

VYUŽITIE LETECKÝCH SIMULÁTOROV VO VZDELÁCOM PROCESSE NA LF TUKE.

Ján BÁLINT

*Katedra letovej prípravy
Technická univerzita v Košiciach
jan.balint@tuke.sk*

Peter KANDRÁČ

*Katedra letovej prípravy
Technická univerzita v Košiciach
peter.kandrac@tuke.sk*

Abstrakt

Článok pojednáva o leteckých simulátoroch z hľadiska bezpečnosti letovej prevádzky, rozdelenia simulátorov podľa JAR STD, opisuje princípy simulácie, predstavuje najvýznamnejších výrobcov a porovnáva jednotlivé modely. V tretej časti opisuje palubné poveternostné radary, analyzuje princípy ich činnosti a zobrazenia. Analyzuje a navrhuje možnosti simulácie ich využitia v simulovanom výcviku.

Kľúčové slová

Simulácia, letecký simulátor, poveternostný radar, simulácia poveternostného radaru.

1. Úvod

Napriek neustálemu zdokonaľovaniu leteckej techniky, zabezpečovacej techniky a vývoju pravidiel sa pri prevádzke stále stávajú a vyskytujú letecké nehody. Hlavnou príčinou už nie je nedokonalosť alebo poruchovosť leteckej techniky ale najčastejšie zlyhanie človeka.

Ľudia pochopili, že človek môže bezpečne lietať, až keď si osvojí okrem iného aj určité motorické pohyby a návyky. Tie nezíska bežným životom na zemi, ale len cieľavedomou prípravou. Zjednodušene ich môžeme rozdeliť na všeobecné a špecifické návyky potrebné pre lietanie na konkrétnom type lietadla. Získať a osvojiť si ich je možné prípravou na zemi a samotným lietанím pod dohľadom. Preto vznikli aj prvé letecké simulátory. Je to vlastne zariadenie, ktoré simuluje v určitom rozsahu pohyby lietadla a tým umožňuje získavať pilotom potrebné skúsenosti v určitom rozsahu už na zemi.

Najdôležitejším argumentom používania leteckých simulátorov je bezpečnosť leteckej prevádzky. Zmyslom prípravy pilotov je vybudovať u nich už spomínané návyky a naučiť ich motorické pohyby. Tie je nutné opakovať a precvičovať, aby ich pilot mal zautomatizované. Tým sa zvyšuje pravdepodobnosť správnej reakcie posádky a úspešné riešenie normálnej aj nebezpečnej situácie. Niektoré situácie však nie je žiaduce precvičovať počas reálneho letu, pretože riziko leteckej nehody je veľmi vysoké, preto sa precvičujú na simulátoroch. Vo februári 2014 bola v rámci projektu Brokerské centrum...spracovaná štúdia využitia simulátorov v leteckom vzdelávaní. Cieľom článku je stručne informovať o obsahu a význame tejto štúdie. V prvej časti štúdie sú analyzované letecké simulátory z hľadiska ich potreby vo výcviku, bezpečnosti letovej prevádzky, ich rozdelenia a kategorizácie, princíp činnosti a matematické modely. Je analyzovaný súčasný stav vývoja a výroby u najväčších svetových producentov a tiež producentov na Slovensku. V druhej časti sú obdobne analyzované simulátory riadenia letovej prevádzky a sú porovnané základné modely hlavných výrobcov. V tretej časti sú analyzované princípy činnosti a zobrazenia palubných poveternostných radarov. Definované sú požiadavky na simuláciu ich činnosti v rámci komplexnej simulácie letu a navrhnuté možnosti zaradenia do metodiky výcviku na simulátoroch. Štúdia je spracovaná pre potreby zadávateľa ako podkladový materiál pre strategické plánovanie.

