

Oponentský posudek dizertační práce

Název: **Analýza vlivu pilota na modální parametry soustavy řízení lehké letecké konstrukce**

Autor: Ing. Tomáš Sommer, Ústav letadlové techniky, Fakulta strojní, ČVUT v Praze

Školitel: Doc. Ing. Svatomír Slavík, CSc.

Předložená dizertační práce má 65 stran textu a nespočetné množství příloh, na něž často chybí odkaz v textu a jejichž vinou práce končí až na straně 177. Práce se zabývá aktuálním tématem odolnosti letecké konstrukce vůči aeroelastickým jevům a je členěna do dvanácti kapitol, z nichž dvě se věnují použitým zdrojům a autorovým publikacím..

V úvodní kapitole autor zmiňuje důležitost tématu, z čehož vyplývá, že jeho hlavní motivací je zvýšení bezpečnosti malého sportovního létání. V druhé kapitole je velmi krátký rozbor současného stavu poznání. Této kapitole by bylo dobré věnovat podstatně větší prostor. Zdá se mi nepravděpodobné, že by se nikdo problémem tuhosti řízení při zkouškách odolnosti aeroelastických jevů nezabýval ani u větších letounů. A pokud skutečně ne, nabízí otázka proč asi? Navíc zde chybí jakýkoliv důkaz provedené rešerše, která je vstupním předpokladem pro zvolení vědecky přínosného tématu práce. Jediné, co se o dané problematice ultralehkých letadel dozvíme je, že požadavky jsou dány předpisy CS23 a FAR. A to není pravda. K těmto předpisům přihlédnout lze, avšak obecně se jedná o podstatně vyšší kategorie letounů. Navíc je zde zmínka o maximální vzletové hmotnosti UL kategorie 472,5 kg, která již není aktuální, neboť již delší dobu je ve všeobecné známosti přechod na MTOW 600 kg. Tato předpisová nejednoznačnost je poněkud napravena v kapitole 2.1. Požadavky předpisů, kde jsou již uvedené nejčastěji používané předpisy. Také je zde uveden termín dynamická nestabilita a zásoba dynamické stability, která z terminologického hlediska vyvolává dojem, že je zde řeč o rozdílu mezi polohou dynamického bodu letounu s pevným řízením a aktuální polohou těžiště, což v tomto případě pravda nebude. Naproti tomu si literaturu ohledně popisu člověka z pohledu biomechaniky doktorand prošel a našel řadu vhodných zdrojů pro použití ve své práci.

V kapitole třetí si doktorand vytýčil dva hlavní cíle, prokázat vliv pilota na „dynamickou stabilitu“ a připravit návrh inovace zkušební metodiky.

V kapitole 4 doktorand popisuje experiment, kde několik zařízení získávající data nebylo synchronizováno. Je to škoda, protože synchronizace hodin je u moderních měřicích přístrojů běžnou záležitostí a dá se tak předejít některým problémům se synchronizací v postprocesingu. Dále je v tabulce 7 Použité snímače uvedena hodnota 98000g pro siloměr. Tato chyba se objevuje i v dalších tabulkách. Navíc jednotka „g“ se neobjevuje v seznamu použitých veličin a tak ani nejde dohledat, co tím bylo myšleno. Po popisu experimentu následuje kapitola 5 a 6 zabývající se výpočtem svalové činnosti a vnějším popisem pilota. Zde bych měl výtka k přepočtu zrychlení na polohu. Téměř vždy je lepší mít přímo měřenou veličinu než její dopočet pomocí dvojitě integrace zvláště v případě, kdy pro měření této veličiny stačí velmi jednoduchý a laciný senzor. Celé úsilí je završeno v kapitole 5.3 konstatováním, že z důvodu velkého rozptylu mezi měřenými a vypočtenými hodnotami nebude využit model pilotovy ruky stanovený metodou stavového systému. Zajímavostí je, že popis stavového systému se objevuje až v kapitole 6.2. Tyto kapitoly jsou uspořádány nelogicky a jejich závěry, nebo spíše přínosy pro práci nejsou zcela jasné. Následuje kapitola 7 popisující další experiment se zahrnutím vlivu pilota formou zpětné vazby a samotný

výpočet flutterové analýzy a přehled dílčích výsledků, kde se autor zmiňuje o nezanedbatelném vlivu a snížení kritické rychlosti flutteru až o 25%.

V kapitole 8 je popsán návrh inovace metodiky pozemních zkoušek, kde doktorand v několika odstavcích navrhuje doporučení a změny při měření. Zda je toto splněným cílem uvedeným v kapitole 3 je do diskuze. Ve zbylých dvou kapitolách je rozbor dosažených výsledků a zhodnocení přínosů pro praxi a pro vědu. Z vědeckého hlediska je práce jistě přínosná, avšak z hlediska použitelnosti v praxi a zvyšování bezpečnosti letectví to už tak jednoznačné není. Pokud uvážíme, že letouny vyšších kategorií používají velmi podobné postupy stanovení odolnosti letounu vůči aeroelastickým jevům a bezpečně létají, pak musíme zvážit, zda je přínosné do oblasti malého letectví zavádět pracnější a složitější postupy.

Navzdory výše zmíněným připomínkám lze konstatovat, že předložené pojednání ke státní doktorské zkoušce splňuje požadavky kladené na tento druh prací.

Celkové zhodnocení:

Práce po grafické formální stránce dobrá. Doktorand dokázal zvládnout komplikovanou kombinaci výpočetních modelů a experimentů, z nichž vytvořil hodnotné závěry a tím prokázal dostatečné znalosti v dané problematice. Navzdory výše uvedeným připomínkám lze konstatovat, že předložená dizertační práce splňuje požadavky kladené na tento druh prací a proto práci doporučuji k obhajobě.

Při prezentaci a obhajobě uvítal názor doktoranda na následující problematiku:

1) Můžete popsat charakteristiky vámi použitých akcelerometrů a siloměrů, kde zmiňujete jejich nelineární chování?

V Brně 7. ledna 2020

doc. Ing. Ivo Jebáček, Ph.D.
Letecký ústav FSI, VUT v Brně