

VPLYV PODSVIETENIA PALUBNÝCH PRÍSTROJOV NA PILOTOV

THE IMPACT OF BACK LIT AIRCRAFT INSTRUMENT ON PILOTS

Iveta Škvareková

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
iveta.skvarekova@fpedas.uniza.sk

Andrea Brezoňáková

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
andrea.brezonakova@fpedas.uniza.sk

Branislav Kandra

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26, Žilina
branislav.kandra@fpedas.uniza.sk

Abstrakt

The Flight deck of a modern transport category aircraft is a highly refined, ergonomically; rigorously organised workplace. In such a small area, an extraordinary amount of information is required for the pilot to work, control and monitor the aircraft systems. With technological advances, however, the aircraft has become more and more complex and in some cases over automated. The amount of available information has increased and the limiting factor became how to efficiently display this information. Larger flight instrument displays have replaced conventional, analogue, instruments and can be combined with touch screen efficiency tools. Their ever-increasing size brings with them issues relating to light emissions and eye absorption. This research paper complements the current study and measurement of stress, fatigue and human factors with respect to increasing artificial light intensity experienced by Pilots on the Flight Deck. The authors present the results of several measurements taken using a flight simulator. For the purpose of our research, we decided to use eye monitoring technology to record eye movements to determine the pilot's performance. Eye monitoring provides data on the number of eye movements, fixations and the durations of these. The research results provide Air Operators, Airlines and aeronautical designers with valuable data on human behaviour and the reactions to Flight Deck environmental changes.

Kľúčové slová

Glass cockpit, Back lit, Pilots Performance, Eye Tracker, Aircraft Instruments

1. Úvod

Mentálna záťaž pilota je hlavným aspektom pri navrhovaní a prevádzke moderných leteckých systémov. V minulosti pilot získaval potrebné letové informácie na základe pozorovania vonkajšieho sveta. S postupným technologickým rozvojom sa však lietadlo stávalo čoraz zložitejšie, počet potrebných informácií narastal a limitujúcim faktorom sa stalo rozloženie kokpitu. „Dosiahol sa vývojový bod, v ktorom nie je možné zvýšiť počet ukazovateľov, čísel a signalizácií alebo zlepšiť ich rozloženie“ (Coombs, L.F.E., 1990).

Prelom vo vzhľade kokpitu sa objavil v 60. rokoch minulého storočia, kedy sa obrazovky s katódovými rúrkami (CRT-Cathode Ray Tubes) stali praktickými pre použitie v kokpite (Coombs, 1990). Vzhľadom k tomu, že vzhľad displeja už nie je obmedzený fyzickými obmedzeniami pri premiestňovaní elektromechanického indikátora, CRT umožnili inovatívne zobrazovacie formáty- niekoľko displejov na rovnakej CRT obrazovke v rôznych časoch (prepínanie módov). CRT obrazovky boli skvelým riešením problému, ktorý predstavoval limitujúci priestor v kokpite. Po technológii CRT nasledovali displeje s tekutými kryštálmi (LCD- Liquid- Crystal Display), ktoré taktiež umožnili flexibilné multifunkčné formáty a vyriešili hlavné nedostatky CRT displejov (Wimalasundera S., 2006).

Zavedenie LCD displejov umožnilo flexibilné viacformátové displeje a splnilo úroveň pozorovacieho uhla a jasú pre použitie v kokpite. Táto požiadavka bola vytvorená z dôvodu neustáleho zvyšovania informácií, ktoré má spracovať pilot počas letu.

Používanie integrovaných LCD displejov sa v komerčnej a vojenskej leteckej doprave rýchlo rozšírilo, a to najmä z dôvodu ich vysokého rozlíšenia, nižšej energie a požiadaviek na chladenie, s dostatočným jasom aj v letovej palube zaliatej slnkom. Prudké zníženie počtu prístrojov pred pilotom významne zlepšuje pohodlie pilota vyplývajúce z pocitu väčšej istoty priestorového a pozíčního vedomia. V súčasnosti má najmodernejšie komerčné lietadlo LCD „sklenené kokpity“ s displejmi, ktoré uprednostňujú informácie a zjednodušujú pracovné zaťaženie pilotov (Livada B., 2012).