2. Letecké simulátory

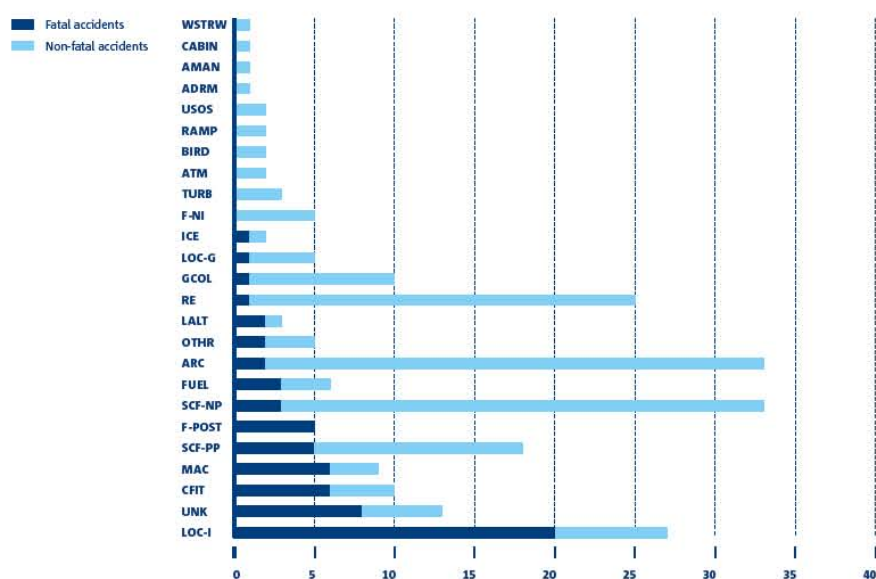
Pod pojmom letecké simulátory rozumieme všetky simulátory používané v letectve. Patria tu aj simulátory pre obsluhu lietadiel, pre činnosť letových sprievodcov atď. Simulátory, ktoré simulujú podmienky letu sú nazývané syntetické letové trenažéry.

Do tejto skupiny radíme simulátory riadenia letovej prevádzky, trénažéry základov letu podľa prístrojov, trénažéry letových postupov ako aj letové simulátory kategórie FFS a FTD. Existuje aj množstvo ďalších názvov letových simulátorov. Tie však iba bližšie popisujú vlastnosti alebo schopnosti letového simulátora.

Letecké simulátory nie sú len viac alebo menej vydarenou náhradou skutočného lietadla ale vnášajú do výcviku aj udržiavania zručností niekoľko nových dimenzií, napr. pedagogický, psychologický a ekonomický prínos. Analýzy ukazujú, že viac ako polovica chybných činností pilota je klasifikovaná ako „negramotná“ činnosť, vyplývajúca z nedostatočných znalostí podstaty procesov prebiehajúcich počas letu a z povrchných návykov pilota. Simulátor upevňuje návyky a pilotné zručnosti na riešenie neštandardných situácií počas letu simulovaním ich charakteristických príznakov bez poškodenia leteckej techniky.

1.1 Bezpečnosť letu

Analýzou hlavných príčin leteckých nehôd je dokázané, že už niekoľko desaťročí sa znižuje počet leteckých mimoriadnych udalostí a hlavne leteckých nehôd zapríčinených leteckou technikou. Technickým pokrokom však tiež narastá zložitosť systémov a s ňou takisto nároky kladené na posádku lietadla. Zrejme práve preto sa takmer priamo úmerne zvyšuje množstvo nehôd zavinených ľudským faktorom.



Obr. 1 Letecké nehody všeobecného letectva v rokoch 2002-2011

Zlyhanie ľudí v súčasnosti predstavuje až 80% celkových príčin leteckých nehôd. Zo štatistiky ICAO vyplýva nasledujúca klasifikácia chýb:

- procedurálne chyby 40,8 %
- komunikačné chyby 9,7 %
- znalosti / zručnosti 9,2 %
- nespôsobilosť personálu 40,3 %

ICAO vo svojej výročnej správe identifikovala tri najčastejšie príčiny leteckých nehôd a leteckých incidentov. Sú to:

- riadený let do terénu,
- strata kontroly nad riadením lietadla a
- operácie vykonávané v súvislosti s pohybmi na vzletovej a pristávacej dráhe.

