Jedná sa o tzv. varianty štátov a varianty dopravcov (IATA, 2022).

Druhy obmedzení:

- Zakázaný nebezpečný náklad,
- Zakázaný nebezpečný náklad na základe udelenej výnimky,
- Výnimky,
- Skrytý nebezpečný náklad,
- Nebezpečný náklad prevážaný pasažiermi alebo posádkou,
- Preprava nebezpečného nákladu poštou,
- Nebezpečný náklad balený vo vyňatých množstvách,
- Nebezpečný náklad balený v obmedzených množstvách. [4]

3. Charakteristika nebezpečného nákladu

Nebezpečný náklad je definovaný v IATA DGR Manuáli nasledovne:

„Nebezpečný náklad sú predmety alebo látky, ktoré môžu predstavovať riziko pre zdravie, bezpečnosť, majetok alebo životné prostredie, ktoré sú uvedené v Zozname nebezpečných látok v predpise IATA DGR alebo ktoré sú klasifikované podľa tohto predpisu“ (IATA, 2022).

Nebezpečný náklad je definovaný ako náklad, ktorý spĺňa kritériá pre jednu alebo viac klasifikačných tried nebezpečného nákladu, a je možné na ňom uplatniť jednu z troch obalových skupín na základe podmienok sekcie 3 IATA DGR Manuálu. Deväť klasifikačných tried sa vzťahuje na druh nebezpečnosti a obalové skupiny sa vzťahujú na uplatniteľný stupeň nebezpečnosti v danej triede. Niektoré triedy nebezpečného nákladu sú ďalej rozdelené do ďalších podtried (divízií) nebezpečnosti v dôsledku širokého rozsahu samotných tried (IATA, 2022).

Klasifikačné triedy nebezpečného nákladu:

- Trieda 1 – Výbušné látky a predmety
- Trieda 2 – Plyny
- Trieda 3 – Horľavé kvapalné látky
- Trieda 4 – (4.1 – Horľavé tuhé látky, samovoľne reagujúce látky, polymerizujúce látky a tuhé znečistlivé výbušniny, 4.2 – Samozápalné látky, 4.3 – Látky, ktoré pri styku s vodou vyvíjajú horľavé plyny)
- Trieda 5 – (5.1 – Okysličovacie látky, 5.2 – Organické peroxidy)
- Trieda 6 – (6.1 – Jedovaté látky, 6.2 – Infekčné látky)
- Trieda 7 – Rádioaktívny materiál
- Trieda 8 – Žieravé látky
- Trieda 9 – Iné nebezpečné látky a predmety (IATA, 2022).

3.1. Balenie

Preprava niektorých tovarov nie je uskutočniteľná bez použitia vhodných obalov, združovaných do manipulačných a prepravných jednotiek. Manipulačné jednotky sú definované ako akékoľvek materiály, ktoré tvoria jednotky schopné manipulácie (Gros et al., 2016).

Druhy manipulačných jednotiek:

- Manipulačné jednotky I. rady
- Manipulačné jednotky II. rady
- Manipulačné jednotky III. rady
- Manipulačné jednotky IV. Rady (Gros et al., 2016).

3.1.1. Podmienky balenia nebezpečného nákladu

Odosielateľ zodpovedá za všetky aspekty balenia nebezpečného nákladu v súlade s nariadeniami IATA DGR Manuálu (IATA, 2022).

Pri príprave každej zásielky musí odosielateľ:

- splniť súbor požiadaviek na balenie zodpovedajúce druhu balenia, ktoré sa má použiť,
- zaistiť všetky zložky obalu presne tak, ako je určené,
- zaistiť aby vonkajší povrch obalov nebol kontaminovaný,
- uistiť sa, že balenie spĺňa kritéria odoslania (IATA, 2022).

Obalový súbor

Je obalový prostriedok obsahujúci jeden alebo viac kusov zostavených do jednej manipulačnej jednotky pre zjednodušenie manipulácie a ukladania počas prepravy (IATA, 2022).

Obalová skupina

Znamená skupinu, do ktorej môžu byť na účely balenia zaradené určité látky podľa stupňa ich nebezpečenstva. Látky iné ako látky tried a podtried 1, 2, 5.2, 6.2 a 7 a iné ako samovoľne reagujúce látky triedy 4.1 sú na účely balenia zaradené do obalových skupín v súlade so stupňom nebezpečenstva, ktoré predstavujú (IATA, 2022).

Druhy obalových skupín:

I – látky vykazujúce vysoké nebezpečenstvo

II – látky vykazujúce stredné nebezpečenstvo

III – látky vykazujúce nízke nebezpečenstvo (IATA, 2022)

Baliace inštrukcie

Baliace inštrukcie sú uvedené v sekcii 5 IATA DGR na žltých stránkach dokumentu. V prípade potreby sú v nich uvedené akceptovateľné jednotné a kombinované balenia. Pre tabuľky kombinácie sa uvádzajú prijateľné vonkajšie a vnútorné balenia spoločne s maximálnym povoleným množstvom v každom vnútornom obale (IATA, 2022).

Kódovanie obalov

Kód typu obalu

1 – Sud

2 – (Vyhradené)

3 – Kanister

4 – Debna

5 – Vreca

6 – Kompozitné obaly (IATA, 2022)

Kód materiálu obalu

A – Oceľ

B – Hliník

C – Prírodné drevo

D – Preglejka

F – Drevovláknité materiály

G – Zvlášť pevná lepenka

H – Plastový materiál

L – Textilná tkanina

M – Viacvrstvý papier


N – Kov (iný ako oceľ alebo hliník)

P – Sklo, porcelán alebo kamenina (IATA, 2022)


Celkový kód obalu pozostáva:

- zo symbolu OSN na obaly,
- z kódu označujúceho konštrukčný typ obalu,
- z dvojdielneho kódu:
- z písmena stanovujúceho obalovú skupinu (X, Y, Z)
- z hodnoty relatívnej hustoty kvapalnej látky zaokrúhlenej s presnosťou na jedno desiatinné miesto, na ktorú bol typ obalu určený a skúšaný bez vnútorných nádob,
- z písmena S alebo z údajov skúšobného tlaku uvedeného v kPa zaokrúhleného nadol na najbližších 10 kPa, na obaly určené na kvapalné látky,
- posledné dve číslice uvádzajú rok, v ktorom bol obal vyrobený, pri obaloch typu 1H a 3H sa musí uviesť aj mesiac výroby, táto značka môže byť aj na inom mieste ako ostatné údaje
- zo značky štátu, ktorý prideluje označenie,
- z názvu výrobcu alebo z inej identifikačnej značky obalu určenej príslušným orgánom (IATA, 2022).

Kód obalu pevného skupenstva

 4G/X8/S/05/USA/M4116

Kód obalu kvapalného skupenstva

 1A1/X1.5/150/05/USA/M4866

3.2. Označovanie a štítkovanie

Odosielateľ je zodpovedný za správne a kompletne označenie a štítkovanie každej zásielky nebezpečného nákladu. Každé balenie musí mať takú veľkosť, aby bol dostatočný priestor na umiestnenie všetkých požadovaných označení a štítkov (IATA, 2022).

Značky musia byť:

- zreteľne viditeľné a čitateľné,
- schopné odolať pôsobeniu vonkajšieho počasia bez podstatného zníženia účinnosti,
- na pozadí kontrastnej farby (IATA, 2022).

Každá zásielka nebezpečného nákladu musí byť označená na vonkajšej strane balenia trvalo a čitateľne týmito informáciami:

- riadny odosielač názov a zodpovedajúce UN,
- meno odosielača a príjemcu, ktoré by sa mali nachádzať na rovnakom mieste na zásielke,
- čistá hmotnosť obsiahnutá v balení, s výnimkou pre:
- odosielanie jednej zásielky nebezpečného nákladu,
- odosielanie viacerých balení s rovnakým obsahom,
- látka **UN 1845** – musí sa uviesť čistá hmotnosť suchého ľadu obsiahnutého v každom balení,
- trieda 6.2 Infekčné látky s výnimkou **UN 3373** meno a telefónny kontakt zodpovednej osoby,
- ak sa prepravujú látky nebezpečné pre životné prostredie, je požadované označenie EHS (environmentally hazardous substance) (IATA, 2022).

Druhy štítkov:

výstražné štítky (značky nebezpečnosti) – vyžadujú sa pre väčšinu nebezpečného nákladu vo všetkých triedach,

manipulačné štítky – vyžadujú sa buď samostatne alebo ako doplnok k značkám nebezpečnosti nebezpečného nákladu (IATA, 2022).

Druhy manipulačných štítkov:

- Magnetizovaný materiál,
- Cargo aircraft only,
- Skvapalnený plyn,
- Orientačné šípky,
- Chránite pred teplom (Keep away from heat),
- Rádioaktívny materiál, vyňaté množstvo,
- Suchý ľad (IATA, 2022).

