

# IMPLEMENTÁCIA MODERNÝCH TECHNOLOGIÍ DO VÝCVIKU PRÍSTROJOVÉHO LIETANIA

## IMPLEMENTATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN INSTRUMENT FLIGHT TRAINING

**Marek Královenský**

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia  
marek.kralovensky@hotmail.com

**František Jůn**

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

**Abstract** – This paper deals with modern technologies available in transport aircraft, of which the implementation in instrument flight training would contribute to improving the quality and safety of training provided. The work in the first part analyzes the current state of the problem. Subsequently, the second part of the work describes the basic theory of the principle of operation of the modern systems and provides possible examples of the use of available equipment in instrument flight training. The last part of the work evaluates the contribution to increasing safety and quality of training. The aim of the work is to provide novice pilots with basic information about available inertial systems used in transport aircraft, as there is still a lack of available literature in the Slovak language dealing with these devices.

**Key words** – gyroscopes, instrument training, inertial navigation systems, inertial reference systems, FMS, AHRS, ADAHRS, GPWS, TCAS.

### I. ÚVOD

V dnešnej dobe je letectvo jedno z najrýchlejšie sa rozvíjajúcich odvetví. Vývoj palubných prístrojov a zariadení prešiel od počiatku veľkými zmenami. Dnešným trendom je nahrádzanie pôvodných analógových prístrojov s množstvom mechanických súčastí novšími elektronickými systémami. S tým je spojené aj neustále zvyšovanie požiadaviek na bezpečnosť prevádzky a vycvičenosť posádok lietadiel.

Nedostatok dostupných informácií zaoberajúcich sa novými technológiami v letectve bol jedným z podnecujúcich faktorov pri výbere témy mojej bakalárskej práce. Ich bližšie poznanie môže výrazne prispieť k zvýšeniu kvality a bezpečnosti výcviku v prístrojovom lietaní. V práci nadväzujeme na diela, ktoré popisali konvenčné prístrojové vybavenia používané v lietadlách. Keďže mnohí začínajúci piloti nemajú dostatočné vedomosti o dostupných prístrojoch, práca poskytuje prehľad systémov používaných vo veľkých dopravných lietadlách. Dnešné systémy sa s vývojom elektronického priemyslu stali dostupnejšie a vhodnejšie pre montáž aj do menších výcvikových

lietadiel. Pracujú na analogických princípoch, tak ako tie v dopravných lietadlách. Sú však ľahšie, menšie a ich náklady na obstarávanie podstatne nižšie. Ich vývoj je oveľa dynamickejší ako u dopravných lietadiel. Je to zapríčinené prítomnosťou veľkého počtu výrobcov avioniky a menšími nárokmi pri procese certifikácie. Pre pilotov je však dôležité poznať základné princípy, na ktorých tieto moderné zariadenia pracujú už pred zahájením praktického výcviku. Plnohodnotné využitie ich potenciálu bude možné len vtedy, ak budú poznať limity a možnosti, ktorými moderné systémy disponujú.

Práca sa v prvej časti zaoberá popisom princípu činnosti mechanických gyroskopov, ktoré sa už dnes síce v takom množstve v moderných lietadlách nevyskytujú, ale ich nástupcovia pracujú na obdobných princípoch. Gyroskopy tvoria neoddeliteľnú časť inercných navigačných systémov, či už sa jedná o staršiu stabilnú platformu alebo o modernejší strap down koncept s laserovými gyroskopmi. V práci je popísaný Flight management system, ktorý je príjemcom a spracovateľom dát od IRS a následne aj AHRS, spolupracujúci s modernými zobrazovacími jednotkami dostupnými vo väčšine dnešných lietadiel. S nimi môžu byť prepojené aj ďalšie systémy, ako napríklad TAWS a TCAS.

### II. SÚČASNÝ STAV

Od počiatku bratov Wrightovcov prešlo mnoho rokov. Medzi tým si letecký priemysel prešiel zdĺhavým a náročným vývojom. Dnešnou snahou medzinárodných organizácií, ale aj národných úradov je zvyšovanie kvality a bezpečnosti leteckej dopravy. Výcvik nových pilotov, ktorý si od svojich počiatkov prešiel mnohými zmenami vo vysokej miere prispieva k udržiavaniu nastaveného trendu. V minulosti býval poskytovaný výcvik iba v podmienkach za viditeľnosti zeme, keďže v tej dobe neboli ešte dostupné prístroje pre lety za zníženej dohľadnosti. S vývojom nových technológií a prístrojov umožňujúcich lietať za zníženej dohľadnosti došlo k potrebe výcviku v prístrojovom lietaní.