Uvedené fakty jednoznačne ukazujú, že ku zníženiu nehodovosti a zlepšeniu bezpečnosti letov je možné prispieť zlepšením prípravy pilotov. Z uvedených faktov vyplývajú nasledujúce oblasti, kde je možné vykonaním zmien zlepšiť situáciu. Sú to:

- precvičovanie postupov,
- zvyšovanie skúseností a
- zlepšenie praktického výcviku pilotov.

Vyššia úroveň prípravy posádok predstavuje väčšie nároky na precvičovanie činností. Nie vždy je to žiaduce vykonávať na skutočnom lietadle, lebo miera rizika je veľmi vysoká. Treba ešte spomenúť, že let lietadla je ovplyvňovaný skutočnými meteorologickými podmienkami. Na letovom simulátore ale meteorologické podmienky simulujeme a teda počasie neovplyvňuje výcvik na ňom.

1.2 Rozdelenie simulátorov a použiteľnosť podľa JAR STD

Za najvyšší stupeň simulácie v súčasnosti považujeme platformu plne funkčného kokpitu reálneho lietadla, s maximálnym stupňom reality vizualizácie priestoru okolia a pohyblivou základňou imitujúcou vnemy zrýchlenia, rotácie a vibrácií v každej osi. Takéto simulátory sú už vhodné pre plný výcvik posádok od prípravy palubných systémov pred letom, cez spustenie motorov až po nácvik postupu pri vysadení pohonnej jednotky, letu v silnej turbulencii alebo strihu vetra, pri pristáti s bočným vetrom a pod. Často sa používajú na typový výcvik pilotov a nahrádzajú nálet na skutočnom lietadle od 50 do 100%. Naopak pre nácvik postupov a navigačných procedúr je použiteľný aj simulátor bez pohyblivej základne a dokonalého vizualizačného systému.

Na základe ICAO Doc 9625 JAA vydala v roku 2008 dokument JAR-FSTD-A a následné dokumenty JAR-STD 1A, JAR-STD 2A, JAR-STD 3A a JAR-STD 4A, v ktorých podobne ako FAA definuje jednotlivé druhy letových simulátorov, ich vlastnosti a schopnosti.

- FS alebo FFS Flight Simulator alebo Full Flight Simulator

Je to úplná rozmerovo identická replika pilotnej kabíny špecifického typu, modelu alebo série lietadiel obsahujúca úplné vybavenie a počítačové programy potrebné na simulovanie pozemnej a letovej prevádzky, systému vizuálnej orientácie poskytujúceho výhľad z pilotnej kabíny a pohybového systému pre stimuláciu pohybových receptorov.

- FTD Flight Trainig Device

Je to replika prístrojov, vybavenia, panelov a riadenia v otvorenom alebo uzavretom priestore pilotnej kabíny vyhotovenej v skutočnej veľkosti, obsahujúca vybavenie a počítačové programy potrebné na simulovanie pozemnej a letovej prevádzky v rozsahu systémov inštalovaných v zariadení. Nie je požadovaný pohybový systém pre stimuláciu pohybových receptorov ani systém vizuálnej orientácie.

- FNPT Flight and Navigation Procedures Trainer

Je to výcvikové zariadenie predstavujúce prostredie pilotnej kabíny/pilotného priestoru, včítane zostavy vybavenia a počítačových programov potrebných na simulovanie letových postupov v rozsahu zodpovedajúcom tomu, ako systém funguje.