4. Prepravné postupy

Základné subjekty tvoriace prepravný proces sú:

- Odosielač
- Dopravca
- Príjemca

Odosielateľ zodpovedá za:

- správny názov nebezpečnej látky / predmetu podaného na prepravu,
- správne uvedené množstvo na obalovú jednotku,
- informácie o balení nebezpečného nákladu,
- informácie o kvalite obalu a jeho správnom označení,
- informácie o manipulácii s nákladom,

- chyby spôsobené nesprávnymi alebo neúplnými informáciami, ktoré sú uvedené v deklarácií odosielača (IATA, 2022).

Dopravca zodpovedá:

- za prítomnosť deklarácie odosielača pri preprave nebezpečného nákladu,
- že obal nebezpečného nákladu bude riadne skontrolovaný, a pokiaľ bude poškodený, nenaloží sa do lietadla,
- za dodržanie „Segregačnej tabuľky“ pri uložení v lietadle,
- za správnu manipuláciu a naloženie do lietadla podľa inštrukcií,
- za správnosť a úplnosť označenia obalu bezpečnostnými značkami a manipulačnými štítkami,
- že zásielka nebezpečného nákladu musí byť zahrnutá v správe NOTOC (pokiaľ výnimka vyplývajúca z IATA DGR Manuálu nestanovuje inak),
- že pracovníci na prijíme nebezpečného nákladu vyplnia a podpíšu dvojmo tzv. „Checklist“ pre nebezpečný náklad rádioaktívnej povahy alebo inej povahy než rádioaktívnej (IATA, 2022).

4.1. Kategórie personálu

1 – odosielačelia a osoby, ktoré vykonávajú úlohy odosielačov, vrátane personálu pripravujúceho nebezpečný náklad na prepravu ako COMAT,

2 – baliči,

3 – personál špedičných spoločností,

4 – personál špedičných spoločností, zodpovedný za spracovanie nákladu a poštových zásielok (iných ako nebezpečný náklad),

5 – personál špedičnej spoločnosti, zodpovedný za manipuláciu a uskladnenie nebezpečného nákladu a poštových zásielok,

6 – Personál pozemnej obsluhy, ktorý vykonáva akceptáciu nebezpečného nákladu,

7 – Personál pozemnej obsluhy, ktorý vykonáva akceptáciu nákladu (iného ako nebezpečný náklad),

8 – Personál pozemnej obsluhy, zodpovedný za manipuláciu, uskladnenie, nakládku, vykládku nákladu a batožiny,

9 – personál zodpovedný za pasažierov,

10 – členovia letovej posádky, vedúci nakládky nákladu, plánovači nakládky nákladu a členovia letového dispečingu,

11 – členovia posádky (iní ako členovia letovej posádky),

12 – bezpečnostný personál zodpovedný za detekčnú kontrolu pasažierov, batožiny, nákladu a poštových zásielok, a personál zodpovedný za implementáciu bezpečnostných procedúr (IATA, 2022).

4.2. Dokumentácia

4.2.1. Deklarácia odosielateľa (DGD)

Deklarácia odosielateľa obsahuje:

- názov a adresa odosielateľa,
- názov a adresa príjemcu,
- číslo leteckého nákladného listu,
- strana ... z ... strán,
- obmedzenie lietadla,
- letisko odletu,
- letisko priletu,
- typ prepravy,
- povaha a množstvo nebezpečného nákladu,
- doplňujúce informácie o manipulácii,
- vyhlásenie o certifikácii,
- meno signatára,
- dátum,
- podpis signatára (IATA, 2022).

Deklarácia musí obsahovať vyhlásenie o certifikácii, ktoré potvrdzuje, že zásielka je riadne pripravená na prepravu, a spĺňa aj dodatočné požiadavky leteckej dopravy (IATA, 2022).

4.2.2. Letecký nákladný list (AWB)

Letecké nákladné listy sprevádzajúce zásielky nebezpečného nákladu, pre ktoré sa vyžaduje deklarácia odosielateľa, musia v kolónke informácie o manipulácii obsahovať takéto vyhlásenie:

- „Dangerous Goods as per associated shipper’s declaration“ alebo „Dangerous Goods as per associated DGD“,
- „Cargo aircraft only“ alebo „CAO“ (IATA, 2022).

4.2.3. Oznámenie pre kapitána (NOTOC)

Prevádzkovateľ lietadla, v ktorom sa prepravuje náklad nebezpečnej povahy, musí čo najskôr pred odletom lietadla poskytnúť veliteľovi lietadla presné a čitateľné informácie týkajúce sa prepravovaného nebezpečného nákladu, a taktiež poskytnúť rovnaké informácie aj personálu (letovým dispečerom, pozemnej obsluhu). Na tento účel slúži dokument NOTOC, ktorý podpisuje veliteľ lietadla, a tým potvrdzuje, že sa oboznámil s typom a polohou nebezpečného nákladu prítomného na palube lietadla. Počas letu musí byť tento dokument k dispozícii veliteľovi lietadla. Okrem podpisu veliteľa lietadla musí byť dokument podpísaný aj zodpovednou osobou, ktorá zodpovedá za správnu nakládku lietadla (IATA, 2022).

4.3. Handling

Proces akceptácie

Pracovníci subjektu, ktorí prijímajú náklad musia absolvovať potrebné školenia, aby boli schopní identifikovať nebezpečný náklad prezentujúci sa ako všeobecný náklad. Pracovníci primajúci náklad by mali od odosielateľov žiadať potvrdenie o obsahu akejkoľvek položky nákladu, ak existuje podozrenie, že by mohol obsahovať nebezpečné látky, s cieľom zabrániť tomu, aby sa nedeklarovaný nebezpečný náklad naložil do lietadla ako všeobecný náklad (IATA, 2022).

Odosielateľ nesmie prijať nebezpečný náklad na prepravu pokiaľ:

- zásielka nebezpečného nákladu je evidentne poškodená,
- deklarácia odosielateľa je nesprávne / neúplne vyplnená (IATA, 2022).

Checklist akceptácie (Acceptance checklist)

Pred prvým prijatím zásielky na leteckú prepravu musí odosielateľ pomocou checklistu overiť nižšie uvedené skutočnosti:

- dokumentácia spĺňa požiadavky sekcie 10.5.8. pre rádioaktívny materiál a sekcie 8 pre iný nebezpečný náklad,
- množstvo nebezpečného nákladu uvedeného v deklarácii odosielateľa odpovedá limitom na balenie pre nákladné alebo kombinované lietadlo,
- uvedené štítky sú v súlade s deklaráciou odosielateľa, a sú zreteľne viditeľné,
- riadny odosielač názov, UN čísla, značky a štítky a špeciálne pokyny na manipuláciu sú zreteľne uvedené na obale,
- uvedené značky sú v súlade so sekciou 10.7.2. pre rádioaktívny materiál alebo sekciou 7.2. pre iný nebezpečný náklad,
- balenie je v súlade s príslušnými pokynmi Baliacich inštrukcií,
- zásielky sú v prípade potreby oddelené podľa Segregačnej tabuľky 9.3A,
- zásielky nebezpečného nákladu nie sú viditeľne poškodené a neexistuje náznak, že by bola poškodená ich integrita (IATA, 2022).

Odosielateľ musí určiť spôsobilú osobu, ktorá vykoná príslušný checklist (IATA, 2022).

Segregácia nebezpečného nákladu

Zásielky nebezpečného nákladu, ktoré by mohli navzájom nebezpečne reagovať je zakázané naložiť do lietadla v ich tesnej blízkosti alebo do polohy, ktorá by mohla spôsobiť vzájomnú reakciu v prípade úniku. Požiadavky na segregáciu sa uplatňujú na základe určenia nebezpečnosti uvedeného na balení bez ohľadu na to, či ide o primárne alebo vedľajšie nebezpečenstvo (IATA, 2022).

Núdzové postupy

Ak počas nahládky, prepravy alebo vykládky nebezpečného nákladu na území zmluvnej strany príde k vážnej nehode alebo mimoriadnej udalosti, musí sa zabezpečiť, aby bol urobený zápis pre príslušný orgán dotknutej zmluvnej strany. Hlásenie o nehode alebo udalosti musí byť spracované do 72 hodín od zistenia udalosti alebo nehody (IATA, 2022).

5. Implementácia postupov prepravy nebezpečného nákladu

5.1. Posúdenie z hľadiska celosvetovej analýzy prepravy nebezpečného nákladu

Analýza viac ako 2 miliónov mesačných transakcií zachytených v databáze WorldACD zdôrazňuje množstvo oblastí, ktoré v r. 2023 naďalej dosahovali rast v rôznych časových intervaloch. Je dôležité podotknúť, že podľa tejto analýzy sa zistilo, že v období od januára do augusta 2023 prišlo k značnému poklesu všeobecného nákladu (-17 %), a prekvapivo aj nebezpečného nákladu (-12 %). Prišlo však k výraznému nárastu špeciálneho nákladu, a to pri živých zvieratách (+7 %), rýchloskaziteľných zásielok (+4 %) a cenností (+2 %). Celosvetovo však uvádza, že celkový počet prepravených zásielok všeobecného nákladu klesol o 12 %, kým pri špeciálnom náklade vzrástol o 3 %. I napriek zdanlivo negatívne ukazovateľu poklesu pri nebezpečnom náklade treba uviesť, že IATA vydala v r. 2023 prezentáciu s názvom „2023 Trends Transport of Dangerous Goods“, v ktorej sa vyjadrila, že v leteckej doprave čelí novej výzve, a to čím ďalej viac narastajúcim celosvetovým dopytom prepravy lítiových batérií. To znamená, že i napriek tomu, že je očividný pokles prepravy nebezpečného nákladu, je tu položka, ktorá tvorí budúcnosť viacerých odvetví. Lítiové batérie sa dnes využívajú vo všetkých aspektoch moderného života človeka, a preto je ich preprava dôležitá z hľadiska obchodu a možnej výnosnosti takéhoto typu prepravy (IATA, 2023; World ACD Monthly Air Cargo Trends, 2023).