Neskôr so zvýšením dostupnosti a rozšírením leteckej dopravy sa stalo prístrojové lietať nevyhnutnosťou. V dnešnej dobe práve v tomto segmente je snaha výrobcov lietadiel a prístrojov prinášať nové technológie, prostredníctvom ktorých sa znižuje zaťaženie posádok. Nové technológie so sebou prinášajú

aj potrebu zvýšenia kvality poskytovaného výcviku. Bez dostatočnej úrovne výcviku a teoretických znalostí piloti nedokážu plnohodnotne využívať všetky možnosti a potenciál, ktorý im nové technológie poskytujú. Žilinská univerzita poskytuje letecký výcvik už od roku 1962. Od toho času vycvičila mnoho úspešných pilotov, ktorí našli svoje uplatnenie doma aj v zahraničí. Je jednou z najúspešnejších poskytovateľov leteckých výcvikov v Európe. Vďaka za to skúseným inštruktorm a ich vysokým nárokom na teoretické znalosti pilotov. Tie sú veľmi dôležité hlavne pri výcviku v prístrojovom letaní, keďže v zhoršených meteorologických podmienkach dochádza k nárastu pracovného zaťaženia pilotov. Ich osobitné schopnosti a získané teoretické znalosti úplného využitia dostupných palubných prístrojov vo vysokej miere prispievajú k zvýšeniu kvality a bezpečnosti prevádzky. V súčasnosti sa systémy predtým používané len vo veľkých dopravných lietadlách stávajú cenovo dostupnejšími. Mnoho výrobcov na trhu poskytuje inteligentné riešenia ich implementácie do menších lietadiel všeobecného letectva a tým aj možnosť inštalácie do výcvikových lietadiel. Znalosti a skúsenosti pilotov so zariadeniami využívanými vo výcvikových lietadlách prispievajú počas následného typového výcviku k jednoduchšiemu zoznámeniu sa so systémami v dopravných lietadlách

### III. MODERNÉ SYSTÉMY

**IRS** – S postupným vývojom nových gyroskopických technológií a príchodom výkonnejších počítačov prišla aj možnosť výroby spoľahlivejších a presnejších navigačných systémov. Došlo k odstráneniu mnohých mechanických súčastí. Pracuje na princípe laserových gyroskopov. Na rozdiel od predošlého inerčného navigačného systému, ktorý bol mechanicky zložitý a matematicky jednoduchý, je nový referenčný systém opakom. Za to vďaka prítomnosti výkonnejších a rýchlejších počítačov, ktoré sú schopné absenciu mechanických súčastí kompenzovať zložitými výpočtami. Nový systém je často označovaný aj ako Strap down systém, čo znamená, že jeho hlavná meracia jednotka je pevne upevnená ku konštrukcii lietadla a jeho referenčným osiam. Rovnovážna poloha je u tohto systému vypočítavaná už len elektronicky. [1]



Obrázok 1: Laserové gyroskopy [1]

**FMS** – Flight management system je systém, ktorý sa v dnešnej dobe nachádza vo väčšine moderných dopravných

lietadiel. Je to zariadenie, ktoré pomáha posádke automatizovať množstvo práce a znižuje jej zaťaženie. Jeho hlavnou úlohou je poskytovať navigačnú funkciu, laterálne a vertikálne vedenie letu. Tak isto vypočítava výkonnostné parametre počas plánovaného letu. Jednotlivé typy lietadiel disponujú rôznymi typmi FMS, ale ich princíp prevádzky zostáva takmer rovnaký. [2]

Jeho hlavnými funkciami sú:

- navigácia
- plánovanie letu
- optimalizácia výkonov
- manažment navigačných zariadení
- manažment zobrazovacích jednotiek

Hlavnými navigačnými funkciami systému je výpočet polohy, vyhodnotenie presnosti aktuálnej polohy, ladenie rádio navigačných zariadení a inicializovanie IRS. Najdôležitejšou úlohou výkonovej databázy je redukcia maximálnych výkonov motorov vzhľadom na aktuálne vonkajšie podmienky a stav dráhy. Predlžuje sa tým životnosť motorov a znižujú náklady na údržbu

