

MOŽNOSTI ZNIŽOVANIA ŠKODLIVÝCH EMISIÍ V LETECKEJ DOPRAVE

POSSIBILITIES OF REDUCTION HARMFUL EMISSIONS IN AVIATION

Alec Szarowski

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

Jozef Čerňan

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

Abstract – *This paper discusses the impact of air traffic on environment. The combustion of fuels causes creation of huge amount of harmful substances that are released to the upper atmosphere, where they influence the atmospheric reactions. Apart from fuels combustion, the conditions necessary for realization of air traffic, or the situations resulting from it, such as aircraft maintenance, noise, emergencies, etc., have negative impact on not only environment, but also health and comfort of people as well as flora and fauna, exposed to these conditions. Besides air traffic impacts on environment mentioned here above, this paper also describes the possibilities of their reduction and companies dealing with them.*

Key words: aircraft engines, aviation emissions, condensation trails, aviation fuels, aviation noise, groundwater and soil pollution, impacts of air transport, air pollution, in - flight fuel discharges.

I. ÚVOD

História letectva siaha už do roku 1783, kedy bratia Montgolfierovci použili k svojmu letu teplovzdušný balón. Už vtedy, v 18. storočí, sa zaoberali otázkou nutnosti pohonu k vytvoreniu potrebnej ťahovej sily. Inšpiráciu brali z pozorovania lietania vtákov, kedy napodobňovali mávanie krídel. Koncom 19. storočia došlo k vývoju piestových spaľovacích motorov spoločne s využitím vrtule. Prvenstvo motorového letu patrí do rúk bratom Wrightovcom, ktorý sa uskutočnil v roku 1903 v USA. Postupne rástol výkon a spoľahlivosť týchto spaľovacích motorov. Vznikali rôzne prototypy piestových spaľovacích motorov, ako napr. motory chladené vzduchom alebo vodou. Požiadavky na piestové motory však stále rástli. Nová éra prúdových motorov, ktorá začala v období 2. svetovej vojny, obmedzila použitie piestových motorov na ľahké lietadlá, ktoré vyžadovali menší výkon. Prúdový motor je vo vývoji až do dnes. S ohľadom na životné prostredie, ktoré sa stalo významnou témou v 70. rokoch minulého storočia, sa však vývoj nových prototypov motorov a palív ešte nezastavil. Na turbínový motor sa v dnešnej

dobe kladie rovnako veľký dôraz, teda na jeho vlastnosti ako je vysoká životnosť, spoľahlivosť a nízke prevádzkové náklady.

Táto bakalárska práca, ako už z názvu práce vyplýva, sa bude zaoberať leteckou dopravou v dnešnej dobe a jej vplyvu na životné prostredie. Keďže sa nás v globálnom meradle dotkli následky spôsobené zanedbaním ekologickej stránky dopravy, priemyslu a ďalších pôsobiacich aspektov, je kladený veľký dôraz ako na dnešnú, tak i budúcu ekológiu životného prostredia.

II. LETECKÉ PALIVÁ

V súčasnej dobe sú najpoužívanejšími palivami na svete letecký petrolej (Avtur) a letecký benzín (Avgas), ale pre komerčné účely sa z dôvodu kvality viac používa Avtur.

KVALITA PALÍV

Letecké palivá podliehajú veľmi prísny kontrolám kvality, ktoré sú posudzované svetovými organizáciami na kontrolu kvality palív (ICAO, DERA, ASTM). Schválenému palivu je vystavený certifikát, kde sú popísané všetky vykonané skúšky a výsledky testov. Hlavné posudzované kritéria sú zloženie (použitý materiál) a vlastností (energetický obsah, kvalita spaľovania, stabilita, čistota, mazná účinnosť, tekutosť a nekoroziívne účinky vo vzťahu k ostatným súčastiam motora). Zmyslom prísnych kontrol je zabrániť leteckým nehodám spôsobených nekvalitným palivom [1,2].