Prognózy publikované v apríli r. 2023 na internetovej stránke logistickej spoločnosti DHL hovoria o revolúcií v preprave lítium-iónových batérií, a to konkrétne:

- 18% očakávaný ročný rast svetového dopytu po lítium-iónových batériách v rokoch 2023 až 2030,
- 86% podiel na celosvetovom dopyte po lítium-iónových batériách v r. 2030 by mal pochádzať práve zo sektoru dopravy,
- 50% predpokladaný podiel elektromobilov v celkovom počte nových predaných vozidiel v r. 2040 (DHL, 2023).

5.2. Implementácia postupov v praxi

Medzinárodné záväzky dosiahnuť v nadchádzajúcich desaťročiach uhlíkovú neutralitu závisia prioritne od elektrifikácie. Aby sa technológia lítiových batérií mohla pohybovať globálnymi dodávateľskými reťazcami, musia všetky subjekty zapojené do procesu prepravy pochopiť, ako bezpečne prepravovať túto komoditu letecky a implementovať jednotlivé procesy prepravy nebezpečného nákladu tak, aby zvýšili konkurencieschopnosť podniku v prostredí stále narastajúcej

konkurencie, a zachovali svoju kredibilitu pre stálych aj potenciálnych klientov (DHL, 2023).

Dosiahnutie správnej implementácie procesu prepravy v prípade lítiových batérií môže byť okrem toho zabezpečené:

- zvyšovaním povedomia o potencionálnom riziku,
- podporovaním vývoja harmonizovaných noriem a procesov detekčnej kontroly,
- aplikáciou prísnejších mechanizmov, vrátane prísnejších sankcií voči úmyselným trestným činom,
- uplatnením preventívnych opatrení proti riziku vzniku mimoriadnych udalostí (DHL, 2023).

5.3. Význam kontrolingu v procese prepravy nebezpečného nákladu

Kontroling je nástroj, ktorý predvída pomocou prognóz vývoj dosahovaných výsledkov v čase, a tým sa zameriava na budúci vývoj. Jeho doslovný význam spočíva v regulovaní a usmerňovaní (docieľa.sk, 2019).

Druhy kontrolingu:

- kontroling stratégie,
- kontroling prevádzky,
- kontroling financií,
- kontroling nákladov,
- kontroling efektivity,
- kontroling logistiky (docieľa.sk, 2019).

Z pohľadu prepravy nebezpečného nákladu sú dôležité všetky vyššie spomenuté druhy kontrolingu, ale veľmi dôležitý je práve kontroling logistiky. Zabezpečuje efektivitu a bezpečnosť celého procesu prepravy. Zjednodušene povedané, aby subjekty zapojené do tohto procesu zaistili, aby bola správna zásielka v správnom čase na správnom mieste, v správnom množstve a kvalite a so správnymi nákladmi.

6. Návrhy aplikácie postupov pri preprave nebezpečného nákladu v prostredí nákladnej a kombinovanej dopravy

Z viac ako 1,25 milióna zásielok nebezpečného nákladu sú najbežnejšie tieto tri položky:

- horľavé kvapalné látky,
- suchý ľad,
- lítiové batérie (IATA, 2021).

6.1. Proces prípravy zásielky lítiových batérií

6.1.1. Identifikácia a klasifikácia

Články a batérie, články a batérie nachádzajúce sa v zariadení alebo články a batérie zabalené so zariadením, ktoré obsahujú

Lítium v akejkoľvek forme, musia byť zaradené k týmto UN číslam:

- **UN 3090** Lítium-kovové batérie (vrátane batérií z lítiových zliatin),
- **UN 3091** Lítium-kovové batérie nachádzajúce sa v zariadení alebo zabalené so zariadením (vrátane batérií z kovových zliatin),
- **UN 3480** Lítium-iónové batérie (vrátane lítiovo-iónových polymérových batérií),
- **UN 3481** Lítium-iónové batérie nachádzajúce sa v zariadení alebo zabalené so zariadením (vrátane lítiovo-iónových polymérových batérií) (IATA, 2022).

Prepravované pod týmito položkami môžu byť, pokiaľ spĺňajú tieto ustanovenia:

- každý článok / batéria je schváleným typom, ak spĺňa požiadavky testov z Príručky o skúškach a kritériách, časť III, oddiel 38.3,
- každý článok / batéria zahŕňa bezpečnostné vetracie zariadenie alebo je konštruovaná tak, aby sa zabránilo násilnému roztrhnutiu za normálnych podmienok prepravy,
- každý článok / batéria je vybavená účinnými prostriedkami na zabránenie vonkajším skratom,
- každá batéria, ktorá obsahuje články alebo ich série zapojené paralelne, je vybavená účinnými prostriedkami na zabránenie spätnému toku prúdu (poistky),
- články / batérie musia byť vyrobené v rámci programu riadenia kvality (IATA, 2022).

Štáty a letecké spoločnosti môžu sprísniť požiadavky prepravy lítiových batérií, v tzv. Variantoch štátu a dopravcu uvedených v IATA DGR Manuáli, a tým môžu obmedziť túto prepravu (IATA, 2022).

6.1.2. Balenie, označovanie a štítkovanie

Balenie lítiových batérií musí byť dostatočne pevné, odolné, aby odolalo nárazom a možnému zaťaženiu pri preprave. Odosielatelia sú taktiež povinní zohľadniť iné druhy nebezpečného nákladu prepravovaných spoločne s lítiovými batériami (špeciálne triedy a podtriedy 2.1, 3, 4.1 a 5.1). Je tiež dôležité dodržiavať limitáciu čistého množstva na balenie. Pri preprave sa vyžaduje správne označenie bezpečnostnými značkami a manipulačnými štítkami (IATA, 2021).

Všetky značky a štítky musia byť:

- trvalé, viditeľné a čitateľné,
- v správnej veľkosti,
- zobrazené na pozadí kontrastnej farby,
- schopné odolať poveternostným javom (IATA, 2022).

UN 3090 Lítiovo-kovové batérie (vrátane batérií z lítiových zliatin) a **UN 3480** Lítiovo-iónové batérie (vrátane lítiovo-iónových polymérových batérií) balené podľa Balianí inštrukcií

965, 968 sú **zakázané** v kombinovanej leteckej doprave (IATA, 2022).

6.1.3. Dokumentácia

Pri preprave lítiových batérií musí odosielateľ poskytnúť príslušnú dokumentáciu s opisom nebezpečného nákladu. Deklarácia odosielateľa musí byť správne a čitateľne vyplnená a podpísaná. Okrem deklarácie sa vyžaduje aj letecký nákladný list (AWB). AWB predstavuje zmluvu o preprave medzi odosielateľom a leteckou spoločnosťou, ktorá sprevádza zásielku od odosielateľa po príjemcu (IATA, 2022).

6.2. Aplikačná prax prepravy lítiových batérií

Spoločnosť DSV na svojej internetovej stránke uvádza tieto tipy na bezpečnú prepravu lítiových batérií:

- výber správneho typu balenia,
- použitie najaktuálnejšej karty bezpečnostných údajov,
- konzultácia s logistickým partnerom,
- správne vyplnenie dokumentácie,
- správne označenie zásielky (DSV, n.d.).

Spoločnosť Saft okrem vyššie spomenutých tipov na svojej internetovej stránke radí aj:

- výber renomovaného dopravcu,
- overenie splnenia testu z Príručky o skúškach a kritériách, oddiel 38.3 (Wayne, 2020).

6.2.1. Otázky a odpovede z praxe

Nebolo by bezpečnejšie zakázať prepravu lítiových batérií?

Pri návrhoch odporúčaní a postupov prepráv sa objavili otázky o úplnom zakázaní prepravy lítiových batérií komerčnou leteckou dopravou. IATA sa vyjadrila, že zákaz tohto typu prepravy bráni iba tým, ktorí spĺňajú kritériá, a presadzovanie zákazu by ponúklo falošný pocit bezpečnosti. Je praktickejšie umožniť takúto prepravu v súlade s regulačnými požiadavkami. Následne sa naskytla otázka, ako si môžu byť letecké spoločnosti isté, že lítiové batérie ponúkané na prepravu sú deklarované a správne zabalené a hlavne pri správnom stave nabíjania. Rovnako ako pri každom type nebezpečného nákladu, aj tu odosielateľ zodpovedá za dodržiavanie predpisov, čo znamená, že deklarácia odosielateľa slúži ako potvrdenie a dôkaz o správnosti. Ak sa zistí pochybenie, je zodpovednosťou regulačných orgánov konať (IATA, 2021).