**AHRS** – Princíp fungovania AHRS je podobný ako u inerčných systémov. Dochádza tu k meraniu zrýchlení v troch osiach a ich následnej integrácii. To zabezpečuje možnosť indikovania polohy lietadla vo všetkých smeroch. Laserové gyroskopy síce naďalej poskytujú najpresnejšie údaje o zrýchleniach, ale nakoľko ich cena je príliš vysoká, došlo k vývoju lacnejších inerčných senzorov, ktoré sa im svojou presnosťou približujú. Prvé AHRS využívali drahé inerčné senzory, avšak tie boli nahradené lacnejšími polovodičovými senzormi. Za svoju cenovú dostupnosť vďaka automobilovému a elektronickému priemyslu, kde sa objavila potreba po zariadeniach malých rozmerov merajúcich zrýchlenie. Senzory používané v AHRS sa líšia v závislosti od výrobcov prístrojov. Vo väčšine dnešných zariadení sa používajú senzory elektromechanického typu tzv. MEMS [3]

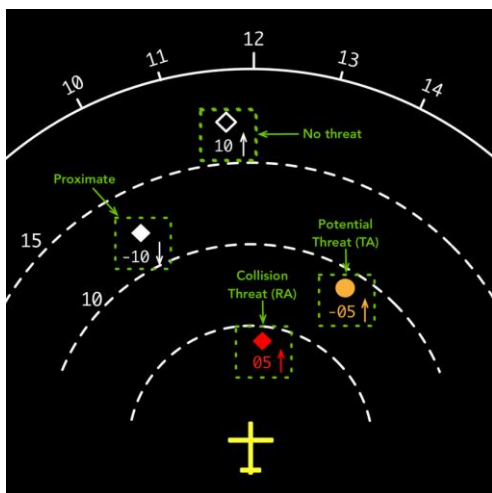


Obrázok 2: ADHRS jednotky [4]

**TAWS** – Termín TAWS začala americká FAA používať pre pomenovanie systémov, ktoré poskytujú posádke dostatočné včasné informácie pre rozpoznanie nebezpečenstva stretu so zemou. Pomenovanie v sebe zahŕňa aj dva

najpoužívanejšie systémy GPWS a EGPWS. Ich hlavnou úlohou je predchádzať riadenému letu do terénu (CFIT). V dnešnej dobe sú už často súčasťou navigačných zariadení. [5]

**TCAS** – TCAS bol predstavený ako systém znižujúci riziko zrážky s iným lietadlom vo vzduchu. Funguje na princípe signálov odpovedačov sekundárneho prehľadového radaru. Je plne nezávislý od pozemných zariadení a komunikuje len s palubnými jednotkami v lietadlách. V prípade, že iné lietadlo nie je vybavené palubným odpovedačom, je pre systém TCAS neviditeľné. TCAS automaticky vyhľadáva okolitú prevádzku. O prevádzke informuje prostredníctvom samostatne montovaného displeja alebo dáta posiela priamo do primárneho letového a navigačného displeja. V závislosti od typu odpovedača ostatných lietadiel dokáže zobrazovať informácie o výške, stúpaní alebo klesaní a poskytovať pokyny na vyhnutie. Piloti sú povinní okamžite poslúchnuť pokyny generované systémom. [6]



Obrázok 3: Zobrazenie TCAS [7]

#### IV. PRÍNOS PRE ZVÝŠENIE BEZPEČNOSTI

Bezpečnosť prevádzky sa v posledných rokoch stala hlavnou prioritou leteckého priemyslu. Technológie, tréning a vyhodnocovanie rizika sú kľúčovým faktorom pri zvyšovaní bezpečnosti. Napriek občasným tragickým nehodám je letecká doprava stále najbezpečnejšou dopravou v prepočte na počet obetí a precestovanú vzdialenosť. Napriek tomu, že v minulosti dochádzalo k vyššiemu počtu nehôd, v uplynulých desaťročiach sa táto štatistika znížila. Vďaka za to novým technológiám, lepšiemu riadeniu letovej prevádzky a výcviku pilotov. Veľký prínos pre zvýšenie bezpečnosti leteckej dopravy mal na svedomí príchod prúdových motorov. V porovnaní s predchádzajúcimi piestovými motormi mal oveľa väčšiu spoľahlivosť. Najväčší prínos ale mala implementácia elektroniky, hlavne digitálnych letových a navigačných prístrojov. S tým je spojená aj implementácia moderných technológií do výcviku začínajúcich pilotov, ktorá je veľmi dôležitá. K plnohodnotnému využitiu funkcií a predpokladov systémov môže dôjsť len vtedy, ak má pilot ich dostatočné znalosti a osobné skúsenosti s ich používaním.