Okrem toho sa do pilotnej kabíny najmodernejších dopravných lietadiel inštalujú displeje typu Head-Up-Displays (HUD). Výhoda je vidieť v obmedzení pohybov očí medzi displejmi pilotného priestoru a vizuálnou letovou cestou, najmä pri postupoch LVP/LVO pri slabšej viditeľnosti (Livada B., 2012).

Automatizácia a zobrazovanie prístrojového vybavenia rieši niektoré významné problémy, ale prináša aj nové problémy, ktoré môžu ovplyvniť výkon pilota a tým ovplyvniť bezpečnosť letu.

2. Vizuálna pozornosť za slabého a jasného osvetlenia

Za podmienok slabého osvetlenia sa letecké mapy a palubné prístroje môžu stať ťažko čitateľné pokiaľ nie je k dispozícii dostatočné osvetlenie. V tme sa videnie stáva citlivejšie na svetlo. Tento proces sa nazýva adaptácia na tmu (dark adaptation) (Vohnsen B. a kol. 2005). Napriek tomu, že k úplnej adaptácii dochádza po 30 minútach, môže pilot dosiahnuť mierny stupeň adaptácie už po 20 minútach pri osvetlení

pilotnej kabíny slabým červeným svetlom. Červené svetlo deformuje farby (filtruje červené spektrum), najmä na leteckých mapách, a preto je pre oči veľmi náročné sústrediť sa na objekty vo vnútri lietadla. Piloti by ho mali používať len vtedy, keď je potrebná optimálna schopnosť vonkajšieho nočného videnia. Biele osvetlenie kabíny (slabé osvetlenie) by malo byť dostupné, ak je potrebné pre zobrazenie mapy a prístrojov, najmä v podmienkach IMC (FAA, 2012).

Keďže v priebehu niekoľkých sekúnd pozorovania jasného svetla dochádza k strate akéhokoľvek stupňa adaptácie, piloti by mali zatvoriť jedno oko pri používaní svetla na zachovanie určitého stupňa nočného videnia. Počas nočných letov v blízkosti bleskov by sa mali rozsvietiť svetelné indikátory, aby sa zabránilo oslneniu pilotov v dôsledku jasných zábleskov (Turiak M. a kol. 2014). Adaptácia býva tiež zhoršená prekročením tlakových nadmorských výšok nad 5 000 stôp, fajčením, nedostatkom vitamínu A v strave a dlhodobému vystaveniu jasnému slnečnému žiareniu (Frische F., 2011).

3. Metodika merania

Meranie mentálnej záťaže pilota je subjektívne a ťažko merateľné v reálnom čase. Predchádzajúce výskumy ukázali, že existuje úzke prepojenie medzi mentálnou záťažou pilota a jeho očnými pohybmi (Causse M. a kol, 2011). Predpokladáme, že rôzna intenzita podsvietenia ovplyvní veľkosť očnej zrenice. Neustále prispôbovanie očí pilotov má za následok zvýšenie vizuálnej únavy, najmä v súvislosti s dlhšou expozíciou umelo osvetlenému prostrediu.

3.1. Letový simulátor a scenár testovania

Naše merania sa uskutočnili na letovom simulátore L-410 UCP-E20, ktorý sa nachádza na letisku Žilina, Dolný Hričov. Letecký simulátor L-410 je vybavený dvoma turbovrtuľovými motormi s možnosťou zavedenia spätnej väzby. Simulátor disponuje moderným „glass kokpitom“ a je schopný simulovať štandardné poruchy daného typu letúna. Simulátor spĺňa požiadavky kladene na simulátor kvalifikácie „FTD Level 2“ a zároveň FNPT II MCC v zmysle štandardov CS-FSTD (A) a platných predpisov a noriem platných v SR.



Obrázok 1 Letový simulátor L-410 UVP-E20. Zdroj: Autori.

Simulátor obsahuje prístroje a avioniku pre dennú aj nočnú prevádzku. Pre potreby nášho výskumu sme sa rozhodli zaletieť nie-presné prístrojové priblíženie NDB (Non Directional Beacon) pre vzletovú a pristávaciu dráhu 06 na letisku Žilina,

Dolný Hričov. Simulátor bol počas merania nastavený na nočný režim.