Aké sú pravidlá prepravy lítiových batérií pasažiermi?

V sekcii 2 Výnimky v IATA DGR Manuáli je uvedená Tabuľka 2.3A, v ktorej sú zhrnuté informácie o položkách povolených na prepravu v skontrolovanej a príručnej batožine. Zahŕňajú položky ako lítiové batérie v osobných elektronických zariadeniach. Každý letecký dopravca má však svoje špecifické pravidlá, a preto je vždy najlepšie vopred skontrolovať povolené položky (IATA, 2021).

Aké sú požiadavky na prenosné elektronické zariadenia?

Náhradné lítiové batérie, napájacie power banky a elektronické cigarety sú povolené iba v príručnej batožine. IATA odporúča, aby sa tento typ položiek neprepravoval bez dosahu človeka (IATA, 2021).

Môžem prepraviť poškodené alebo neschválené články a batérie?

Lítiové batérie identifikované výrobcom ako chybné z bezpečnostných dôvodov alebo poškodené, ktoré môžu spôsobiť nebezpečnú reakciu je zakázané prepravovať leteckou dopravou. Týka sa to aj lítiových článkov a batérií inštalovaných vo vnútri zariadenia, prípadne definovaných v osobitnom ustanovení A154 (IATA, 2024).



Obrázok 1. Obalový súbor zásielky lítium-iónových batérií (UN 3480).
Zdroj: rrc-ps.com, 2023.

7. Záver

Nebezpečný náklad je i napriek svojej nebezpečnej povahe relatívne častým druhom prepravovaného osobitného nákladu. Práve preto je téma jeho prepravy podstatná pre všetky subjekty zapojené do procesu prepravy, či už v pozícií odosielateľa, zasielateľa alebo dopravcu. Skôr alebo neskôr sa tieto subjekty stretnú s potrebou zavedenia prepravy tohto typu do svojho portfólia služieb. Dôvodom je globálny trend, prioritne hrajúci v prospech lítiových batérií. Preto hlavný prínos článku spočíva v spracovaní analýzy problematiky prepravy nebezpečného nákladu, a to z hľadiska platnej legislatívy, platných postupov a nariadení vyplývajúcich z IATA DGR Manuálu 2022, a ďalších praktických dokumentov, ktoré tvoria súčasť tohto manuálu v platnom znení. Súčasne môže byť adekvátnou učebnou pomôckou pre študentov dopravy a logistiky, a okrem toho sa môže použiť ako nápomocný študentský materiál pre záujemcov, ktorí by radi získali Osvedčenie o odbornej spôsobilosti bezpečnostného poradcu v leteckej doprave.

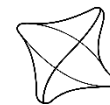
PodĎakovanie

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

- Bínová, H., Ploch, J.; Bína, L. & Žihla, Z. 2015. Provozování letecké dopravy a logistika. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2015. s. 316. ISBN 97880740228557.
- CMS Trend. 2023. Nebezpečné veci . Online. Dostupné na: <https://cmstrend.sk/nebezpecne-veci/>
- DHL. 2023. GLOBALIZATION Safety first: Shipping lithium-ion batteries by air (2023). Safety first: Shipping lithium-ion batteries by air. Online. Dostupné na: <https://www.dhl.com/global-en/delivered/globalization/shipping-lithium-ion-batteries-by-air.html>
- docieľa.sk. 2019. Controlling, vydláždená cesta ku cieľu (2019). Controlling, vydláždená cesta ku cieľu. Online. Dostupné na: <https://docieľa.sk/biznis/controlling-vydlazdena-cesta-ku-cielu/>
- DSV. n.d. Lithium batteries in air freight (bez dáta). Lithium batteries in air freight. Online. Dostupné na: <https://www.dsv.com/en-nl/insights/expert-opinions/lithium-batteries-in-air-freight>
- Európska únia, 2005. Final TDG Report. Dostupné na: https://transport.ec.europa.eu/system/files/201609/2005_transport_dangerous_goods_1.pdf
- Gros et al. 2016. Velká kniha logistiky. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2016. s. 512.
- IATA. 2021. What to know about How to ship lithium batteries?. Online. Dostupné na: <https://www.iata.org/en/publications/newsletters/iata-knowledge-hub/what-to-know-about-how-to-ship-lithium-batteries>
- IATA. 2022. IATA Dangerous goods regulations (DGR). 63th Edition. Geneva : IATA, 2022. s. 1168. ISBN 978-9292642877.
- IATA. 2023. Trends (Transport of Dangerous Goods by Air)(2023). Transport of dangerous goods by air. Online. Dostupné na: https://www.stattimes.com/pdf_upload/iatadangerous_goods2023trends-33318.pdf
- IATA. 2024. Lithium Battery Guidance Document (2024). Transport of Lithium Metal and Lithium Ion Batteries. Online. Dostupné na: <https://www.iata.org/contentassets/05e6d8742b0047259bf3a700bc9d42b9/lithium-battery-guidance-document.pdf>
- rrc-ps.com. 2023. Example: Packaging containing batteries ≤ 100 Wh, PI 965, SEC IB, overpack used. Online. Dostupné na: https://www.rrc-ps.com/fileadmin/Dokumente/Shipment/Shipping_Guidelines_Lithium_Ion_Batteries_EN.pdf
- Wayne, P. 2020. Things to know before transporting lithium batteries or battery powered IoT devices. Online. Dostupné na: <https://saft.com/energizing-iot/things-know-transporting-lithium-batteries-or-battery-powered-iot-devices>

World ACD Monthly Air Cargo Trends, 2023. World ACD Monthly Air Cargo Trends – Sep 2023. Online. Dostupné na: <https://www.worldacd.com/trend-reports/monthly/worldacd-monthly-air-cargo-trends-sep-2023/>



OBLAKY, OBLAČNOSŤ A ICH VPLYV NA BEZPEČNOSŤ LETECTVA

CLOUDS, CLOUD COVER AND THEIR IMPACT ON AVIATION SAFETY

Jakub Golais
Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina

Miriám Jarošová
Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
miriam.jarosova@uniza.sk

Abstract

The aim of the paper is to explain the role of clouds and cloud cover in aviation as it is important to know their base, shape and amount. Consequently, teaching the user to understand the association of clouds with hazardous phenomena and familiarizing them with aeronautical meteorological information will help them avoid such phenomena. The first part of this paper discusses the formation of clouds themselves and describes the factors that contribute to their formation. The following section not only introduces the user to the history of cloud tracking and compares it to its current state, but also provides options on where to look for information on the amount of clouds in the sky. The third section writes about the distribution and coverage of clouds, and follows on from the fourth section, which takes a closer look at the hazardous phenomena associated with some of the clouds. In the last section, the paper presents the current state of weather gauges and the location of airports, which clearly show the differences in equipment and the associated different readings of weather conditions.

Keywords

cold front, meteorological gauge, aeronautical meteorological information, clouds

1. Úvod

Letecká doprava je jedna z najrýchlejších sa rozvíjajúcich preprav na svete. Pre mnoho ľudí je sympatická najmä vďaka svojej rýchlosti a bezpečnosti, akým dokáže preniesť tovar, poštu a osoby. Titul najbezpečnejšej dopravy však dosiahla najmä vďaka pomerne malému počtu incidentov a nehôd, spôsobeným ľudským faktorom, zlyhaním technických prvkov letúna a aj vplyvom počasia. Poučenie sa z týchto nepríjemných udalostí vyústilo v neustále inovácie technických prvkov a postupov, ktoré činia leteckú dopravu najbezpečnejšou dopravou na svete.

Z pohľadu vplyvu počasia sledujeme mnoho faktorov, ktoré ovplyvňujú let počas rôznych fáz letu. Pre rýchlu predikciu nebezpečných javov je potrebné poznať oblačnosť, ktorá je úzko spätá s vývojom následného počasia a nebezpečných javov v nich. Preto má oblačnosť výrazný vplyv na bezpečnosť leteckej dopravy.

Tento článok sa zaoberá oblačnosťou a jej možným negatívnym dopadom na leteckú dopravu. Jej cieľom je popísať základné princípy vzniku oblačnosti, jej histórie sledovania v porovnaní so súčasnosťou. Pozornosť venovala najmä základnému triedeniu oblačnosti a s ňou aj spojené nebezpečné javy. Dôležitou a veľmi zaujímavou časťou bolo sledovanie prechodu frontálneho systému ponad vybrané letiská, kde som upozornili na rôzne vybavenia meracích prostriedkov a unikátnu polohu jednotlivých letísk.