Tabuľka 24: Porovnanie nárokov organizácií na kvalitu leteckých palív.

| Vlastnosti | Rozpätie hodnôt | | |
|---|-----------------|-----------|-----------------|
| | ICAO | ASTM | DEF STAN (DERA) |
| Hustota (kg/m ³) pri 15°C | 780-820 | 755 - 840 | 755 - 840 |
| Bod varu (°C) | 235-285 | 300 | 300 |
| Čisté spálené teplo (MJ/kg) | 42,86 - 43,50 | 42,8 | 42,8 |
| Aromatické uhľovodíky (objemové %) | 15- 23 | 25 | 22 |
| Naftalény (objemové %) | 1,0 – 3,5 | < 0,3 | < 0,3 |
| Vodík (hmotnostní %) | 13,4 – 14,1 | - | - |
| Síra (hmotnostní %) | < 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Viskozita p _{5i} - 20°C (mm ² s ⁻¹) | 2,5 – 6,5 | 8 | 8 |

III. ŠKODLIVÉ EMISIE

Ľudia sa presúvali už od pradávna. Od chôdze pešo, cez jazdu autom sme sa dnešným moderným a technologicky rozvinutým svetom dostali až k presunu lietadlom. V súčasnej dobe sa stále viac a viac ľudí stáva mobilnými. S tým prichádza masívny rozvoj dopravy, čo ide ruka v ruke s nepriaznivými vplyvmi na životné prostredie, či už sa jedná o využívanie pohonných hmôt alebo výroby elektrickej energie. Vždy dochádza k vypúšťaniu látok, či už ide o emisie výfukových plynov alebo priemyselné emisie, ktoré životné prostredie ovplyvňujú. Výroba a užívanie technických prvkov, neuvážená ľudská činnosť vedie k zmene globálneho klimatického systému.

Hlavnými zdrojmi poškodzovania životného prostredia sú:

- Fosílna palivá - najvyužívanejšími druhmi paliva sú zemný plyn, ropa a uhlie. Tento druh paliva patrí medzi neobnoviteľné zdroje energie. Ich užívanie vedie k negatívnym následkom na životnom prostredí. V dnešnej dobe vedie snaha nahradiť toto palivo alternatívnymi druhmi palív. V doprave vedie snaha k znižovaniu olovnatých prísad do benzínu. V energetike je snaha stavať veterné a slnečné elektrárne.
- Letecká a lodná doprava – Tieto v posledných rokoch najrozšírenejšie dopravy majú vysoký podiel na poškodení životného prostredia z dôvodu enormného

vypúšťania škodlivých emisií do ovzdušia. Jeden z hlavných dôvodov alarmujúceho úbytku hmyzu a planktónu na našej planéte.

- Priemyselná výroba - Každá výroba produkuje odpady rôznych vlastností. K priemyselnej výrobe je potrebné veľké množstvo elektrickej energie a rôznych druhov palív. Priemyselná výroba ako svoj vedľajší produkt produkuje rôzne druhy odpadových materiálov, ako sú napr. Obaly, zvyšky surovín a vedľajšie technologické produkty.
- Intenzívne poľnohospodárstvo - V dnešnej dobe sa kladie dôraz na urýchľovanie snád' v každej oblasti, výnimkou nie je ani poľnohospodárstvo. Snaha urýchliť rast plodín vedie k užívaniu chemikálií, čo vedie k neblahým následkom na ľudský organizmus, úbytkom pitnej vody a vymieranie živočíchov a rastlín. [4]

Následky poškodzovania životného prostredia sú

- Narušovanie ozónovej vrstvy
- Znečistenie riek a morí

Dopravné prostriedky pri akejkolvek fáze pohybu či brzdení pôsobia negatívnymi vplyvmi na životné prostredie. Zaťaženie životného prostredia dopravou sa charakterizuje predovšetkým tým, že dochádza:

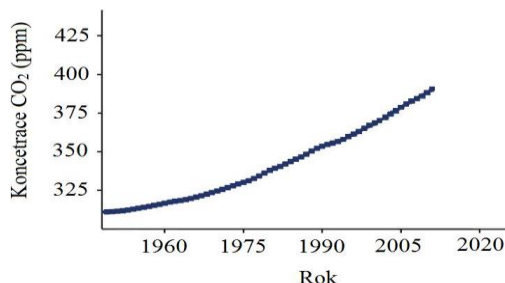
- K spotrebe surovín a energie
- K emisiám plynov, hluku a vibráciám
- K hromadeniu tuhých a kvapalných odpadov
- K znečisteniu vôd a pôdy
- K plošným nárokom

