



## VYUŽITIE GLOBÁLNYCH SATELITNÝCH NAVIGAČNÝCH SYSTÉMOV PRE PRIBLÍŽENIA PODĽA PRÍSTROJOV

Andrej Novák<sup>1</sup>, Ivan Ferencz<sup>2</sup>

### Úvod

V súčasnosti je navigácia lietadiel vo fáze priblíženia zabezpečovaná tzv. konvenčnými navigačnými zariadeniami, ako sú ILS, VOR alebo NDB. Je samozrejmou, že tieto navigačné zariadenia sa musia pravidelne obmieňať a prípadne aj modifikovať, pretože okrem toho, že dochádza k ich fyzickému starnutiu sa v priebehu času menia aj názory na smerovanie toku letovej prevádzky na letisku.

Pre mnohé letiská predstavuje rozhodnutie obnoviť navigačnú infraštruktúru letiska alebo niektorý jej prvok závažný, často neriešiteľný problém. V dôsledku toho sa prevádzkujú letecké pozemné zariadenia, ktorých plánovaná životnosť už dávno uplynula a s ich obnovou sa váha. Rozhodovanie v záležitostiach obnovy navigačnej infraštruktúry neľahčuje ani skutočnosť, že navigačná stratégia v európskom priestore je málo čitateľná, napríklad ciele uvedené v dokumente Navigation Strategy for ECAC z roku 1999 sa ukázali ako zjavne nerealistické, veď napríklad letecké pozemné zariadenia VOR a NDB sa podľa tohto strategického dokumentu v súčasnosti už nemali používať.

Dnes sa ukazuje, že jedinou možnosťou, ako najmä na menších letiskách udržať prevádzku podľa pravidiel na let podľa prístrojov je využiť potenciál globálnych navigačných satelitných systémov.

### Možné druhy prevádzky

Kým pri konvenčnej navigácii rozoznávame iba niekoľko druhov prístrojového priblíženia, ktoré sú pomerne jednoznačne navzájom rozlíšiteľné, pri priestorovej navigácii je situácia podstatne zložitejšia. Popri zaužívanom rozdelení prístrojových priblížení na presné a nie-presné, bolo potrebné nájsť miesto pre druhy priblíženia, ktoré síce poskytujú vedenie aj vo vertikálnej rovine, ale nespĺňujú požiadavky kladené na presné prístrojové priblíženia. Označujú sa pojmom „priblíženie s vertikálnym vedením“ a principiálne je možné medzi nimi rozpoznať dva druhy: priblíženia, pri ktorých je zostupová rovina definovaná pomocou

<sup>1</sup> doc. Ing. Andrej Novák, PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 1, 010 26 Žilina  
tel.: +421 41 513 3456, fax: +421 41 513 1517  
e-mail: Andrej.Novak@fpedas.uniza.sk

<sup>2</sup> Ing. Ivan Ferencz, Letecký úrad SR, Letisko M.R.Štefánika, 841 01 Bratislava  
tel.: +421 02, fax: +421 41 513 1517  
e-mail: Ivan.Ferencz@caa.sk

tlakového výškomera t.j. BARO-VNAV a také, kde je vertikálne vedenie zabezpečené využitím rozšírenia GNSS, napríklad SBAS. EASA AMC 20-27 umožňuje získať schválenie na prevádzku RNAV<sub>GNSS</sub> a BARO-VNAV. Na prevádzku APV-I, APV-II a ďalších s prísnejšími charakteristikami budú príslušné certifikačné požiadavky vydané v nasledujúcich rokoch.[1,2]

### Priblíženie pomocou základného GNSS

Priblíženie pomocou základného GNSS (Basic – GNSS) patrí do kategórie nie-presných priblížení. Traťové vedenie je zabezpečené iba v horizontálnej rovine. Konštrukcie postupov prístrojového priblíženia založeného na GNSS boli možné už od roku 1998, kedy ICAO prvýkrát zverejnilo konštrukčné kritériá pre základný GNSS. Následne niektoré štáty ECAC zaviedli GPS postupy priblíženia, pričom na vytvorenie národného regulačného rámca, certifikáciu lietadiel a schválenie prevádzkovateľov použili návody uvedené v dokumente JAA TGL 3. JAA neskôr došlo k názoru, že požiadavky uvedené v JAA TGL 3 nie sú dostatočné a začalo práce na úplnej revízii tohto dokumentu, ktorý mal pracovný názov JAA TGL xx. Po prevzatí úloh JAA organizáciou EASA, sa dokument ďalej pripravoval ako EASA AMC 20-27. Podľa pôvodného harmonogramu mal byť tento publikovaný v roku 2006, príslušné rozhodnutie riaditeľa EASA bolo vydané v decembri 2009.