2. Oblačnosť

2.1. Oblak

Svetová meteorologická organizácia definuje oblak ako „viditeľnú sústavu miniatúrnych častíc vody, ľadu nachádzajúcich sa v zemskej atmosfére obvykle nedotýkajúcej sa zeme. Môže tiež obsahovať väčšie častice vody alebo ľadu ako aj častice, ktoré sa nachádzajú v priemyselných výparoch, dyme alebo prachu“ (WMO, n.d.). Počas dňa, keď je prítomná vrstva oblačnosti, táto oblačnosť primárne odráža veľkú časť prichádzajúceho slnečného žiarenia naspäť do vesmíru. Odrážanie slnečného žiarenia zabraňuje dopadu slnečnej radiácie na zemský povrch, v dôsledku čoho dochádza k maximálnemu ochladeniu zemského povrchu v porovnaní, keď je deň bez oblačnosti. Oblačnosť má v noci schopnosť absorbovať a zachytávať tepelnú radiáciu zo zemského povrchu a z časti aj infračervené žiarenie. V noci dochádza k strate tepelnej energie zemského povrchu radiáciou a prítomná oblačnosť pohlcuje infračervené žiarenie. Pohltá energia je potom odrazená naspäť ku zemskému povrchu. Kvôli pohlcovaniu infračerveného žiarenia a jeho spätnému odrazu na zemský povrch pomáha oblačnosť k udržiavaniu teplejšej teploty počas noci v porovnaní s nocou bez oblačnosti (atplquestions.com, 2021).

2.2. Vznik oblačnosti

Hlavnou podstatou vzniku oblaku je, keď vodná para sa zmení v kvapalnú formu teda kvapôčky vody. Takýto jav môže nastať dvoma spôsobmi:

1. vyparovaním vodných pár do ovzdušia
2. poklesom vonkajšej teploty vzduchu.

Vznik oblačnosti je najčastejší pri výstupe častíc do vyšších výšok, kde teplota okolitého vzduchu je nižšia. Pri znižujúcej sa okolitej teplote vzduchu a zvyšujúcej výške sa zvyšuje aj jeho vlhkosť až do momentu, keď sa stane vzduch nasýtený vodnými parami a tie skondenzujú. Výška, v ktorej sa voda v plynnej forme zmení na kvapalnú, sa nazýva kondenzačná hladina. V tejto hladine je teplota rosného bodu rovnaká ako je teplota okolitého vzduchu. Kondenzačná hladina je tiež známa aj pod názvom základňa oblačnosti.

Kondenzácií v značnej miere dopomáhajú aj kondenzačné jadrá. Tieto jadrá sú v podobe čistočiek prachu, solí alebo aerosólu, ktoré viažu na seba vodu a tak napomáhajú k tvorbe ľadových kryštálov alebo dažďových kvapiek (EDUAVIATION, n.d.).

2.2.1. Príčiny vzniku oblačnosti

Oblačnosť môže vznikáť rozličnými spôsobmi. Tie najzákladnejšie sú:

Konvekcia - je spôsobená najmä cez leto prehriatím zemského povrchu. Povrch je prehrievaný krátkymi vlnami zo slnka a tie sú opätovne odrazené radiáciou dlhých vln do atmosféry. V dôsledku tohto procesu je zahrievaný vzduch najbližšie k zemskému povrchu, ktorý vytvára nestabilné teplotné zvrstvenie v dôsledku strmšiemu nárastu teplotného gradientu. Prehriata vrstva vzduchu stúpa do chladnejšieho ovzdušia vyššie nad zemským povrchom. Keď dosiahne stúpajúce prúdy kondenzačnú hladinu, utvorí sa oblačnosť kopovitého charakteru. Nadmerným prehriatím zemského povrchu môže vzniknúť veľmi silné vertikálne prúdenie, ktoré má za následok vznik Vežovitého kumulu (EDUAVIATION, n.d.).

Turbulencia - hovoríme tu o trení vzduchu o zemský povrch a narážaní o prekážky, v dôsledku čoho vznikajú víry. Pokiaľ tieto víry počas stúpania dosiahnu stav nasýtenia, vzniká oblačnosť. Hovoríme tu najmä o oblačnosti typu stratus a stratokumulus. Ich rozmer je väčšinou veľký ako oblasť v ktorej je výskyt turbulencie v prízemnej vrstve (EDUAVIATION, n.d.).

Frontálna činnosť - Pri frontálnej činnosti môžeme hovoriť o pohybe po horizontálnej rovine, ktorá sa môže roziahnuť na oblasť veľkú niekoľko tisíc kilometrov štvorcových. Na frontoch je teplý vzduch nútený stúpať pozdĺž frontálneho rozhrania nad studený vzduch. Studený front sa pohybuje rýchlejšie ako teplý, preto dokáže za sebou niesť iba užší pás oblačnosti, ktorú sú najmä kopovitého charakteru. Teplý front sa pohybuje pomaly a preto je schopný za sebou preniesť dlhý pás oblačnosti v podobe stratov a cirov (EDUAVIATION, n.d.).

Orografický výstup - je to nútený výstup vlhkého vzduchu v dôsledku prúdenia cez horskú prekážku. Princíp orografického výstupu môžeme prirovnáť k Föehnovmu efektu (NASA EARTH OBSERVATORY, 2002). Vzduch pri strete s horskou prekážkou má tendenciu prekážku prekonať. Čím vzduch stúpa vyššie, tým stráca teplotu. Pokiaľ je vzduch dostatočne vlhký a nestabilný, vznikne oblačnosť a zrážky prípadne sa môžu objaviť aj búrky. V prípade stabilného vzduchu sa vytvára typická oblačnosť spojená s horským prúdením a to altokumulus lenticularis (atplquestions.com, 2021).

3. Sledovanie oblačnosti v minulosti a dnes

3.1. Pranostiky

Keďže v minulosti si ľudia nemali možnosť naladiť program na televízore alebo frekvenciu na rádiu, museli sa naučiť chápať a predikovať oblačnosť a vývoj počasia. Pomocou jej vonkajších charakteristík alebo pravidelne sa opakujúcich zmien počasia sa medzi ľuďmi začali tradovať pranostiky a rôzne porekadlá o počasí.

3.2. História

V minulosti sledovali oblačnosť už staroveké civilizácie ako napríklad Číňania, Gréci a Rímania, na základe vzťahov medzi počasím a prírodnými javmi.

Vedecké štúdium o meteorológii a oblačnosti sa rapídne rozvinulo vynálezom prvých meracích prístrojov a úspechmi chemikov a fyzikov pomocou formulácií zákonov o teplote, tlaku a hustote plynov (NASA EARTH OBSERVATORY, 2002).

Francúzsky biológ Jean Baptiste Lamarc ako prvý zadefinoval základnú klasifikáciu oblakov, ktorú potom publikoval v ročenke z roku 1802. Výsledky dosiahol samostatným výskumom a meteorologickými pozorovaniami. Zadefinoval 5 základných typov oblakov a niekoľko doplnkových (astronomie.cz, 2005).

Zlomový pri výskume oblačnosti bol rok 1803, kedy sa podarilo zadefinovať a systematicky rozdeliť názvoslovie oblakov po latinsky. Za ich spísaním stojí britský chemik a amatérsky meteorológ Luke Howard prezývaný aj ako „otec meteorológie“. Howard podnikal rôzne meteorologické merania a pozorovania, podľa ktorých neskôr napísal rôzne vedecké články a publikácie, kde publikoval svoj výskum o podnebí Londýna. Klasifikáciu oblačnosti a jeho rozdelenie publikoval v diele „On the modifications of Clouds and on the Principles of their Production, Suspension and Destruction v roku 1803“. V knihe uviedol latinské názvoslovie pre tri hlavné druhy oblačnosti: stratus pre vrstevnaté oblaky, kumulus pre kopovité oblaky a cirrus pre vláknité oblaky. Neskôr Howard uvažoval aj o možnom prechode oblačnosti z jedného druhu na druhý. Takéto medzi tvary ako napríklad cirrostratus zadefinoval francúzsky meteorológ Renou v roku 1855. Howard uvažoval aj o kombinácií všetkých troch hlavných druhov oblačnosti. Pre takýto typ oblačnosti našiel názov Nimbus, pričom takýto oblak nazýval len ten, z ktorého vypadávali zrážky.

Súčasnú sústavu oblačnosti spísali a navrhli Švéd Hildebrand Hildebrandsson a Angličan Ralph Abercromby. Prvý Atlas oblakov bol publikovaný v roku 1896. Aktuálny Atlas Oblakov je z roku 2017 (astronomie.cz, 2005).

3.3. Súčasnosť

3.3.1. Meteorologické družice

Najväčší vedecký skok v rámci predikcie poveternostných podmienok priniesli prvé meteorologické družice. Družice poskytujú nepretržitý záznam pohybu oblakov a pokrytia oblačnosti nad zemským povrchom a jeho možný následný pohyb, čím skvalitňujú predikciu počasia (Brutovský, 2013).

3.3.2. Informácie pre pilotov

Letecké informácie sú pre pilotov najrýchlejšia a najpresnejšia možná predpoveď počasia akú môžu dostať pre letisko odletu, na let po trase a pre letisko pristátie prípadne aj pre náhradné letisko.