V dnešnej dobe sú letové hladiny komerčných lietadiel Medzi 8 a 13 km nad hladinou mora. V týchto výškach sa rozprestiera horná troposféra a spodná stratosféra. Troposféra je charakteristická tým, že obsahuje väčšinu hmotnosti atmosféry a odohrávajú sa tu rozhodujúce a najdôležitejšie meteorologické a atmosférické javy ako tvorba oblakov, dážď, atď. Naopak stratosféra má oveľa menšiu hustotu a neobsahuje skoro žiadnu vlhkosť [5].

Tvorba skleníkových plynov z dopravného sektora od roku 1970 vzrástla o 250% z pôvodných 2,8 Gt/rok na 7 Gt/rok. Najväčší podiel si stále drží cestná doprava s viac ako 5 Gt/rok (2010) a nárastom 303% od roku 1970. Na druhé miesto sa radí letecká doprava sa 743 Mt/rok (2010) a nárastom 229%. Avšak od roku 1970 sa podiel leteckej dopravy na ročnom prírastku emisií znížil z 11,26% na 10,62%. V porovnaní s cestnou dopravou je podiel leteckej dopravy skoro 7x menší, ale musí sa prihliadať na fakt, že lietadlá vypúšťajú emisie vo výškach (8-13km), kde majú tieto látky oveľa väčší dopad na prostredie než emisie vypúšťané na zemi. [3]

CO₂ - Oxid uhličitý - Najviac zastúpená zlúčenina pri spaľovaní leteckého paliva, ktorá negatívne pôsobí na ovzdušie, je oxid uhličitý. Doba rozpadu toho plynu v atmosfére je cca 100 rokov. Je považovaný za hlavnú príčinu globálneho otepľovania.

Štúdiá IPCC tvrdí, že za posledných 200 rokov sa koncentrácia CO₂ zvýšila skoro o tretinu, to spôsobuje otepľovanie troposféry a ochladzovanie stratosféry [6]. Hladina CO₂ v atmosfére v posledných rokoch prekračuje 400 ppm (0,04%), čo je najvyššia hodnota za posledných 800 000 rokov. Letecká doprava tvorí 2% toho prírastku, ale dopad na otepľovanie tvoria asi 6% v dôsledku vypúšťania emisií vo veľkých výškach. [3]



Obrázok 68: Rast obsahu CO₂ v atmosfére

IV. DOPAD ZNEČIŠŤUJÚCICH LÁTOK NA ČLOVEKA

Oxid siričitý pôsobí negatívne ako na životné prostredie a všetky organizmy tak aj na zdravie človeka. Oxid siričitý pôsobí negatívne predovšetkým na dýchacie cesty. Pri bežnej koncentrácii približne 0,1 mg.m³ oxid siričitý spôsobuje podráždenie očí a horných dýchacích ciest. Koncentrácia okolo 0,25 mg.m³ spôsobuje zvýšené respiračné choroby u citlivých dospelých i detí. Pri zvýšenej koncentrácii 0,5 mg.m³ oxid siričitý vedie k vzostupu úmrtnosti u starých a chronicky chorých ľudí.

Jednou z ohrozených skupín sú astmatici. V prípade kontaktu s vyššou koncentraciou oxidu siričitého môže dôjsť u postihnutého človeka k prejavom:

- poškodenie očí.
- poškodenie dýchacích orgánov (kašeľ, sťaženie dýchania).
- pri veľmi vysokých koncentraciách dochádza k tvorbe tekutiny v pľúcach (edém).