1.3 Príklady jednotlivých kategórií simulátorov

1.3.1 FFX™ výrobcu Mechtronics Systems Inc.

Simulátory sa používajú na typový výcvik (v rozsahu 50%), opakovaný výcvik, nácvik spolupráce vo viacčlennej posádke a pri výcviku prístrojového priblíženia kategórie CAT II. Posádky môžu precvičovať normálne, abnormálne a núdzové postupy používané v konkrétnych lietadlách. Kabína simulátora je totožná s kabínou lietadla. Prevedenie zodpovedá kategórii FTD a úrovni 2, alebo kategórii FNPT II MCC podľa FAA alebo JAA. Údaje o simulovaných letoch sú uchovávané a sú používané na analýzu letu. Je používaný vizualizačný systém prednej projekcie a vysokokvalitný zvukový systém. Priestor zobrazenia okolo kabíny posádky je 180° x 40°. Základňa simulátora je pohyblivá. Súčasne je simulované letiskové prostredie. Inštruktor môže nasimulovať rôzne situácie, poruchy systémov, polohu lietadla a počasie.



Obr. 2 Letový simulátor FFS X™

1.3.2 SFT-3000 Series AATD výrobcu Simflightronics

Letecký simulátor SFT-3000 Series radí spoločnosť Simflightronics medzi Pokročilé letecké výcvikové zariadenie (Advanced Aviation Training Devices AATDs). Je vhodné hlavne pre všeobecné letectvo používajúce jednomotorové a viacmotorové lietadlá s piestovými a turbovrtuľovými motormi v rôznych konfiguráciách pilotnej kabíny. Medzi simulované lietadlá patria Cessna, Beechcraft, Piper, Diamond a Cirrus. Sú to simulátory kategórie FTD. Na prianie zákazníka je možné simulátor umiestniť na pohyblivú platformu. Tá je potom poháňaná elektricky. Simulátor má vizualizačný systém založený na vysoko výkonnom PC s ľahko dostupných komponentov. Jeho úroveň je prispôbená podľa požiadaviek zákazníka na realitu vizuálnych podnetov pilotom, realitu letísk, terénu a pod. Zobrazuje zorné pole v rozsahu 220° stupňov horizontálne a 43° stupňov vertikálne. Obraz je premietaný na guľovú plochu s použitím high-end LCOS projektorov, alebo viacbodovým kolimátorovým zobrazovacím systémom. Súčasne je simulované prostredie riadenia letovej prevádzky. Dáta letu sú zaznamenávané v digitálnej forme a je možné ich použiť na analýzu letu.



Obr. 3 Letový simulátor SFT-3000 Series AATD

1.3.3 FNTF simulátory výrobcu Elite Simulation Solution

ELITE Simulation Solutions (skratka pre ELectronic Ifr Training Environment) je spoločnosť zaoberajúca sa školením pre lietanie podľa podmienok IFR, pre riadenie letov a letové výcvikové zariadenia. Zameriavajú sa na vývoj a výrobu otvorených a flexibilných systémov letového výcviku pre osobné vzdelávacie programy a na vykonávanie školení a tréningových programov. Ich letové simulátory sú modulového typu. Zložením komponentov ako sú prístrojový panel, konzola ovládačov, volant a pedále riadenia a pod sa vytvorí celok simulujúci kabínu lietadla alebo vrtuľníka. Systém je riadený počítačom a doplnený o vizualizačný systém. Ten zobrazuje priestor okolo kabíny lietadla/vrtuľníka. Podľa zložitosti systému môže pozostávať z jedného, troch alebo viacerých monitorov, prípadne ako zobrazovací systém môže byť použitý jedno alebo trojbodový projekčný systém s priamou projekciou. Súčasťou je aj zvukový systém



simulujúci zvuky v kabíne lietadla. Celý systém môže byť doplnený o pracovisko a software inštruktora. Systém je založený na architektúre osobných počítačov. Tie sú dnes dostupné a preto cena takéhoto zariadenia začína na veľmi zaujímavej úrovni a je dostupná aj pre jednotlivca. Takéto simulátory dosahujú úrovne OTD, BITD až FNPT. Spoločnosť Elite sa zaoberá aj vývojom vlastného softwaru. Je zameraný na riadenie takéhoto simulačného zariadenia, prípadne ako výukový software.