4. Základné rozdelenie oblačnosti

4.1. Množstvo oblačnosti

Oblačnosť je pokrytie oblohy oblakmi. V leteckej meteorológii a leteckých informáciách sa udáva v osminách. V prípade pokrytia oblakmi 0/8 vyjadruje toto značenie jasnú oblohu bez oblačnosti. Naopak v prípade pokrytia 8/8 značí, že obloha je úplne pokrytá oblačnosťou. V leteckých meteorologických informáciách sú jednotky pokrytia oblačnosti príslušnou skratkou pre potrebu kódovania v anglickom jazyku (Česká meteorologická spoločnosť, n.d.).

Tabuľka 1. pokrytie oblačnosti s príslušnými skratkami

Skratka	Slovenský význam	Množstvo oblačnosti
SKC	jasno	0/8
FEW	malá oblačnosť	1-2/8
SCT	polojasno	3-4/8
BKN	oblačno	5-7/8
OVC	zamračené	8/8

4.2. Oblačnosť nízkych výšok

4.2.1. Stratus

Oblak stratus je sivá vrstva oblačnosti, ktorá pokrýva oblohu, neprechádzajú cez ňu slnečné lúče alebo len minimum a rozpína sa ponad veľkú oblasť. Často so sebou prináša mrholenie a slabé prehánky, pokiaľ sa nachádza nad horami. Oblačnosť typu stratus nám napovedá, že sa počasie najbližšie hodiny nebude meniť (Perkins, 2020).

4.2.2. Kumulus

Kumulus vzniká pri konvekcií, má vodorovnú základňu v kondenzačnej hladine a vrcholky oblakov bývajú nafúknuté. Dosahujú maximálne niekoľko stoviek metrov. Oblačnosť typu kumulus pripomína kôpkky, vlny alebo kôpkupu „ovečiek“ na oblohe. Kumulus je veľmi dôležitý pre pilotov klzákov, nakoľko sa pod nimi nachádzajú stúpavé prúdy pomocou ktorých môžu stúpať do vyšších výšok. Oblačnosť typu kumulus sa môže utvoriť do podoby brázdy. Brázda so sebou nesie zlé počasie a je ľahko rozoznateľná nakoľko sa podobá na líniu zrážkovej oblačnosti. Zaujímavosťou sú oblaky typu mamma, pomocou ktorých vieme predpovedať príchod búrky, avšak niekedy sa dostavia aj po búrke alebo daždi. Sú zaujímavé vďaka svojmu vzhľadu, lebo vyzerajú ako vrstva oblačnosti pokrývajúca oblohu, z ktorej trčia vemená, ako už z názvu vyplýva. Čím prudšie sú previsy vemien, tým silnejší je priebeh búrky (Perkins, 2020).

4.2.3. Stratokumulus

Stratokumulus, rovnako ako stratus, indikuje, že najbližšie hodiny neprebehne zmena počasia. Je to zmiešaný typ oblačnosti kumulus a stratus, ktorý má znak kopovitej aj vrstevnatej oblačnosti (Perkins, 2020).

4.3. Oblačnosť stredných výšok

4.3.1. Altostratus

Vytvárajú rovnomernú vrstvu rozpínajúca sa niekoľko stoviek kilometrov ponad oblasť. Podobný je tenkému závoju, ktorý sa rozpína po oblohe. Je natoľko tenký, že cez neho prenikajú slnečné lúče s malou intenzitou. Prítomnosťou oblaku altostratus vieme predikovať následný príchod možného dažďa alebo sneženia. Altostratus, pokiaľ sme pred ich presunom spozorovali cirrus, značia s veľkou pravdepodobnosťou príchod blížiaceho sa teplého alebo oklúzneho frontu. Príchod fronty však nemusia predikovať prelietajúce oblaky cirrus ale viaže sa aj s postupne klesajúcou základňou oblačnosti altostratus (Perkins, 2020).

4.3.2. Altokumulus

Rovnako ako altostratus tak aj altokumulus je predzvesťou prechodu teplého alebo oklúzneho frontu, ktorý už je ale v štádiu rozpadu. Jeho charakteristickým tvarom je skupina malých husto pri sebe nachádzajúcich sa baránkov. Skladá sa najmä z vodných kvapôčok a slnečné lúče cezeň prenikajú čiastočne, poprípade vôbec. V prípade, že sa oblaky podobajú skôr na vlny alebo pásy, značia prechod studeného frontu. Spreádzaný je vertikálne rastúcimi oblakmi altokumulus castellanus podobným veži. Značia príchod silných a intenzívnych prehánok a búrok. Zaujímavým oblakom z triedy Alto je oblak altokumulus lenticularis. Je to oblak podobajúci sa šošovke na oblohe, no však kedysi si ho ľudia mýlili s UFO. Tento oblak vzniká vlnovým prúdením cez horskú prekážku príliš vlhkého vzduchu. Pri prelete takéhoto oblaku môže pilot zažiť turbulenciu. Samotný oblak upozorňuje na prítomnosť horského prúdenia (Perkins, 2020).

4.4. Oblačnosť vysokých výšok

4.4.1. Cirrus

Oblačnosť typu cirrus je podobná rozfúkanej múke na stole alebo vlasom roztiahnutým po väčšej ploche. Pozostáva výrazne z ľadových kryštálikov a býva predzvesťou prichádzajúceho teplého alebo oklúzneho frontu. Oblačnosť typu cirrus vzniká v oblastiach, kde sú príliš nízke teploty, okolo -50 °C. Následne ľadové kryštáliky klesajú na úroveň výšky, kde sa nachádza silný vietor a bývajú rozfúkané. Tieto dráhy, kde sú rozfúkané ľadové kryštáliky, sa nazývajú zrážkové dráhy. Pokiaľ zaznamenáme zo zeme cirrus, podobajúce sa háčikom, znamenajú, že v oblasti sa nachádza silný strih vetra. Zaujímavosťou je, že pokiaľ zo zemského povrchu zaznamenáme kondenzačné čiary za lietadlom, vieme s určitou pravdepodobnosťou predpovedať príchod teplého frontu, nakoľko vieme, že teplý front sa viaže s vlhkým ovzduším (Perkins, 2020).

4.4.2. *Cirrostratus*

Oblačnosť typu cirrostratus je zo zemského povrchu často priam až prehliadnuteľná. Jasne cez ňu prenikajú slnečné lúče a pripadá nám ako keby bola obloha veľmi jemne zahalená alebo až niekedy úplne čistá. Nie je tomu tak, nakoľko nám stačí sa pozrieť smerom k slnku a uvidíme zaujímavú žiaru okolo neho v podobe hálovho javu (Perkins, 2020).

4.4.3. *Cirrokumulus*

Oblačnosť typu cirrokumulus je podobná „rybím šupinám“ husto pri sebe uložených na oblohe. Nevrhajú žiaden tieň a pozostáva prevažne z vodných kvapiek. Prenikajú cezeň slnečné lúče, však samotné slnko je cezeň vidno nie príliš jasno (Perkins, 2020).

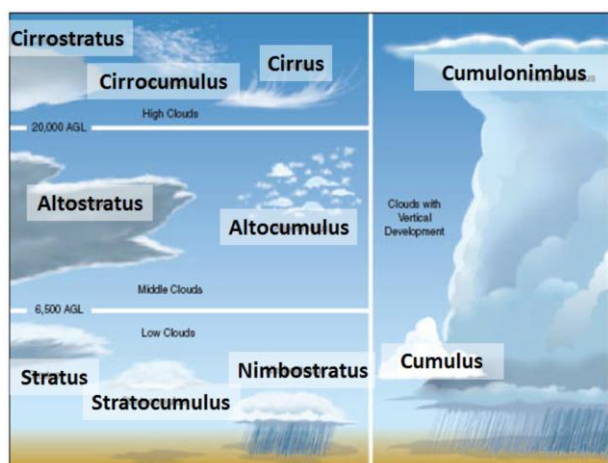
4.5. *Oblačnosť vertikálneho vývoja*

4.5.1. *Nimbostratus*

Oblačnosť nimbostratus si mnoho ľudí mýli s oblačnosťou stratus, nakoľko sa dosť značnou mierou na ňu podobá. Rozpína sa veľkou oblasťou, pokrýva celú oblohu a má sivé zafarbenie. Ako už z názvu vyplýva, „nimbo“ značí že so sebou nesie množstvo zrážok. Pokiaľ oblak prichádza s frontom, značí že môžeme očakávať dlho trvajúce zrážky. Pri teplotách pod 0 °C môžeme očakávať tvorbu námrazy (Perkins, 2020).

4.5.2. *Kumulonimbus*

Spomínaný oblak kumulonimbus je asi najznámejším oblakom medzi pilotmi v leteckej doprave. Nielen vďaka svojej mohutnosti je taký známy, ale aj vďaka nebezpečným javom, ktoré so sebou tento oblak prináša. Sú to typické búrkové oblaky nesúce aj výdatné zrážky. Jeho základňa dosahuje rozmery niekoľko desiatok km a siaha do výšky približne 15 km. Z diaľky poznáme kumulonimbus podľa jeho mohutnosti a tvaru podobajúceho sa veľkej skale alebo veži. Článok v ďalšej časti popisuje fázy vzniku oblačnosti kumulonimbus a aké zrážky a nebezpečné javy z neho môžeme očakávať (Skybrary, n.d.; Skybrary, n.d.).