**Inerčné systémy** – V práci boli popísané potrebné teoretické znalosti moderných systémov, ich vývoj a ponúknutá možnosť implementácie vhodného zariadenia do výcvikových lietadiel. Implementácia samotných inerčných systémov do výcvikových lietadiel by bola v našich podmienkach neekonomická, avšak ich teoretické poznanie je pre potreby budúceho typového výcviku nevyhnutné. Sú to komplexné systémy s veľkým potenciálom využitia, poskytujúce posádke množstvo údajov nezávislých na ostatných zariadeniach. V blízkej budúcnosti sa očakáva zníženie obstarávacích nákladov na inerčné systémy a tým aj ich väčšia dostupnosť pre inštaláciu do výcvikových lietadiel.

**FMS systémy** – S príchodom viacerých výrobcov na trh sa rozšírila aj dostupnosť FMS systémov pre potreby všeobecného letectva. Ponúkajú množstvo zástavbových jednotiek do starších lietadiel, alebo aj komplexné riešenia celých palubných systémov, ako napríklad u lietadiel Cirrus. Vybavenie výcvikových lietadiel modernými systémami FMS by značne pomohlo zredukovať zaťaženie pilotov a dovolilo im získať nové skúsenosti so systémom plánovania letu a optimalizáciou nákladov. Množstvo poskytovateľov leteckého výcviku už začalo s implementáciou zariadení do svojej flotily.

**AHRS a zobrazovacie jednotky** – Príchod moderných AHRS systémov a s ním spojených zobrazovacích jednotiek mal výrazný prínos pre bezpečnosť letectva. Pilotovi poskytujú presnú a spoľahlivú informáciu o polohe lietadla spolu s množstvom letových parametrov. V prípade poruchy jedného zo systémov sú často zálohované. S prepojením na presné GPS poskytujú možnosť zobrazenia syntetického videnia, ktoré zvyšuje priestorovú orientáciu hlavne v kopcovitom teréne. Môže výrazne pomôcť v prípade doklzu na vhodnú plochu po vysadení pohonnej jednotky v nepriaznivých podmienkach. Skúsenosti s ovládaním a prevádzkou týchto systémov výrazne prispievajú k rastu kvality pilota a jeho rozhľadu pri nasledujúcom typovom výcviku.

**TAWS** – CFIT bol v minulosti jedným z najčastejších príčin leteckých nehôd. S príchodom TAWS a GPWS systémov sa ho podarilo zredukovať o takmer 70 percent. Nedostatočná výbava výcvikových lietadiel, zle pochopené inštrukcie riadiacich letovej prevádzky a zvýšená záťaž posádky môžu pri výcviku viesť k nevedomému riadenému letu do terénu. K zníženiu tejto pravdepodobnosti alebo úplnej eliminácii rizika by došlo montážou jedného z týchto zariadení. Na trhu je dostupných viac druhov v závislosti na ich zložitosti a funkciách, ktorými disponujú.

**TCAS** – Nárast počtu lietadiel spôsobuje častejšie neželané strety medzi nimi. Na odvrátenie alebo včasné varovanie pred stretom slúži systém TCAS. Na trhu je dnes množstvo typov zariadení, ktoré navzájom komunikujú rôznymi spôsobmi. Svoje využitie by systém našiel hlavne na palubách výcvikových lietadiel, ktoré často lietajú na letiskách bez radarového pokrytia s hustou prevádzkou výcvikových letov. Zavedením inštalácií systému TCAS do dopravných lietadiel došlo k značnému poklesu incidentov a nehôd. Podobný trend je tiež predpokladaný pri inštalácii do menších typov lietadiel.

## V. ZÁVER

Cieľom bakalárskej práce bolo poukázať na dostupnosť moderných technológií, ktoré by prispeli k zvýšeniu kvality a bezpečnosti prístrojového výcviku. Poskytovatelia výcvikov by sa mali zaoberať novými technológiami a prinášať možnosti ich implementácie do výcvikových osnov. Bohužiaľ, nie každá organizácia sa uberať týmto smerom, a preto sa často stretávame s rozdielom v kvalite výcviku medzi jednotlivými poskytovateľmi.

V prvých kapitolách sme popísali druhy inerčných systémov, princíp ich činnosti a konštrukciu. Majú veľký prínos v oblasti navigácie a v letectve našli široké uplatnenie. Následne sme popísali systém FMS, ktorý v dopravných lietadlách úzko spolupracuje s inerčnými systémami. Postupne sa stal dostupnejším aj pre použitie vo všeobecnom letectve. Dnešným trendom v letectve je nahrádzanie starých analógových prístrojov združenými elektronickými obrazovkami s množstvom funkcií. Do budúca sa očakáva, že tento trend bude pokračovať a letectvo sa bude naďalej modernizovať. Je dôležité držať neustále krok s dobou.