3.2. Meracie zariadenia

Poznáme rôzne možnosti sledovania očných pohybov. V našom prípade sme využili technológiu SMI Eye Tracking Glasses 2 Wireless, ktorá je z hľadiska bezpečnosti a relevantnosti výsledkov vyhovujúca, pretože je u nej najnižšie riziko rozptýlenia pozornosti pilota počas letu. Testovaný pilot si nasadí okuliare, ktoré majú minimálny vplyv na jeho výkon a neobmedzujú ho v žiadnej činnosti.

Okuliare na sledovanie očných pohybov SMI 2 Wireless (SMI ETG 2w) sú navrhnuté na zaznamenávanie prirodzeného ľudského pohľadu v reálnom čase. Okuliare sa dodávajú s malým rekordérom, v podobe telefónu Samsung Galaxy Note 4, na ktorý sú zaznamenávané údaje sledovaných používateľov. Zariadenie sleduje očné pohyby na binokulárnom princípe s automatickou kompenzáciou paralaxy.

Softvér Behavioral and Gaze Analysis (SMI BeGaze) zjednodušuje analýzu monokulárnych a binokulárnych údajov. Umožňuje analyzovať informácie získané pomocou zariadenia ETG v podobe grafov prípadne videí. Písmená na obrázku nižšie označujú umiestnenie troch kamier: (a) – kamera zaznamenávajúca prostredie, (b) – kamery zaznamenávajúce očné pohyby.



Obrázok 2 SMI ETG 2w. Zdroj: (Holmqvist, et al., 2011).

3.3. Participanti

Naše merania zahŕňali dvoch profesionálnych pilotov s rôznymi letovými skúsenosťami. Pilot 1 má nalietaných 7 000 hodín na rôznych typoch B737, zatiaľ čo pilot 2 má nalietaných 1 500 hodín ako letový inžinier, 1 000 hodín na lietadle HS-125 a tisíce hodín ako letový inštruktor na letových simulátoroch B747 a B787. Obaja piloti prehlásili, že noc pred meraním spali asi šesť hodín. Piloti vykonali dva nie-presné NDB priblíženia, kde I-Pad mini bol spočiatku nastavený na najnižšiu intenzitu osvetlenia kokpitu, v prípade druhého priblíženia bol I-Pad mini spolu s prístrojovým vybavením kokpitu nastavený na maximálnu intenzitu osvetlenia.

Pred začiatkom merania piloti absolvovali 30 minútový zoznamovací let. Účelom tohto letu bolo oboznámiť účastníkov s konkrétnymi ovládacími prvkami simulátora, a taktiež dostatočný čas adaptácie oka na podmienky v kokpite simulátora.

4. Výsledky merania

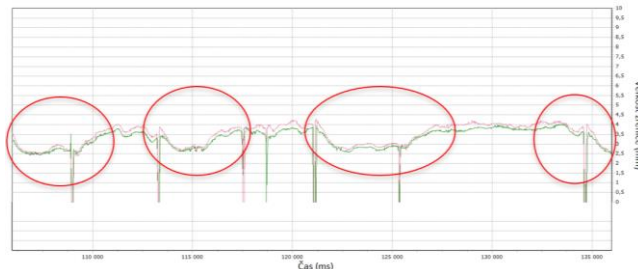
Surové dáta zo zariadenia eye track sme spracovali pomocou softvéru BeGaze. Pred samotnou analýzou sme si museli vyselektovať časové intervaly, ktoré sme následne spracovali do finálnej podoby. Rozhodli sme sa jednotlivé údaje

rozdeliť podľa intenzity nastavenia jasu, doby letu a skenovania kokpitu. Výsledkom je zobrazenie pomocou grafov, na ktorých je možné vidieť veľkosť priemeru zrenice na ľavom a pravom oku v určitom časovom horizonte. Nulové hodnoty v grafe predstavujú chyby, ktoré vznikli počas merania (kamera nedokázala sledovať očné pohyby pilota a pod.) a žmurknutia.