Obrázok 10. rozdelenie oblačnosti podľa výšky. Zdroj: Matsuoka (2017).

5. Nebezpečné javy pre leteckú dopravu

Nebezpečné javy pre leteckú dopravu súvisiace s oblakmi sú rôzneho charakteru. Sú častokrát ľahko identifikovateľné.

Nebezpečné javy môžu značnou mierou ovplyvniť bezpečnosť a charakter letu. Medzi nebezpečné javy patria turbulencia, námraza, znížená viditeľnosť a zásah bleskom.

5.1. *Turbulencia*

Turbulencia je nestabilný pohyb vzduchu v dôsledku vírov a vertikálnych prúdov. Je to jav, ktorý je jeden z najviac nepredvídateľných javov v letectve. Má rôznu intenzitu od malých nepatrných trepotov počas letu až po tak silnú, že letún dokáže dostať mimo kontrolu pilota a vie spôsobiť poškodenie na konštrukcii lietadla. Turbulenciu možno klasifikovať medzi 4 hlavné kategórie podľa jej intenzity (Skybrary, n.d.).

5.2. *Námraza*

Námraza sa na často tvorí najmä na nábežných hranách a pohonných jednotkách letúna. Je veľmi nebezpečná, pretože vie ovplyvniť aerodynamiku letúna a samotný výkon pohonných jednotiek. V prípade tvorby námrazy na letúny, existujú pre pilotov 2 možnosti, ktoré môže vykonať, aby sa vyhol jej ďalšej tvorbe a eliminoval ju. Letún sa môže ocitnúť v podmienkach námrazy pokiaľ sa nachádza v oblačnosti a teplota vonkajšieho vzduchu je pod 0°C alebo nižšia, pri prechladených vodných kvapôčkach a pri námraze prechladených vodných kvapôčok na povrch letúna, pričom sa kvapôčka rozbije a zvýši sa jej mrznúca teplota. Prvým je klesnúť pod hladinu tvorby námrazy alebo ju nadletieť. Nadletenie danej oblasti však vyžaduje veľký výkon pohonných jednotiek. Intenzita námrazy sa rozdeľuje do 4 kategórií. Slabá námraza, mierna námraza, silná námraza, veľmi silná námraza.

5.3. *Znížená viditeľnosť*

Znížená viditeľnosť dokáže značnou mierou ovplyvniť prevádzku najmä na letiskách s veľkým pohybom, ale aj na menších letiskách, ktoré nie sú vybavené dostatočnou zabezpečovacou technikou.

Zlá viditeľnosť môže nastať v dôsledku prítomnosti hmly, dymna, oparu, dymu, rozsiahleho výskytu prachu, piesku nízkej oblačnosti ale aj pri intenzívnych zrážkach

Hlavný rozdiel medzi hmlou, dymnom a oparom je v dohľadnosti a intenzite javu (National Weather Service, n.d.).

5.4. *Zásah bleskom*

Je to nebezpečný jav nakoľko dokáže odstaviť funkciu pohonných jednotiek, oslepiť posádku počas nočných letov, rozhodí avioniku letúna alebo poškodí konštrukciu letúna. Blesky sa vyskytujú v oblačnosti typu kumulonimbus, a preto sa odporúča pilotom vyhýbať sa podobnej oblačnosti minimálne 20 nm od neho (Croatia Control, n.d.).

6. Sledovanie zmien počasia na letiskách Viedeň, Bratislava, Žilina

6.1. *Detailný popis okolia letísk a ich vybavenia*

Článok v ďalšej časti popisuje geografickú polohu letísk, prítomné meracie zariadenia, ich polohu a letecké informácie z ktorých môže pilot čerpať informácie na danom letisku.

6.1.1. Letisko Bratislava

Letisko Bratislava sa nachádza za západe krajiny, južne od pohoria malé Karpaty a neďaleko centra mesta Bratislava a 9 km od Bratislavského hradu. Východne od letiska sa nachádza obec Ivanka pri Dunaji. Nadmorská výška letiska je 436 stôp. ICAO kód letiska je LZIB. Je vybavené 2 dráhami s označením 04 - 22 a 13 - 31, ktoré umožňujú odlet letúnov za každých poveternostných podmienok. Povolená prevádzka je IFR/VFR deň aj noc. Na letisku je polhodinové spravodajstvo a mimoriadne pozorovania, ktoré poskytuje automatický meteorologický systém. Meteorologické hlásiče na letisku Bratislava sú METAR, MET REPORT, SPECIAL, TREND, TAF a VOLMET. Nájdeme tu však aj službu SIGMET a AIRMET. SIGMET a AIRMET sú s platnosťou 4 hodiny. Správa TAF je platná 24 hodín a aktualizovaná každých 6 hodín. Meteorologická služobňa na letisku je 24 hodín denne dostupná. Letisko je vybavené Anemometrami, dvomi pre dráhu 31 v dotykovej zóne a na konci dráhy a tromi pre dráhu 22 v dotykovej zóne, na konci a na juhozápadne od križovatky dráh. Ďalej je vybavené transmisometrami na dráhe 31 v dotykovej zóne, v strede a na konci dráhy. Rozptylomery sa nachádzajú na dráhach 31 na začiatku, strede a na konci dráhy a na dráhe 22 v dotykovej zóne a na konci dráhy. Ceilometre sa nachádzajú v blízkosti stredného návestidla dráhy 31, v blízkosti lokalizéra dráhy 31 a pre dráhu 22 v blízkosti stredného návestidla. Pokiaľ sa na letisku Bratislava nachádza prevádzkovo význačná oblačnosť, hlási sa jeho základňa v leteckých meteorologických správach iba do výšky 4900 stôp. Pokiaľ sa základňa nachádza vyššie tak v správe nie je uvedená. Meteorologické prvky sú merané buď automaticky, manuálne alebo kombináciou oboch (LPS SR, 2024).

Tabuľka 2. Meteorologické dáta na letisku Bratislava a spôsob ich merania.

Automaticky	Manuálne	Kombinácia man./auto.
Vietor	Stav počasia	dohľadnosť
Dráhová dohľadnosť		Výška oblačnosti
teplota		
vlhkosť		
tlak		

Dráha 31 má systém presného priblíženia ILS vybavené kategóriou IIIA, ktorá umožňuje pristátia na dráhe aj za podmienok veľmi zlej viditeľnosti (LPS SR, 2024).

6.1.2. Letisko Žilina

Letisko Žilina sa nachádza na severe krajiny pri obci Dolný Hričov. Nadmorská výška letiska je 1020 stôp. ICAO kód letiska je LZLJ. Nachádza sa na západ približne 10 km od mesta Žilina v doline na Považí. Letisko Žilina poskytuje polhodinové spravodajstvo rovnako ako Bratislava aj mimoriadne pozorovania automatickým meteorologickým systémom. Meteorologické hlásenia sú METAR, MET REPORT, SPECIAL a TAF. TAF je platný pre letisko Žilina 9 hodín a vydávaný je každé 3 hodiny. Disponuje jednou dráhou s označením 06 - 24. Prevádzková doba meteorologickej služobne je 24 hodín. Anemometre sa nachádzajú na dráhe 06 v úrovni dotykovej zóny

a konca dráhy. Rozptylomer sa nachádza na dráhe 06 na úrovni dotykovej zóny a Ceilometer v blízkosti stredného návestidla dráhy 06. Pokiaľ sa na letisku Žilina nachádza prevádzkovo význačná oblačnosť, hlási sa jeho základňa do výšky 6100 stôp v leteckých meteorologických správach. V prípade prekročenia výšky sa už do správy neuvádza. Rovnako ako v Bratislave tak aj v Žiline sú prvky merané rovnako (LPS SR, 2024).

Tabuľka 3. Meteorologické dáta na letisku Žilina a spôsob ich merania.

Automaticky	Manuálne	Kombinácia man./auto.
Vietor	Stav počasia	dohľadnosť
Dráhová dohľadnosť		Výška oblačnosti
teplota		
vlhkosť		
tlak		

6.1.3. Letisko Viedeň

Letisko Viedeň sa nachádza v rovinatej oblasti juhovýchodne približne 18 km od mesta Viedeň, neďaleko mesta Schwechat. Meteorologická služobňa je aktívna 24 hodín denne. ICAO kód letiska je LOWW a nadmorská výška letiska je 600 stôp. Pokiaľ sa na letisku nachádza oblačnosť vyššia ako 5100 stôp nehlási sa v leteckých meteorologických správach. Dáta pre letiskové meteorologické správy METAR, MET REPORT a SPECIAL sú získavané ľudským sledovaním s kontrolou kvality na mieste, automatickým sledovaním bez kontroly kvality alebo diaľkovým automatickým sledovaním s kontrolou kvality cez kamerový systém. Pri ľudskom sledovaní sa vydáva správa TREND na mieste, pri automatickom diaľkovom sledovaní je správa TREND vytvorená manuálne na diaľku a pri automatickom sledovaní správa TREND dostupná nie je. Pri sledovaní oblačnosti cez tieto tri sledovače nie je rozdiel vo výsledkoch pri vetre, teplote vzduchu, teplote rosného bodu, tlaku a dráhovej dohľadnosti. Rozdiel nastáva pri sledovaní dohľadnosti, aktuálnych poveternostných podmienok, oblačnosti a jej pokrytí. Nachádza sa tu však aj informácia TAF s platnosťou 24 hodín a aktualizovaná je každých 6 hodín.