Opakovaná expozícia spôsobuje nevoľnosť, bolesti hlavy, závraty alebo stratu čuchu. Oxidy dusíka môžu vo vyššej koncentrácii negatívne pôsobiť na ľudské zdravie, ktoré sa však v ovzduší bežne nevyskytujú. Pri vyššej koncentrácii však môžu pôsobiť podráždenie dýchacích ciest či inak ohroziť zdravie človeka. Oxidy dusíka sa v tele viažu na červené krvinky a zhoršujú tak prenos kyslíka v tele. Oxid uhličitý svojou nízkou koncentraciou v atmosfére nepredstavuje priame riziko pre zdravie človeka. Oxid uhličitý však môže spôsobiť závrat, bolesť hlavy, zmätenosť alebo zvonenie v ušiach. Oxid uhoľnatý môže viesť k ťažkostiam kardiovaskulárneho systému. Ďalej môže viesť k zníženiu pracovnej výkonnosti človeka. Pri vysokej koncentrácii, ktorá sa však bežne v ovzduší nevyskytuje, je oxid uhoľnatý jedovatý.

V. MOŽNOSTI ZNIŽOVANIA EMISIÍ V SÚČASNÝCH LETECKÝCH MOTOROCH

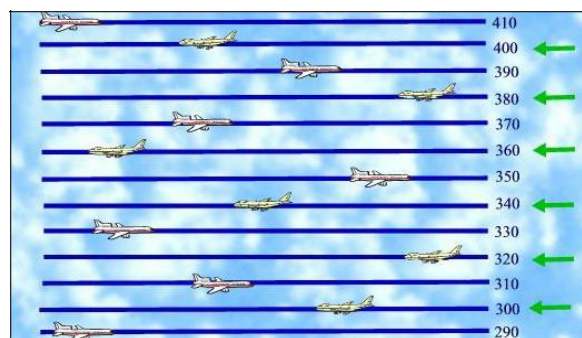
V európskom vzdušnom priestore sa uskutoční približne 28 000 letov za deň. Tento počet letov veľmi pravdepodobne narastie z dôvodov vyššieho dopytu po leteckej doprave. Je preto potrebné eliminovať existujúce emisie a zároveň skúmať nové spôsoby znižovania. V rámci zníženia emisií môžeme pozorovať určité pokroky, ktoré si uvedieme nižšie. Tie už priniesli určité zlepšenie.

ORGANIZÁCIA LETOVEJ PREVÁDZKY

Jednou z možností znižovania emisií je organizácia letovej prevádzky.

Flight Cost Management sa zaoberá optimalizáciou letov, a to tak že znižujú náklady na každý let. Pod jeho záštitou je zriadená koncepcia Fuel Efficiency (efektívne využitie pohonných hmôt), zaoberajúca sa znížením spotreby paliva, ktorá slúži ako metóda znižovania množstva emisií.

RVSM (Reduce Vertical Separation Minimum) V dôsledku vývoja letového prístrojového vybavenia bol optimalizovaný vzdušný priestor zavedením šiestich letových hladín. V dôsledku toho sa zväčšila kapacita vzdušného priestoru o 15%, došlo k zníženiu množstva použitého paliva až o približne 310 000 t ročne, zníženie emisií CO₂ až o 97 500 t ročne, emisií oxidu sýry o približne 260 t ročne a emisií NO_x približne o 3 500 t ročne.



Obrázok 69: Letové hladiny RVSM

VI. MOŽNOSTI ZNIŽOVANIA EMISIÍ V BUDÚCOM VÝVOJI LETECKÝCH MOTOROV

K zvýšeniu efektívnosti by bolo potrebné vylepšiť existujúce motory, nakúpiť nové moderné lietadlá, optimalizovať plánovanie letových trás či využiť alternatívne palivá

Použitie nových materiálov

Použitie nových typov materiálov by malo viesť nielen k lepšej efektívnosti ale aj k väčšej životnosti, nižšej váhe, pevnosti, odolnosti proti poškodeniu pri vysokých a zároveň nízkych teplotách, väčšej odolnosti, nižšej ekologickej zaťažiteľnosti a ďalším.

Vodíkové pohonné jednotky

Už niekoľkokrát v minulosti bola snaha vyvinúť dokonalejšiu pohonnú jednotku, a to na vodíkový pohon. Hlavný dôvod tejto snahy je zníženie emisií. Spoločnosť Boeing ide

příkladem a už v minulých letech vynášala testovací prototypy těchto pohonných jednotek.