Tolerancie používané na konštrukciu jednotlivých segmentov letových postupov sú uvedené v tabuľke.[3]

Tabuľka : Tolerancie na konštrukciu letových postupov pre základný GNSS

	<b>Terminál ny režim (km/NM)</b>	<b>IAF (km/NM)</b>	<b>IF (km/NM)</b>	<b>FAF (km/NM)</b>	<b>MAPt (km/NM)</b>	<b>MAHF (km/NM)</b>
Navigačná presnosť	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12
Monitor Integrity	3.70/2.00	1.85/1.00	1.85/1.00	0.56/0.30	0.56/0.30	1.85/1.00
Čas do alarmu	30 sec	10 sec	10 sec	10 sec	10 sec	10 sec
FTT	3.70/2.00	0.93/0.50	0.93/0.50	0.56/0.30	0.37/0.20	0.93/0.50
ATT	3.70/2.00	1.85/1.00	1.85/1.00	0.56/0.30	0.56/0.30	1.85/1.00
XTT	7.41/4.00	2.78/1.50	2.78/1.50	1.11/0.60	0.93/0.50	2.78/1.50
Ochranný priestor	14.82/8.00	5.56/3.00	5.56/3.00	2.22/1.20	1.85/1.00	5.56/3.00

### Priblíženie s vertikálnym vedením Baro-VNAV

Princíp Baro-VNAV spočíva vo vytvorení syntetickej zostupovej roviny kombináciou informácií o horizontálnej polohe lietadla voči RWY (LNAV) a výstupu z tlakového výškomera. Zostupová rovina je potom určená vertikálnym uhlom (VPA) a bodom v referenčnej výške nad prahom RWY (RDH). Vo všeobecnosti, z hľadiska techniky letu je takéto priblíženie podobné presnému prístrojovému priblíženiu v tom, že v postupe nie je

identifikovaný fix konečného priblíženia (FAF) ani bod nevydareného priblíženia (MAPt) a nepoužíva sa minimálna zostupová výška (MDH), ale výška rozhodnutia (DH). Postup je chránený, podobne ako postup ILS, prekážkovými rovinami (OAS), avšak tieto sú odvodené z výkonnosti systému horizontálnej navigácie. Kritériá na konštrukciu letových postupov Baro-VNAV zverejnilo ICAO v roku 2004. Certifikačné požiadavky sú uvedené v EASA AMC 20-27. [4]

Na vykonanie postupu Baro-VNAV je nevyhnutné splnenie týchto kritérií:

- Palubný VNAV systém musí byť schválený na vykonávanie priblížení a musí umožňovať rýchly prechod na kurzové vedenie vo fáze nevydareného priblíženia
- LNAV systém musí mať priečnu aj pozdĺžnu navigačnú výkonnosť lepšiu ako 0.3NM, čo je možné splniť
  - navigačným vybavením GNSS schváleným na priblíženia, alebo
  - viacsenzorovým systémom používajúcim blok inerčnej navigácie spolupracujúci s DME/DME alebo GNSS schváleným na priblíženia, alebo
  - RNP systém schválený na prevádzku RNP 0.3 alebo lepšiu
- navigačná databáza musí obsahovať traťové body a príslušné RNAV a VNAV údaje (RDH a VPA) o postupe vrátane údajov o postupe o nevydarenom priblížení, ktoré musia byť automaticky nahrané do navigačného systému

### Priblíženie s vertikálnym vedením APV I/II

Hlavný rozdiel medzi priblížením Baro-VNAV a APV I/II je v spôsobe, akým sa vytvorí zostupová rovina. V prípade priblíženia APV I/II sa tento účel predpokladá využitie družicového rozšírenia SBAS, v podmienkach SR to bude systém EGNOS. Certifikačné požiadavky budú zverejnené až vydaním EASA AMC 20-28.[6]

Požiadavky na horizontálnu presnosť sú rovnaké pre APV I a APV II rovnaké, 16.0m (95%), horizontálny výstražný limit (HAL) je 40.0m. Vertikálna presnosť pre APV I je 20.0m, kým pre APV II je to iba 8.0m. Vertikálny výstražný limit (VAL) pre APV I je 50.0m, pre APV II je VAL 20.0m. Na konštrukciu letových postupov sa používajú tolerancie uvedené v tabuľke.