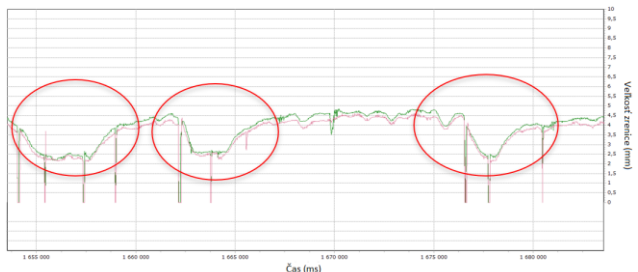
4.1. Najvyššia intenzita jasu

Analyzovaním údajov zo zariadenia sme si vytvorili graf, ktorý zobrazuje veľkosť pomeru zrenice pravého a ľavého oka, počas merania s najvyššou intenzitou podsvietenia I-Pad. Jednalo sa o počiatočnú fázu priblíženia, kedy pilot prechádzal pohľadom z prístrojov na I-Pad. Z grafov je viditeľné, kedy došlo k zúženiu priemeru zrenice pri prechode na I-Pad. Nasledujúce grafy zobrazujú sledované veličiny:

- pri pilotovi 1 došlo k prechodu pohľadu z prístrojov na I-Pad štyrikrát (Graf 1),
- pri pilotovi 2 došlo k prechodu pohľadu z prístrojov na I-Pad trikrát (Graf 2).



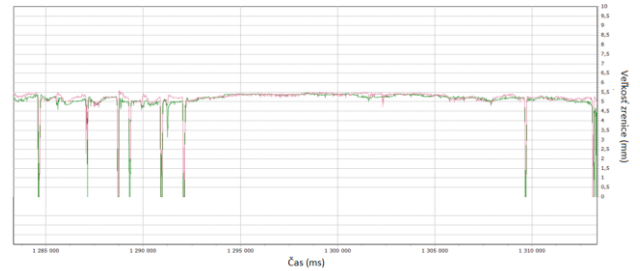
Graf 1 Pilot 1 prechod pohľadu medzi I-Pad mini a prístrojovou doskou pri najvyššej intenzite podsvietenia. Zdroj: Autori.



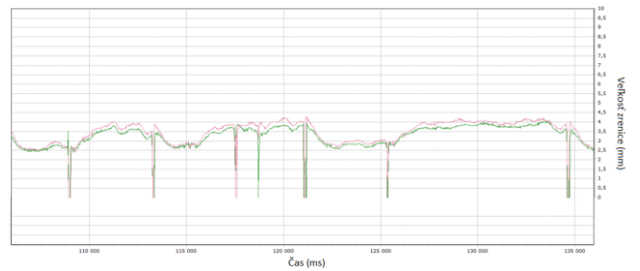
Graf 2 Pilot 2 prechod pohľadu medzi I-Pad mini a prístrojovou doskou pri najvyššej intenzite podsvietenia. Zdroj: Autori.

4.2. Porovnanie veľkosti priemeru zrenice pri najnižšej a najvyššej intenzite nastavenia

Pri porovnaní grafov u participanta 1 v počiatočnej fáze priblíženia pri skenovaní I-Pad mini a prístrojov pri najnižšej a najvyššej intenzite nastavenia jasu je na Grafe 3 vidieť minimálne odchýlky priemeru zrenice. Sú viditeľné minimálne odchýlky v počiatočnej fáze nasledované nepretržitým sledovaním prístrojov, kde nie je zaznamenaná žiadna zmena veľkosti zrenice. Je vidieť preukázateľný rozdiel vplyvu nastavenia osvetlenia pri porovnaní prechodu z I-Pad mini na prístroje pri rôznych stupňoch nastavenia jasu.



Graf 3 Pilot 1 najnižšia intenzita podsvietenia počas skenovania I-Pad mini a prístrojovej dosky. Zdroj: Autori.



Graf 4 Pilot 1 najvyššia intenzita podsvietenia počas skenovania I-Pad mini a prístrojovej dosky. Zdroj: Autori.

5. Záver

Zo všetkých zmyslov je videnie najdôležitejšie pri poskytovaní informácií na udržanie bezpečného letu. Hoci je ľudské oko optimalizované pre denné videnie, je schopné vidieť aj v prostredí s veľmi slabým osvetlením. (Brezonakova A. a kol. 2019)

Správna optimalizácia výstupov prístrojovej dosky ako je intenzita podsvietenia, audiovneov a komfort pilotáže ako komplex, vplyva na pracovnú výkonnosť a prípadný stres posádky. Stresové prostredie môže mať negatívny dopad na rozhodovací proces. Nesprávna interpretácia informácií z leteckých prístrojov spôsobená zlým nastavením osvetlenia, môže byť zdrojom mnohých pochybení (Novák A., Mrázová M., 2015).