VII. ZÁVER

Touto prácou som sa snažil načrtnúť problematiku leteckej dopravy a jej emisné pôsobenie na životné prostredie. Emisie hluku leteckej dopravy neblaho ovplyvňujú prevažne okolia letísk. Plynné emisie majú bohužiaľ negatívny vplyv v globálnom meradle. Je teda otázkou vyvinúť alternatívny typ motora, ktorý by dokázal znížiť ako emisie hluku, pôsobiace na ľudí, žijúcich v okolí letísk, tak aj plynné emisie, ktoré bohužiaľ ovplyvňujú zdravie nás všetkých. Je otázkou, či je však možné vyvinúť alternatívny typ motora či paliva, ktorý by bol rovnako efektívny, ako doterajšie letecké motory a uhl'ovodíkové palivá, zároveň však šetrnejší k životnému prostrediu a zároveň ekonomicky výhodnejší. Niektoré testovacie pokusy alternatívnych motorov končia práve z dôvodov finančnej náročnosti. Je teda otázkou budúcnosti, s čím ďalším vedci prídu a či vôbec.

REFERENCIE

- [1] ENNER, Joyce E., Special Report on Aviation and Global Atmosphere. [online]. Intergovernmental Panel on Climate Change, 1999. zadavateľ ICAO, Anglický. Dostupný z: <http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/001.htm>
- [2] HEMIGHAUS, Greg, a spol. Aviation Fuels Technical Review. [online]. 2004 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: https://www.cgabusinessdesk.com/document/aviation_tech_review.pdf
- [3] STOCKER, T.F., D. QIN, G.K. PLATTNER, M. TIGNOR, S.K. ALLEN, J. BOSCHUNG, A. NAUELS, Y. XIA, V. BEX and P.M. MIDGLEY. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [online]. 2013, 1535 [cit. 2014-5-10]. Dostupné z: http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Frontmatter_FINAL.pdf
- [4] Volner, R. a kolektív, Flight Planing Management, CERM s.r.o. Brno, 2007, ISBN 978 – 80 – 7204 – 496 – 2
- [5] GROSSMANN, Lukáš. Vliv letecké dopravy na životní prostředí. Brno, 2007. 91 s. Vysoké učení technické v Brne, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí diplomové práce Ing. Michal Schwarz.
- [6] ENNER, Joyce E., Special Report on Aviation and Global Atmosphere. [online]. Intergovernmental Panel on Climate Change, 1999. zadavateľ ICAO, Anglický. Dostupný z: <http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/001.htm>
- [7] Bugaj, Martin: Aeromechanika 1: základy aerodynamiky / Martin Bugaj. - 1. vyd. - Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.
- [8] Bugaj, Novák, Rostáš: Optimization of aircraft maintenance system / Martin Bugaj, Andrej Novák, Ján Rostáš. In: XV. Európai közlekedési kongresszus és a X. nemzetközi utógvi konferencia = XV. European transport congress and X. international road congress. - Győr: Közlekedéstudományi Egyesület, 2017. - ISBN 978-615-5298-99-8. - S. 300-308.
- [9] Wild, W - Kroes, M.: Aircraft powerplants. 8th edition, McGraw Hill
- [10] Bugaj, M. 2011. Systémy údržby lietadiel. vyd. - V Žiline : Žilinská univerzita, 2011. - 142 s., ilustr. - ISBN 978-80-554-0301-4.
- [11] Bugaj, M., Urminsky, T., Jurák, P. & Pecho, P. 2018. Transport Means - Proceedings of the International Conference 2018-October, pages 1174-1178.
- [12] Janovec, M., Smetana, M., & Bugaj, M. 2019. Eddy Current Array Inspection of Zlin 142 Fuselage Riveted Joints. Transportation Research Procedia 40, pages 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.042>
- [13] Matas, M. & Novák, A. 2008. Models of processes as components of air passenger flow model. Komunikácie 10(2), pages 50-54

Alec Szarowski – narodený dňa 02.10.1997 v Banskej Bystrici absolvoval v roku 2017 Súkromné športové gymnázium v Podbrezovej, následne od roku 2017 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava.