

# OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Název práce: **Model systému automatického řízení přesného přiblížení a přistání civilního dopravního letadla za použití informací DGNSS**

Disertant: **Mgr. Michal HVĚZDA, HONEYWELL AEROSPACE**

Oponent: **doc. Ing. Jiří HLINKA, Ph.D.,** Letecký ústav, Fakulta strojního inženýrství,  
Vysoké učení technické v Brně

Disertační práce „Model systému automatického řízení přesného přiblížení a přistání civilního dopravního letadla za použití informací DGNSS“ se zabývá problematikou umožnění automatizovaného přiblížení na přistání a přistání s využitím dat ze satelitní navigace. Práce má rozsah 135 stran včetně 12 stran příloh. Jde o originální a zajímavé dílo. Rozsah práce pokrývá širokou oblast problémů vztahujících se k řešení problémů družicové navigace, dynamiky letu a automatizace řízení letu. Autor musel nastudovat a zpracovat velké množství informací z různých oblastí. Dále pak musel správně aplikovat vhodná zjednodušení tak, aby bylo možné v rámci disertační práce dojít k uceleným výsledkům. Samotné závěry práce jsou zajímavé a průmyslově využitelné.

## *Aktuálnost tématu disertační práce*

Rozvoj navigačních postupů založených na družicové navigaci, stejně jako procesy automatizace řízení letadel jsou vysoce aktuální oblasti. Práce odráží moderní trendy v letectví a reaguje na potřeby v této oblasti. Výsledky práce otevírají cestu k využití kombinace družicové navigace a systému EGNOS pro přesná přiblížení (minimálně v CAT I, možná i dále). Je zřejmé, že výsledky je možné přímo využít pro vývoj a certifikaci moderních pokročilých avionických soustav letadel. Z těchto důvodů považuji téma disertační práce za aktuální.

## *Cíle disertační práce*

Cíle disertační práce jsou rozděleny do dvou kapitol – 3. a 6. Obecné cíle uvedené v kap. 3 jsou podrobně rozpracovány v kap. 6 na základě logické sekvence popisu současného stavu. Jednotlivé cíle jsou formulovány realisticky a logicky na sebe navazují.

**Všechny vytyčené cíle disertační práce pak byly splněny v plném rozsahu.**

## *Úroveň rozboru současného stavu*

Historický vývoj i současný stav jsou stručně nastíněny v kapitole 2. Aktuální stav a poznatky v dílčích oblastech potřebných pro vývoj modelu automatického řízení přesného přiblížení a přistání jsou pak podrobně popisovány v kapitolách 4 a 5.

Texty podrobně popisují zejména existující předpisovou bázi a postupy používané v praxi. V oblasti rešerše výzkumných prací se však omezují pouze na evropský program SESAR. Celosvětová rešerše výzkumných programů a prací není v posuzované práci uceleně provedena. Částečně to kompenzuje velké množství odkazů na literaturu, ve které jsou zastoupeny i relevantní publikace dílčích výzkumů ve sledované oblasti.

### ***Použité metody řešení a způsoby jejich aplikace***

Autor promyšleně popisuje dostupné metody, aby z nich vybral nejvhodnější pro další rozpracování a dosažení cílů práce. Stěžejní je v tomto smyslu kapitola 5, která podrobně popisuje dostupné technologie a nástroje (matematické a jiné) využitelné pro dosažení cílů práce. V některých případech lze mít výhrady ke zvoleným definicím. Týká se to např. odst. 5.1.2, kde je zvolena definice spolehlivosti, která se ale vzdaluje typickým definicím mezinárodních technických standardů a odpovídá spíše pojmu bezporuchovosti. Obdobně lze diskutovat o definicích uvedených v kap. 5.2 *Metody pravděpodobnosti a matematické statistiky*. Nicméně, ani v jednom případě to nemá pro prezentované výstupy práce fatální vliv. Naopak cenný je v této části práce sběr relevantních informací ze širokého spektra zdrojů s cílem popsat požadavky na přesnost a dostupnost navigačního signálu při přistání, a zároveň současných schopností družicové navigace.

Postupy vybrané pro další řešení v práci potom autor podrobně popisuje v kap. 7, kde je popsáno fungování modelu systému automatického řízení přesného přiblížení a přistání civilního dopravního letadla za použití informací DGNSS. **Celý postup řešení je promyšlený, logicky a srozumitelně prezentovaný a dostatečně teoreticky podložený. Navržený postup je možné prakticky aplikovat.**

Simulačním ověřením modelu včetně výsledků se autor zabývá v kap. 9. Zásadní pro posouzení splnění vytčených cílů je potom odst. 9.3.10 s tabulkou shrnující dosažené výsledky.

### ***Teoretický přínos disertační práce***

**Jeden z teoretických přínosů práce vidím ve formulaci postupů umožňujících simulaci přesného přiblížení letounu s využitím zvoleného navigačního signálu. Tyto postupy lze využít pro prvotní ověření výkonnosti (schopností) daného navigačního signálu pro specifické fáze letu.**

**Druhý z teoretických přínosů se vztahuje na aplikaci kombinace družicové navigace (konkrétně GPS) a systému EGNOS. V práci autor na základě modelů a simulací prokazuje potenciál této kombinace splnit podmínky pro přesná přiblížení (minimálně v CAT I, možná však i v CAT II, avšak v případě CAT III by podle mého názoru průkazný model musel být výrazně rozšířen o automatické dosednutí a vedení letounu po dosednutí – v tom se s názorem autora lišíme).**

### ***Přínos disertační práce pro praxi***

Přínos navržených postupů pro praxi spočívá zejména v úvodním ověření výkonnosti (schopností) daného navigačního signálu, což je nutný předpoklad pro další vývojové kroky vedoucí k praktické realizaci automatických systémů řízení využívajících tuto metodu navigace.

Dalším krokem však nutně musí být experimentální ověření učiněných závěrů.

### ***Formální úroveň práce***

Po stránce formální a jazykové je práce zpracována velice pečlivě s minimem překlepů a chyb. Členění práce je přehledné a kapitoly na sebe logicky navazují. Rozsahy jednotlivých kapitol odpovídají potřebám a zaměření práce. Větší pozornost by si však zasloužily schémata modelu a grafy prezentující výsledky, ve kterých jsou špatně čitelné texty.

### ***Zkrácená verze tezí***

Předložené zkrácené teze dobře vystihují obsah práce a jasně a srozumitelně prezentují výsledky disertační práce.

### **Dotazy**

Doporučuji, aby se autor při obhajobě své práce vyjádřil k následujícím otázkám:

- 1) Zabýváte se možností automatizace navedení na přistání z pohledu přesnosti dostupného signálu. Jak bude podle Vašeho názoru třeba řešit procedury / zálohování bezpečnostně kritických funkcí v případě poruchových stavů? (Dotaz míří spíše na palubní vybavení letounu, než zajištění bezpečné funkce EGNOS, kde je poskytnuta určitá míra zálohování i informace o dostupnosti signálu.)
- 2) Můžete blíže rozebrat funkci Kálmánova filtru a zejména jak jste se vypořádal s vlivy zpoždění? Dotazem je myšleno, jaké kritérium jste použil pro hodnocení toho, kdy je ještě zpoždění akceptovatelné. Počáteční zpoždění na grafech vyhodnocení (obr. 54-61) se zdá být poměrně značné pro účely řízení letounu po trajektorii přiblížení na přistání.

### **Závěr**

Předložená práce je velmi promyšleně a pečlivě zpracovaná. Obsahuje ucelený přehled o problematice automatického řízení přiblížení a přistání s využitím informací DGNSS. Práce je původní a zajímavá. Její zpracování jednoznačně ukazuje na schopnost autora vyvíjet samostatnou cílevědomou činnost v oblasti výzkumu a vývoje. **Doporučuji**, aby panu **Mgr. Michalu Hvězdovi** byl po úspěšné obhajobě udělen akademický titul „doktor“.

V Brně dne 18.3. 2021



doc. Ing. Jiří HLINKA, Ph.D.

