

OPONENTNÍ POSUDEK

na disertační práci

Název disertační práce:	Plán prohlídek a údržby draku malého dopravního letounu s využitím moderních přístupů
Autor:	Ing. Rostislav Košťál, Letecký ústav FS VUT v Brně
Školitel:	doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D., Letecký ústav FS VUT v Brně
Oponent:	doc. Ing. Miloslav Petrásek, CSc., Katedra letectva a letecké techniky, Univerzita obrany v Brně

Disertant předložil práci, která se zabývá problematikou údržby malého dopravního letounu, přičemž jak deklaruje, při jejím zpracování využívá moderních přístupů. Základní filosofií práce je využít již ověřené poznatky, prověřené v systémech údržby velkých dopravních letadel a tyto zkušenosti, rozvinuté na bázi některých méně standardních postupů implementovat na nižší hmotnostní kategorie letadel. Práce je poměrně rozsáhlá. Je zpracovaná na 164 stranách a je doplněna řadou příloh.

Vlastní práci je možno rozdělit na několik částí. První část je vstupem do problému, kde autor seznamuje s problematikou údržby letounu obecně a zdůrazňuje některé problémy, které je třeba při zpracování programu údržby akceptovat. Druhá část předkládá návrh nového přístupu pro zpracování plánů prohlídek a údržby, zatímco ve třetí části je předložena využitelnost navržených a rozpracovaných metod při řešení návrhu plánu údržby křídla moderního MDL L-410 NG. V poslední části jsou pak obsaženy přílohy a nezbytné údaje, jako označení, literatura a podobně, které jsou pro tento druh práce nezbytné.

V úvodu práce hovoří autor o zaměření práce a předkládá základní terminologii z oblasti metod obsluhy a údržby letecké techniky. Následují cíle disertační, které jsou vhodně uvedeny krátkým vysvětlujícím komentářem, načež následuje jejich podrobný výčet. Je možno konstatovat, že cíle práce jsou definovány logicky, přehledně a lze se s nimi ztotožnit. Otázkou však je, zda objem prací, které si autor zvolil k řešení, není na jednoho řešitele poněkud obsáhlejší.

V kapitole tři je pojednáno o problematice životnosti letadla formou krátkého vysvětlení základních přístupů k řešení. Vysvětlení je možno považovat za dostačující, stejně tak jako charakteristika poruch konstrukce, které se mohou při provozu letecké techniky objevit. Za zmínku by určitě stálo více zdůraznit možné projevy a důsledky koroze, která ve své rozmanitosti může vést mimo jiné až ke vzniku a rozvoji únavových poškození.

V následujících kapitolách autor seznamuje s historickým vývojem metod údržby a následně pak stručně předkládá přehled prověřených používaných metod a přístupů. V kapitole pět, zaměřené na moderní metody údržby předkládá koncepci RCM (údržba zaměřená na bezporuchovost) a dokladuje její využívání v mnoha oblastech průmyslu. Současně uvádí, že metody údržby MSG velkých dopravních letounů, například B-747, jsou v principu rozvíjeny právě na filosofii RCM. Následuje popis vývoje metod MSG-1 až MSG-3,

přičemž je třeba ohodnotit fakt, že dominantní složkou těchto metod údržby se vedle technických přístupů objevuje silně narůstající vliv ekonomický. Je zjevné, že problematiku MSG pro velká letadla prostudoval disertant velmi podrobně a odpovědně, o čemž svědčí nejen logika a přehlednost zpracování, ale také řada odkazů na literaturu, které se v textu objevují. Kladem je rovněž skutečnost, že zpracoval poměrně podrobně přednosti i nedostatky plánování údržby metodami MSG, což je nesporně důležitý podklad pro jeho další řešení. Objevuje se i poznámka o tendencích zavádět tyto metody u malých dopravních letadel, ovšem konkrétní poznatky a zkušenosti jsou v této fázi spíše zanedbatelné.

Jak je správně poznamenáno, všechny postupy údržby podléhají předpisům, přičemž implementace metod MSG na malá dopravní letadla bude předpisovým požadavkům podléhat úplně stejně jako údržba velkých dopravních letadel. Autorovi se podařilo shromáždit soubor předpisů, platných pro zpracování podkladů údržby velkých letadel s tím, že totéž bude nutno zpracovat s potřebnými obměnami i pro MDL.

Kapitulu sedm je možno považovat za zásadní materiál, od kterého se nesporně odráží vlastní řešení nového přístupu plánování údržby malých dopravních letadel. Autor zde hned v úvodu poznamenává, že se jedná v podstatě o metodiku platnou pro velká dopravní letadla, postavenou na MSG-3. Pasáž je zpracována poměrně rozsáhle, velmi přehledně a zjevně obsahuje všechny zásadní aspekty, které je třeba při zpracování plánů údržby akceptovat. Přesto je třeba tuto část chápat, cituji autora ze strany 43, z větší části jako převzatou přímo z MSG-3, takže konkrétní přínos autora v této pasáži prakticky nelze definovat. Přesto znovu konstatuji, je to zjevně výchozí odrazový můstek pro rozvoj nového řešení.

Kapitola osm je již plně věnována způsobům získávání podkladů pro stanovení intervalů údržby letadla. Výchozími podklady jsou podklady z oblasti únavy. Autor, jak sám uvádí, se zaměřuje především na problematiku Damage Tolerance, což jednoznačně poukazuje na potřebu definovat parametry vznikajících a šířících se trhlin. Bohužel tato, byť krátká pasáž, obsahuje řadu nesprávných a nepřesných tvrzení, která nebudu rozvádět. Upozornil bych pouze na to, že na obrázku 8-1 není spektrum zatížení. Zmíněna by mohla a měla být, v souvislosti s detekcí trhlin, také tzv. kritická místa konstrukce a možnosti a přesnost jejich stanovení. Bez toho je totiž celkem obtížná aplikace metod NDT a plánování údržby vůbec. Následuje přehled nedestruktivních metod, které doktorand uvádí jako případně využitelné v rámci svého modelu údržby. Tento přehled a jednotlivé charakteristiky lze s drobnými výhradami přijmout, jen je třeba poznamenat, že vedle uvedených metod by jistě nezapadla ani stále se rozvíjející metoda termografická, která vykazuje příznivé výsledky zvláště u potahových prvků včetně integrálních potahů a rovněž tak u materiálů kompozitních, kde umožňuje detekovat nejen klasické poruchy typu přetržení, rázového poškození, atd. ale také různé bubliny, vměstky, včetně různých forem a rozsahů delaminace. Výhrady bych měl i k tvrzení, že u optických metod nepřímých je přerušena optická dráha mezi okem a zkoumaným místem. Tato dráha je zachována, i když jen prostřednictvím například optického kabelu.

Určité výhrady v této kapitole mám také k termínu počáteční délka trhliny. Tento termín by měl být přesněji definovaný, protože pak všechna následující tvrzení jsou zavádějící.

Problematika jednotlivých faktorů, tak jak je uváděna na straně 77 a následujících, je dle autora převzata z literatury 51. Je tedy zřejmě již prověřena praxí a proto není na místě se jí zabývat.

Na straně 88 v této kapitole je pak uveden přehled informací, které je nutno znát k tomu, abychom mohli efektivně využít metody NDT. S tímto přehledem úkonů je možno souhlasit až na určité drobnosti. Je třeba si uvědomit, že pomocí NDT poruchu hledáme a naším úkolem je přesně určit její polohu, hloubku a velikost. Tato fakta sice můžeme a priori předpokládat, odhadovat, ale určitě je nebudeme znát.

Stejný postoj, jako jsem zaujal k problematice faktorů uváděných na straně 77 zaujímám ve svém hodnocení také k otázce ovlivňujících faktorů, které jsou dle autora zpracovány a zřejmě i přejaty z literatury 24.

Poslední poznámku, kterou musím vyřknout v souvislosti s problémy, řešenými v kapitole 8 je tvrzení na str. 84, totiž že počáteční inspekce musí být provedena nejpozději v polovině navrhované životnosti letadla. Toto tvrzení je poněkud zavádějící a do jisté míry naznačuje, že některé otázky snad mohly být analyzovány důkladněji.

Kapitola devátá je zřejmě vyvrcholením teoretické části disertační práce. Právě zde jsou rozpracovány, voleny a hodnoceny jednotlivé metody, vedoucí k optimálním volbám inspekčních metod. Hned v úvodu však musím poznamenat, že přístupy se z hlediska typu letadla, pro něž se má inspekce navrhovat, jeví jako obecné, jinými slovy se zde ztrácí to v úvodu deklarované zaměření na malá dopravní letadla. Možná že právě zde měl být jeden z cílů disertační práce výrazněji zdůrazněn.

Na druhé straně souhlasím s rozhodnutím disertanta zaměřit se na vícekritériální přístupy na úkor například zmíněné fuzzy logiky. Je pravdou, že prakticky všechny zde využitelné přístupy budou postaveny na expertních posouzeních, navíc do volby inspekčních metod budou vstupovat informace z únavových zkoušek, které jsou, jak známo obecně zatížené poměrně velkým rozptylem. Přesto souhlasím s doktorandem, že zvolená metoda bude zřejmě z kategorie těch schůdnějších. Stejně tak považuji za rozumné orientovat se na přístup vícekritériálního hodnocení variant, protože optimalizační model by do rozhodovacího procesu vnesl spíše komplikace. Určité výhrady mám ke klasifikaci parametrů inspekčních metod, které jsou uvedeny v tab. 13. Tuto kritiku předkládám i pro případ, že by tyto tabulky byly převzaty z lit. 27. Tato klasifikace je samozřejmě nesmírně významná, ovšem z hlediska přístupu doktoranda to chápu spíše tak, že předkládá spíše metodiku než konečné a platné rozhodnutí.