Článok experimentálne overil vplyv nastavenia intenzity podsvietenia prístrojovej dosky a doplnujúcich zariadení (Ipad, GPS) počas letu a jeho priamou úmerou medzi sledovanými parametrami oka. Výsledkami meraní sú grafy zobrazujúce adaptáciu zrenice oka pilota, ktorá sa s prechodom medzi rôznou intenzitou svetla prispôbuje na aktuálne svetelné podmienky. Analýzou sledovaných parametrov oka ako sú (sakády, žmurkanie, fixácie a dwell time) počas rôznych svetelných podmienok autori dospeli k záveru, že existuje priamy vplyv na veľkosť intenzity podsvietenia prístrojovej dosky najmä počas dlhých nočných letov. Záverom a výsledkom článku je potvrdenie počiatočnej hypotézy a teda zahrnutie vplyvu neefektívnej intenzity podsvietenia prístrojov a následne spôsobenie zvýšenej únavy pilotov v dôsledku namáhania zrakového orgánu (Caldwell J.A., 2005).

Záverom a ďalším odporúčaním pre budúce výskumy je optimalizácia nie len zrakových vnemov, ale celého komplexu podnetov pôsobiacich na pilota počas rôznych fáz letu pre zvýšenie komfortu pilotáže a elimináciu stresových činiteľov. Vďaka predošlým výskumom bolo preukázané, že existuje úzke prepojenie medzi mentálnym zaťažením pilota a očnými

pohybmi. Očné pohyby poskytujú informácie o pracovnej záťaži a situačnom povedomí pilota. Podľa týchto štúdií ak pilot nemá prispôbené optimálne podmienky alebo sa počas letu stretáva s určitými ťažkosťami, výkon sa zhoršuje a činnosť pohybov očí sa mení. Vo väčšine prípadov sa menia parametre fixácie, najmä dĺžka a frekvencie fixácií. Dĺžka fixácie je prvým parametrom, ktorý sa mení pôsobením stresu na pilota (Causse M. a kol., 2011). Prístup využitia technológie eye track je vhodný, keď autor posudzuje len stratégiu rozloženia pozornosti počas letu, avšak z pohľadu výkonnosti a mentálneho pracovného zaťaženia je táto metóda nedostatočná. Preto by sme chceli do budúcnosti naše merania zopakovať s využitím technológií na meranie psychofyzických parametrov ako sú napr. EEG alebo Heart Rate.

6. Referencie

- Brezonakova, A., Skvarekova, I., Pecho, P., Davies, R., Bugaj, M., Kandra, B. 2019 The effects of backlit aircraft instrument displays on pilots fatigue and performance. In: Transportation Research Procedia. Volume 40, 1273-1280.
- Caldwell, J.A. Fatigue in Aviation. In Travel Medicine and Infectious Disease, 2005.3, 85-96.
- Causse, M., Dehais, F., Arexis, M., Pastor, J., 2011. Cognitive aging and flight performances in general aviation pilots. Aging, Neuropsychology, and Cognition: A Journal on Normal and Dysfunctional Development, 18.5, 544-561.
- Coombs, L.F.E., 1990. The Aircraft Cockpit - From stick-and-string to fly-by-wire. In: Patrick Stephens Limited, Wellingborough.
- Frische, F., Osterloh, J.-P., Luedtke, A., 2010. Simulating Visual Attention Allocation of Pilots in an Advanced Cockpit Environment. In: OFFIS - Human Centered Design Group, 14th October 2010.
- Galierikova, A., Materna, M., Sosedova, J. 2018. Analysis of risks in aviation. Transport Means - Proceedings of the International Conference. 2018-October, pp. 1427-1431
- Holmqvist, K., Nystrom M., Andersson R., Dewhurst R., Jarodzka H., 2011. Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures. Oxford University Press
- Livada, B., 2012. Avionic Displays. Scientific Technical Review, 62.3-4, 70-79.
- Novak, A., Mrazova, M., 2015. Research of physiological factors affecting pilot performance in flight simulation training device. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 17.3, 103-107.
- Turiak, M., Novák-Sedláčková, A., & Novák, A., 2014. Portable electronic devices on board of airplanes and their safety impact.
- Vohnsen, B., Iglesias, I., Artal, P., 2005. Guided light and diffraction model of human-eye photoreceptors. Journal of the Optical Society of America A, 2005.22, 2318-2328 .
- Wimalasundera, S., 2006. Computer Vision Syndrome. Galle Medical Journal 11.1, 26-29.