Práca odporúča zvážiť inštaláciu spomínaných systémov a poskytuje aj návrh výberu vhodných zariadení pre výcvikové lietadlá. Letecké výcvikové a vzdelávacie centrum v Žiline disponuje iba jedným lietadlom vybaveným všetkými spomínanými technológiami. Pilotom v praktickom výcviku poskytuje možnosť poznávania systémov a získavania skúseností s ich ovládaním. Preto odporúčame prehodnotiť finančné a technické možnosti zástavby zariadení aj do ostatných lietadiel. Na základe skúseností z implementácie systémov do dopravných lietadiel predpokladáme, že by aj tu došlo k značnému zvýšeniu bezpečnosti prevádzky a kvality poskytovaného výcviku.

Bakalárska práca môže byť využitá aj ako študijný materiál. Poskytuje začínajúcim pilotom základné informácie potrebné pre pochopenie princípov fungovania systémov. Práca poskytuje priestor pre ďalšiu podrobnejšiu analýzu riešenej problematiky pri implementácii moderných systémov do výcviku v prístrojovom letaní.

## REFERENCIE

- [1] BRISTOL GROUND SCHOOL. 2019. *AGK-Instrumentation (EASA ATPL Theory Training)*. Clevedon : Bristol Ground School International Limited, 2019. ISBN 978-1-912679-28-7
- [2] Wikipedia: Flight management system [Online]. Dostupné na internete: [https://en.wikipedia.org/wiki/Flight\\_management\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Flight_management_system) (citované 2020-03-04)
- [3] WYATT, D. 2015. *Aircraft Flight Instruments and Guidance Systems*. Oxon : Routledge, 2015. 257 s. ISBN 978-0-415-70683-4
- [4] Dynon: Adahrs – primary and secondary [Online]. Dostupné na internete: <https://www.dynonavionics.com/adahrs-primary-secondary.php> (citované 2020-05-15)
- [5] Skybrary: Terrain avoidance and warning system [Online]. Dostupné na internete:

[https://skybrary.aero/index.php/Terrain\\_Avoidance\\_and\\_Warning\\_System\\_\(TAWS\)](https://skybrary.aero/index.php/Terrain_Avoidance_and_Warning_System_(TAWS)) (citované 2020-05-22)

- [6] Kurz teórie ATPL: Prístrojové vybavenie. Žilinská univerzita v Žiline, str. 138 – 152
- [7] ResearchGate: TCAS data [Online]. Dostupné na internete: [https://www.researchgate.net/figure/A-representation-of-TCAS-data-as-seen-by-the-pilot-in-the-cockpit-of-an-airliner-This-is\\_fig1\\_335570864](https://www.researchgate.net/figure/A-representation-of-TCAS-data-as-seen-by-the-pilot-in-the-cockpit-of-an-airliner-This-is_fig1_335570864) (citované 2020-05-23)
- [8] NOVÁK, A. 2011. Komunikačné, navigačné a sledovacie zariadenia v letectve. Bratislava : DOLIS, 2015. - 212 s. ISBN 978-80-8181-014-5.
- [9] NOVÁK, A., TOPOLEČÁNY, R., BRACINÍK, T. 2009. Výcvik leteckých posádok s využitím nových technológií. Žilinská univerzita, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, 2009. - 94 s. ISBN 978-80-554-0108-9.
- [10] ŠKULTÉTY, F. 2018. Pre-flight inspections of aircraft emergency equipment via RFID technology. *Transportation Research Procedia* 35, pages 279-286. DOI: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146518303508>
- [11] BREZOŇÁKOVÁ, A., ŠKVAREKOVÁ, I., PECHO, P., DAVIES, R., BUGAJ, M. & KANDERA, B. 2019. The effects of back lit aircraft instrument displays on pilots fatigue and performance. *Transportation Research Procedia* Volume 40, pages 1273-1280
- [12] ROSTÁŠ, J. & ŠKULTÉTY, F. 2017. Are today's pilots ready for full use of GNSS technologies? *Transportation Research Procedia* 28, pages 217-225.
- [13] ŠKVAREKOVÁ, I., ŠKULTÉTY, F. 2019. Objective measurement of pilot's attention using eye track technology during IFR flights. *Transportation Research Procedia* 40, pages 1555-1562.

Marek Královenský –narodený v Ružomberku absolvoval v roku 2017 Gymnázium Š. Moyzesa v Ružomberku, následne od roku 2017 študuje na Žilinskej univerzite v Žiline odbor profesionálny pilot.