1.4 Súčasná situácia vo využívaní leteckých simulátorov na Leteckej fakulte TU Košice

Katedra letovej prípravy Leteckej fakulty TU Košice mala už v minulosti vybudované pomerne dobre vybavené pracovisko leteckých simulátorov. Prevádzkovali sa tu simulátory pre výcvik na vojenských lietadlách: L-29, L-39, MIG-21 a tiež simulátor pre dopravné lietadlo L-410. Tieto simulátory postupne končili svoju životnosť a boli vyradené z prevádzky. Obrat v tejto nepriaznivej situácii nastal v roku 2011, keď Katedra letovej prípravy dostala ponuku od Katedry leteckej dopravy ŽU Žilina podieľať sa ako spoluriešiteľ na projekte „Brokerské centrum leteckej dopravy pre transfer technológií a znalostí do dopravy a dopravnej infraštruktúry“. V rámci riešenia tohto projektu boli dodané a nainštalované v priestoroch Katedry letovej prípravy dva letové simulátory pre lietadlá Cessna 172RG a Beechcraft Baron B-58, tiež bolo dodané veľkokapacitné úložisko dát.

Mimo využitia uvedených letových simulátorov pre výučbu a výcvik študentov našej fakulty, bude možné tieto zariadenia využiť v rámci výskumu navigačných postupov v rôznych fázach letu, pre modelovanie letových situácií pomocou GIS, pre integrované spracovanie GNSS meraní, pre výskumy v oblasti bezpečnosti leteckej dopravy.



2 Simulátory riadenia letovej prevádzky

Základnými prvkami simulátora ATC, na rozdiel od letového simulátora, sú počítač simulujúci ciele na obrazovke; pracovisko žiaka, ktorý riadi simulovanú prevádzku; pracovisko pseudo-pilota, ktorý riadi ciele podľa inštrukcií riadiaceho a pracovisko inštruktora výcviku.

Simulácia nie je zatiaľ možná bez pseudo-pilotov. Spojenie medzi pilotom a riadiacim je realisticky simulované vrátane rušenia alebo výpadkov. Riadiaci vydáva povolenia alebo príkazy na základe priestorovej situácie (príkazy k stúpaniu, klesaniu, k zmene rýchlosti, kurzu alebo k vyčkávaniu). Pseudo-pilot, väčšinou umiestnený mimo priestoru simulátora, vkladá tieto informácie pomocou klávesnice do pamäte počítača. Jeden pseudo-pilot obvykle môže riadiť viac než desať lietadiel. Realnosť simulácie je skreslená tým, že riadiaci počuje na všetky lietadla jeden a ten istý hlas.

Lietadlo letí podľa pripraveného programu, alebo podľa inštrukcií, a keď sa dostane na bod, kde by došlo k odovzdaniu riadenia mimo priestor simulácie, program vymaže lietadlo zo simulácie.

3 Možnosti simulácie činnosti palubného poveternostného radaru

Ako vyplýva z analýzy činnosti a možností zisťovania, moderný palubný poveternostný radar (PPR) je veľmi sofistikovaný a veľmi užitočný prístroj, ktorý dáva posádke veľa dôležitých informácií. Je preto zaujímavé, že sa simulácii jeho správneho používania ale hlavne využívania získaných informácií v rozhodovaní posádky doposiaľ venovalo menej pozornosti. Nie že by bola táto možnosť úplne ignorovaná, komplexné full-mission simulátory majú simulovanú aj činnosť palubného radaru, ale kvalita simulácie a metodika výcviku nie je zďaleka tak rozvinutá ako napr. kvalita simulácie letových vlastností, navigačného vybavenia, motorových a palubných systémov. Veľmi málo alebo vôbec nie je využívaná možnosť využitia informácií palubného radaru ako nositeľa dôležitej až rozhodujúcej informácie v danej fáze letu.