K dalším částem této kapitoly, kde je řešena problematika vah jednotlivých kritérií a následně pak metody stanovení pořadí variant nemám připomínek.

Ve finále kapitoly pak autor předkládá aplikaci vícekritériálního hodnocení do výběru inspekční metody. V principu s uvedeným návrhem souhlasím, i když si dovoluji poznamenat, že omezení se pouze na tři uvedené varianty nebude asi dostačující, stejně tak jako bych neopomněl do kritérií, která jsou určité v pořádku doplnit ještě alespoň kvalifikaci odborného personálu, poněvadž zde jsou požadavky poměrně přísné. Rovněž postup pro výběr varianty považuji za přijatelný i když se stále nemohu ztotožnit s způsobem hodnocení detekovatelné trhliny.

V desáté kapitole předkládá autor případovou studii, na které ukazuje životaschopnost a přednosti jím navrženého řešení. Studie je poměrně rozsáhlá a je možno konstatovat, že prokazuje využitelnost všech teoretických předpokladů, které autor rozepsal v předcházejících kapitolách. Z tohoto pohledu je tedy možno konstatovat, že teoretické úvahy autora mají své opodstatnění a že je bude možno nesporně využívat a dále rozvíjet. Na druhé straně je však zachovat při hodnocení dosažených výsledků určitou obezřetnost, protože sám autor uvádí zaměření studie pouze na jeden konstrukční prvek draku, což může výsledky použití navržené metody v této fázi poněkud zkreslovat a navíc některé ve výpočtu použité podklady nejsou, jak uvádí sám autor, jednoznačně definované. Stejně tak data o korozi nelze zadávat na základě představ o možnostech výskytu, ale pouze a jedině na základě experimentálních podkladů. Jinak se výsledky dostanou úplně mimo realitu. I přes uvedené kritické připomínky si dovoluji tvrdit, že případová studie předkládá dostačující důkaz o tom, že autorem navržené řešení může významnou měrou přispět k sestavování efektivnějších plánů údržby letecké techniky.

Závěr:

Disertační práce doktoranda Ing. Rostislava Koštiala řeší poměrně závažný problém, směřující k zefektivnění provozu letecké techniky. Navrhl, rozpracoval a na praktickém případě výpočtově ověřil, že lze nalézt cestu k efektivnějšímu plánování údržbových prací na letecké technice. Využil poznatků a zkušeností z řešení těchto problémů u velkých dopravních letadel, které rozpracoval tak, aby byly tyto zkušenosti využitelné také u dopravních letadel nižších hmotnostních kategorií. Nepříjemným rysem, který se objevuje ve více částech disertační práce zůstává skutečnost, že do řešení vstupovalo poměrně dost faktorů, které však reprezentují spíše rozsáhlé samostatné disciplíny (únava leteckých konstrukcí, lomová mechanika, koroze letecké techniky a další), a při jejich zvládnutí a aplikaci se doktorand občas uchyloval k přístupům, které ne vždy a ne zcela jednoznačně charakterizovaly skutečný stav věci. Po formální stránce je práce zpracovaná na vysoké úrovni a kromě několika nevýznamných překlepů k ní nemám žádné připomínky. Přes všechny kritické připomínky, které se v rámci tohoto hodnocení objevily však mohu konstatovat, že doktorand zvládl problém, který si naformuloval velmi odpovědně a odborně na velmi solidní úrovni, naplnil všechny zásadní cíle které si na začátku práce stanovil a já tedy mohu konstatovat, že disertační práce pana Ing. Koštiala splňuje požadavky, kladené na tento druh práce a proto doporučuji předložit k obhajobě a v případě úspěšného obhájení doporučuji jmenovanému udělit titul Ph.D. ve zkratce „doktor“.

V Brně, 21.11.2017

Doc. Ing. Miloslav Petrásek, CSc.

V rámci obhajoby nechť doktorand odpoví na následující dotazy:

1. Co je uvedeno na obrázku 8-1 a jak ve skutečnosti vypadá spektrum zatížení?
2. Jakým způsobem byl určen zárodek únavové trhliny na podélné výztuze integrálního potahu (obr. 10-7)
3. Shrňte krátce fakta, která jednoznačně potvrzují, že původní přístup MSG-3 bude po přepracování vhodný právě pro MDL a proč.