	<b>Terminálny režim (km/NM)</b>	<b>IAF (km/NM)</b>	<b>IF (km/NM)</b>	<b>FAF (km/NM)</b>	<b>MAPt (km/NM)</b>	<b>MAHF (km/NM)</b>
Navigačná presnosť	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12	0.23/0.12
HAL	1.85/1.00	1.85/1.00	1.85/1.00	0.56/0.30	0.56/0.30	0.56/0.30
FTT	0.93/0.50	0.93/0.50	0.93/0.50	0.56/0.30	0.37/0.20	0.37/0.20
ATT	1.85/1.00	1.85/1.00	1.85/1.00	0.56/0.30	0.56/0.30	0.56/0.30
XTT	2.78/1.50	2.78/1.50	2.78/1.50	1.11/0.60	0.93/0.50	0.93/0.50
Ochranný priestor	9.26/5.00	5.56/3.00	5.56/3.00	2.22/1.20	1.85/1.00	1.85/1.00

**Tolerancie na konštrukciu letových postupov založených na SBAS**

Požiadavky na integritu, kontinuitu a dostupnosť signálu sú: integrita vyššia ako  $1-1 \times 10^{-7}$ , kontinuita lepšia ako  $1-8 \times 10^{-6}$  počas ľubovoľných 15s a dostupnosť v závislosti na

viacerých faktoroch ako intenzita prevádzky, počasie, dostupnosť alternatívnych možností navigácie, radarové krytie a pod. má byť lepšia ako 0.99 – 0.99999.

Predpokladá sa, že technika pilotáže bude rovnaká ako pri priblížení ILS a tomu bude zodpovedať aj tolerancia techniky pilotáže (FTT).

Postup je – podobne ako pri postupoch ILS - chránený prekážkovými rovinami OAS, ktoré sú pre APV I konzervatívnejšie ako pre APV II z dôvodu slabšej výkonnosti navigačného vybavenia. [7]

## Záver

Leteckí prevádzkovatelia by sa mali snažiť získať schválenie na prevádzku podľa AMC 20-27 aj napriek tomu, že zatiaľ nejde o povinnosť. Berúc do úvahy stratégiu ICAO, aby do konca roka 2014 bol na každej RWY k dispozícii postup prístrojového priblíženia s vertikálnym vedením, môžu očakávať investícia do palubného vybavenia a splnenia certifikačných požiadaviek sa zúročí najmä v podobe lepšej dostupnosti letísk nevybavených systémom postup ILS aj pri horších meteorologických podmienkach. Druhou možnosťou je počítať na dokument EASA AMC 20-28 a získať schválenie na prevádzku APV-I alebo APV-II, ktorá umožní ďalšie zníženie prevádzkových miním.

Článok je publikovaný v súlade s projektom „Implementácia vedecko-výskumných poznatkov do leteckej dopravy“ ITMS 26220220010. Ktorého strategický cieľ je v súlade s hlavným cieľom výzvy OPVaV-2008/2.2/01-SORO Operačného programu Výskum a vývoj – Zvyšovanie miery spolupráce výskumno-vývojových inštitúcií so spoločenskou a hospodárskou praxou prostredníctvom prenosu poznatkov a technológií a tým prispievanie k zvyšovaniu hospodárskeho rastu regiónov a celého Slovenska.

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



## Literatúra

- [1] Navigation Strategy for ECAC, Edition 2.1, EUROCONTROL, 1999
- [2] ANNEX 10 to the Convention of International Civil Aviation, Aeronautical Telecommunications, Volume I, Radio Navigation Aids, 6th Edition, ICAO, Júl 2006
- [3] AMC 20-27, Airworthiness Approval and Operational Criteria for RNP
- [4] APPROACH (RNP APCH) Operations Including APV BARO VNAV Operations, EASA, 2009
- [5] Leaflet NO 3, Rev 1: JAA Interim Guidance Material on Airworthiness Approval and Operational Criteria for the Use of the NAVSTAR Global Positioning System (GPS)
- [6] Doc 8168 Ops/611, Procedures for Air Navigation Services, Aircraft Operations, Volume II, Construction of Visual and Instrument Flight Procedures, 5th Edition, ICAO, 2006
- [7] Performance Based Navigation Manual (final working draft), ICAO, marec 2007