Moderné simulátory umožňujú aktualizovať výcvik zavedením reálneho počasia zisteného leteckou meteorologickou službou on-line priamo na palubu simulovaného letu. Zatiaľ je to však len vo forme štandardizovaných správ, predpovedí a výstrah a zahrnutia vplyvu vetra na výslednú trať letu, príp. turbulenciu. Je to nepochybne dobrá vec zvyšujúca vernosť simulácie, ale zavedenie priamo radarových odrazov do simulácie nie je zatiaľ možné. Navyše, pre výcvikové účely je potrebné mať príslušnú poveternostnú situáciu vtedy, keď je to didakticky vhodné, nie vtedy keď sa v atmosfére vyskytne.

Najschodnejšou cestou nasimulovania virohodnej poveternostnej situácie tak bude zrejme zaznamenanie skutočných poveternostných situácií palubnými aj pozemnými radarom a na ich základe zostrojenie analogických virtuálnych objektov, ktoré budú simulátorom zobrazované. Virtuálnych objektov nemusí byť veľa, dá sa povedať že postačí niekoľko základných, z ktorých sa potom dá jednoduchšia alebo až veľmi zložitá situácia poskladať.

Z hľadiska zaradenia do metodiky výcviku sa dá uvažovať o dvoch etapách. Prvou by mohol byť počiatočný výcvik v lietaní podľa prístrojov, presnejšie jeho záverečná časť. V tejto fáze by malo byť obsahom nácviku zapnutie radaru v správnej fáze letu. Ďalej po zapnutí zvolenie vhodného manuálneho módu, nastavenie sklonu k vylúčeniu odrazov od zeme bez zapnutého GCS, vyladenie zisku antény a nastavenie rozsahu. Následne by bolo úlohou v stanovenom priestore vyhľadať simulovaný objekt (kopovitý mrak, pásmo zrážok) nastavením citlivosti určiť jeho druh a zmenou sklonu antény určiť jeho vertikálny rozsah a nebezpečnosť.

Druhá fáza zaradenia simulovaného PPR by mala byť vo fáze výcviku celej viacčlennej posádky (Multi Crew Cooperation - MCC). V tejto fáze by sa ako prvé opäť cvičilo využitie PPR na získanie prehľadu o poveternostnej situácii ale navyše interpretácia získaných informácií v posádke. Cvičený pilot (prvý dôstojník) by mohol byť cvičiacim kapitánom opytovaný na podrobnejšie detaily, prípadne zneisťovaný dezinterpretáciou jeho hlásení.

Ako druhá etapa tejto fázy by malo byť využitie PPR pri komplexnom (Full-Mission) simulátore. Tu by už mal PPR slúžiť hlavne ako prostriedok vnášania informácií do rozhodovacieho procesu posádky v reálnom čase. Jeho obsluha by mala byť posádkou zvládnutá tak, aby nebolo pochybností alebo nezhôd v interpretácii zistenej situácie, resp. posádka by mala mať vedomosť o spoľahlivosti takýchto informácií.

Najvyšším stupňom zaradenia simulovaného PPR do procesu výcviku by mohol byť udržiavací výcvik a kontrola úrovne pripravenosti posádok. V tomto spôsobe využitia by sa simulovali najzložitejšie situácie s vytvorením časovej tiesne alebo potreby rozhodnutia v situácii blízkej 50:50, prípadne kombinované s poruchou niektorých systémov lietadla prípadne samotného PPR.

4 Záver

Zodpovedné orgány v letectve na celom svete sa snažia venovať oblasti FSTD nemalú pozornosť (ICAO, EASA, FAA, ...). Tieto zariadenia sa používajú okrem iného aj na výcvik pilotov. Podľa stanovených pravidiel používania sú stanovené hlavne maximálne prípustné nálety na FSTD počas jednotlivých fáz výcviku. V tomto prípade je cieľom dodržanie pomeru náletu medzi simulátorom a skutočným lietadlom. Neskôr, pri udržiavacom výcviku sú zas schvaľované programy s minimálnym náletom na FSTD určenej kategórie. V tomto prípade je cieľom zabezpečiť dostatočný nálet pilota pre predĺženie platnosti kvalifikácie. Kategórie letových simulátorov sa odlišujú podľa určenia, podľa rozsahu zhodnosti so skutočným lietadlom a pod. Nech je FSTD najnižšej (BITD) alebo najvyššej kategórie (FFS), je to vždy vysoko sofistikované strojársko - elektrotechnické zariadenie, riadené a ovládané v súčasnosti digitálnou výpočtovou technikou.