Letisko Viedeň disponuje 2 dráhami 11 - 29 a 34 - 16. Meracie systémy vybavené na dráhe 11-29 sú vybavené rozptylomerom na meranie dráhovej dohľadnosti a meteorologickej dohľadnosti na pozíciách v oblasti dotykovej zóny a stredu dráhy. Je vo vzdialenosti 110 m od stredovej línie dráhy a vo výške 2,5 m od stredovej línie dráhy. Senzor počasia je v oblasti dotykovej zóny a ultrasonické anemometre v oblasti prahu dráhy, 160 m od stredovej línie dráhy. Ceilometer je 900 m pred prahom dráhy. Prístroj na meranie dohľadnosti je namontovaný na ceilometry dráhy 11. Prístroj na meranie dohľadnosti je aj 11,6 km pred prahom dráhy 29. Dráha 34 - 16 je vybavená rozptylomerom na meranie dráhovej dohľadnosti a meteorologickej dohľadnosti. Nachádza sa v oblasti dotykovej zóny a stredu dráhy, 110 m od stredovej línie a vysoký je 2,5 m od stredovej línie dráhy. Senzor počasia sa nachádza v oblasti dotykovej zóny. Ultrasonický anemometer sa nachádza v oblasti prahu dráhy 160 m od stredovej línie dráhy. Ceilometer sa nachádza 900 m pred prahom dráhy. Prístroj na meranie dohľadnosti sa nachádza 7,9 km od prahu dráhy 34. Prístroj na

meranie dohľadnosti je namontovaný aj na anemometri dráhy 16. Dráha 29 je vybavená pristávacím zariadením ILS kategórie III. Dráha 16 je vybavená pristávacím zariadením ILS kategórie III. Obe umožňujú priblíženie za veľmi zlej viditeľnosti (AUSTROCONTROL, 20024).

7. Záver

Cieľom článku bolo oboznámenie užívateľa o základných typoch leteckých meteorologických informácií, pomocou ktorých vieme predikovať následný vývoj oblačnosti a s ním aj spojený vývoj nebezpečných javov pre leteckú dopravu.

Základné informácie o oblaku, jeho vzniku a príčinách vzniku nám výrazne priblížili jeho samotný vývoj a zrod.

História sledovania oblačnosti poskytla informácie akými spôsobmi ľudia sledovali oblačnosť v minulosti, kto stál za zrodom prvého zadefinovania názvov a tvarov oblačnosti až po súčasnú verziu klasifikácie oblačnosti. V neposlednom rade sa článok venoval analýze pokrytia oblohy oblačnosťou, zadefinovaniu jednotlivých nebezpečných javov s intenzitou pôsobenia, ktoré sú úzko späté s oblakmi a miesta, kde je možné nebezpečné javy zažiť s najväčšou pravdepodobnosťou.

Článok v poslednom bode poskytuje informáciu o meteorologických meracích zariadeniach a následnej informácii unikátnej polohy letísk Bratislava, Žilina a Viedeň. Analýzu postupu studeného frontálneho rozhrania sme vykonali z METARu, TAFu a mapy prízemného tlakového poľa. V detailnej analýze správ sme zistili, že najpresnejšiu a najdetailnejšiu predpoveď prechodu oblačnosti v spojení so studeným frontom sme zaividovali na letisku Viedeň. V analýze sme sa dozvedeli, že pri prechode toho istého frontálneho rozhrania bola intenzita javov na letiskách rozdielna. Letiská Bratislava a Viedeň napriek svojej blízkosti videli prechod oblačnosti a nebezpečných javov rozdielne, čo ale súvisí s rozdielnou orografiou sledovaných letísk. V Žiline mal prechod podľa leteckých meteorologických informácií najmenšiu intenzitu. Najviac sa prechod studeného frontu prejavil na letiskách Bratislava a Viedeň, kde bol v hláseniach zaznamenaný vývoj a prítomnosť mohutnej kopovitej oblačnosti.

Referencie

- astronomie.cz. 2005. Atlas oblaků: Historie určování a klasifikace oblaků. [Online]. 2005. Dostupné na: <https://web.archive.org/web/20100820062749/http://www.mraky.astronomie.cz/historie.php>
- atplquestions.com. 2021. Latest Version Of EASA 2021 And ATPL(H) IR Question Bank. [Online]. Dostupné na: <https://www.atplquestions.com/>
- AUSTROCONTROL. 2024. Meteorologické služby letísk v Rakúsku [Online]. Dostupné na: https://aim.lps.sk/eAIP/eAIP_SR/AIP_SR_EFF_21MAR2024_amdt/html/LZ-frameset-sk-SK.htm
- Brutovský, T. 2013. ružicové pozorovania v meteorológii. [Online]. Diplomová práca. Košice: Košice: Technická univerzita v Košiciach. Katedra leteckej technickej prípravy (KLTP), 2013. Dostupné na: <https://opac.crzp.sk/?fn=docview2ChildI32IGT&record>

=23E35B476CDBF92DB024BEA28BDF&seo=CRZP-Prehľadanie-pr%C3%A1c

- CROATIA CONTROL. n.d. Reduced Visibility. [Online]. Dostupné na: <https://www.crocontrol.hr/en/services/aeronautical-meteorology/the-most-dangerous-weather-phenomena-in-aviation/>
- Česká meteorologická společnost. n.d. Elektronický meteorologický slovník: Oblačnost. [Online]. Dostupné na: <https://slovník.cmes.cz/fulltext/obla%C4%8Dnos%C5%A5>
- EDUAVIATION. n.d. Oblačnost, TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH. [Online]. Dostupné na: https://eduaviation.lf.tuke.sk/wp-content/uploads/7_Oblacnost.pdf
- LPS SR. 2024. LETECKÁ INFORMAČNÁ SLUŽBA SLOVENSKEJ REPUBLIKY. Meteorologické služby letísk na Slovensku. [Online]. Dostupné na: https://aim.lps.sk/eAIP/eAIP_SR/AIP_SR_EFF_21MAR2024_amdt/html/LZ-frameset-sk-SK.html
- Matsuoka, D. 2017. Extraction, classification and visualization of 3-dimensional clouds simulated by cloud-resolving atmospheric model. International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing. 08. 10.1142/S1793962317500519.
- NASA EARTH OBSERVATORY. 2002. Weather forecasting through the ages. [Online]. 2002. Dostupné na: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/WxForecasting/wx2.php>
- NATIONAL WEATHER SERVICE^a. n.d. Icing. [Online]. Dostupné na: https://www.weather.gov/source/zhu/ZHU_Training_Page/icing_stuff/icing/icing.htm
- NATIONAL WEATHER SERVICE^b. n.d. Turbulence. [Online]. Dostupné na: https://www.weather.gov/source/zhu/ZHU_Training_Page/turbulence_stuff/turbulence/turbulence.htm
- Perkins, O. 2020. Čtení mraků. IFP Publishing, 2020. ISBN 978-80-97383-85-8.
- SKYBRABY^a. n.d. Cumulonimbus (Cb). [Online]. Dostupné na: <https://skybrary.aero/articles/cumulonimbus-cb>
- SKYBRABY^b. n.d. Lifecycle of the Thunderstorm. [Online]. Dostupné na: <https://skybrary.aero/articles/lifecycle-thunderstorm>
- SKYBRABY^c. n.d. Lightning. [Online]. Dostupné na: <https://skybrary.aero/articles/lightning>
- WMO. n.d.. Definition of a cloud. Dostupná na: <https://cloudatlas.wmo.int/en/definition-of-a-cloud.html>

AEROjournal

www.aero.uniza.sk

International Scientific Journal
Published by University of Žilina, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, The Slovak Republic
The Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications
Air Transport Department
VAT number: 00 397 563

Head of the editorial board: **prof. Ing. Antonín Kazda, PhD.**
Editor in chief: **doc. Ing. Martin Bugaj, PhD.**
Technical editor: **Ing. Matúš Materna, PhD.**

Printed by: EDIS – Vydavateľstvo Žilinskej univerzity v Žiline, Univerzitná 8215/1, Žilina

Circulation: 100 prints
Date of publication: 10.7.2024
Periodicity: 2 issues per year



<https://doi.org/10.26552/aer.J.2024.1>

ISSN: 1338-8215

EV 6082/22