Záver z analýz úrovne bezpečnosti letov jednoznačne definujú možnosť zlepšenia ukazovateľov zvýšením úrovne pripravenosti. Požiadavka na vyššiu úroveň prípravy posádok predstavuje väčšie nároky na praktické precvičovanie činností. Piloti lietadiel systematickým tréningom získavajú a neskôr prehľbujú istotu v riadení lietadla, riešení rôznych situácií za letu, ovládání stresu a pod. Pilot si zvyšuje svoje sebavedomie a schopnosť vykonávať sústredenú a presnú pilotáž pri rôznych situáciách. Práve výcvikové zariadenie na simulovanie letu je veľmi dobré zariadenie na doplnenie takéhoto metodického tréningu, pretože miera rizika na skutočnom lietadle už môže byť veľmi vysoká. Vo viacčlenných posádkach sa precvičuje aj manažment ľudských zdrojov na palube lietadla. Úspešné zvládnutie týchto činností reálne zvyšuje pravdepodobnosť vyriešenia zložitých až kritických situácií počas skutočného letu. Treba ešte spomenúť, že skutočné počasie neovplyvňuje výcvik na FSTD. Aj preto je vhodné presunúť väčší podiel výcviku posádok lietadiel na letový simulátor ako z ekonomického tak aj bezpečnostného hľadiska.

V oblasti simulátorov riadenia letovej prevádzky do budúcnosti môžeme očakávať vývoj novších a technicky vybavenejších zariadení, ktoré poskytnú takmer identickú totožnosť s reálnymi systémami v riadení letovej prevádzky. Týmto sa však zmenia aj kritéria porovnávania simulátorov, keďže pribudnú nové funkcie a vlastnosti.

V tretej časti článku je analyzovaný súčasný stav v možnostiach simulovania činnosti PPR a sú definované základné požiadavky na takúto simuláciu. Sú popísané principiálne možnosti vytvorenia virtuálnej poveternostnej situácie skladaním z niekoľkých základných objektov. Ďalej sú analyzované požiadavky na

simuláciu činnosti v jednotlivých režimoch PPR. V poslednom odseku sú definované možnosti zaradenia simulovaných PPR do procesu výcviku v lietaní podľa prístrojov, spoločnom výcviku posádky (MCC) a v udržiavacom výcviku a kontrole úrovni vycvičenosti posádok. Uvedená analýza môže slúžiť ako návod pri ďalších krokoch pri zdokonaľovaní súčasných simulátorov a tak napomáhať zvyšovaniu bezpečnosti letovej prevádzky.

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu: „Brokerské centrum leteckej dopravy pre transfer technológií a znalostí do dopravy a dopravnej infraštruktúry ITMS 26220220156.“



Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/ Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ

Literatúra

- [1] HUM.ET1.ST07.3000-REP-OZ: Simulations Facilities for Air Traffic Control. EUROCONTROL. s. 13-18.
- [2] LETVIS SIM-ATC Simulator. Ales.
- [3] BEST 3D TOWER SIMULATOR SUMMARY SPECIFICATION. Micro Nav Ltd. May 2004.
- [4] Airborne Weather Radar Interpretation Honeywell™ . Používateľská príručka. Vydanie druhé, 2007. California, USA: 743-7700343-101117
- [5] Collins WXR-2100 MultiScan™ Radar. Používateľská príručka. Vydanie prvé, 2008. Cedar Rapids, USA: 523-0780944-101117
- [6] EASA: Annual Safety Review, 2011
- [7] JAA: JAR-FSTD A Aeroplane Flight Simulation Training Devices, 2008