

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Návrh cvičného pokračovacího a lehkého bojového letounu
Jméno autora:	John Kohout
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav letadlové techniky
Oponent práce:	Vojtěch Spálenský
Pracoviště oponenta práce:	AERO Vodochody AEROSPACE a.s.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<p>Vypracování práce dle zadání, tedy sestavit poláru letounu, spočítat základní výkony a zhodnotit nutné konstrukční úpravy při remotorizaci, dle mého představuje dva až tři měsíce soustavné práce. Takováto práce by mohla sloužit jako podklad k rozhodnutí, zda použít nový profil křídla, vyměnit motor, případně obojí.</p>	

Splnění zadání	splněno s většími výhradami
<p>Prvním úkolem bylo sestavit poláru letounu AJT s křídlem s novým profilem. Tento úkol považuji za klíčový bod práce, jelikož bez sestavené poláry nelze počítat letové výkony. Student sestavil vyvážené poláry s vlivem stlačitelnosti vzduchu letounu AJT s původním profilem křídla i s novým profilem. K tomuto bodu mám pouze drobnou výhradu a to, že student neuvedl rozložené poláry. Naopak nad rámec zadání sestavil poláry i pro konfigurace s vysunutými klapkami. Rozložené poláry jsou důležité při výpočtu minimálních rychlostí a při vývoji letounu k volbě nastavení úhlu mezi rovinou trupu a rovinou křídla a k volbě geometrie podvozku pro nastavení úhlu náběhu při pohybu po zemi.</p> <p>Druhým úkolem bylo porovnat předpokládané výkonové parametry letounu AJT s motory F-124 a AI-222-30. Porovnával výkony tří variant a to letounu s motory F-124 a AI-222-30 s původním křídlem a letounu s novým křídlem a motorem AI-222-30. Pro úplnost výsledků by bylo vhodné uvažovat i variantu s novým křídlem a motorem F-124. Výkonové parametry, které měly být spočítány, nejsou uvedeny v zadání práce a student si je volil sám. Student počítal maximální rychlosti letu, rychlosti stoupání, doby výstupu do zvolených letových hladin, maximální násobky v ustálené horizontální zatáčce, praktický dostup a dolet při optimální výšce a rychlosti letu, tedy maximální dolet. Celkově jsou vybrané výkonové parametry vhodné pro srovnávání letounů. Pro srovnání letounů by bylo třeba doplnit zvolené výkony o:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Srovnání minimálních rychlostí v letové a případně i přistávací konfiguraci (i když je výpočet minimální rychlosti uveden, výsledky chybí). -Uletěné vzdálenosti a spotřebované množství paliva při stoupání do letové hladiny (využije se při výpočtu doletu). -Násobky v ustálené zatáčce o násobky v neustálené zatáčce (pro vyhodnocení důsledků změny profilu křídla) <p>Výpočet doletů je natolik zmatečný, že ho nelze použít pro srovnání jednotlivých variant. Dolet je jeden z nejvýznamnějších výkonových parametrů a je nezbytný pro rozhodnutí o provedení remotorizace, případně změny profilu křídla.</p> <p>Třetím úkolem bylo posoudit nutné změny v konstrukci draku při remotorizaci z motoru F-124 na AI-222-30. I když tento bod zadání je doplňkový úkol, tak jeho rozpracování v rozsahu menším, než jeden a půl strany nepovažuji za dostatečné. Chybí zde jakýkoliv údaj o hmotnosti, či rozměrech motorů. Není zde uvedena žádná konstrukční úprava, která bude při přestavbě nutná, ani není konstatováno, že konstrukční úpravy nebudou nutné. Student zde pouze zmatečně píše o volbě přepážky/přepážek, na které je možné uchytit hlavní závěs motoru, významu polohy motoru v trupu z hlediska těžiště letounu. Následně rozebírá polohu APU a vyvedení výstupních plynů z ní. Není vysvětleno, proč stávající umístění nevyhovuje. Především chybí údaj o průměru a délce motoru a není tedy zřejmé, zda nový motor do stávajícího draku půjde namontovat bez zásahu do vnějších rozměrů. Celkovou konstrukční náročnost remotorizace tedy není možné ani odhadnout. To znemožňuje rozhodnutí, zda remotorizaci provádět.</p>	

Zvolený postup řešení	správný
<p>Zvolený postup řešení při výpočtu vyvážené poláry je správný. Vychází se z poláry bez výchyly výškového kormidla, která byla naměřena v aerodynamickém tunelu. Následně se polára přepočítává na vyváženou poláru započítáním přírůstku odporu od výchyly výškového kormidla. Není však uvažována změna vztaku, která by započítána být měla.</p> <p>Princip korekcí na stlačitelnost, kdy se vychází z poláry s vlivem stlačitelnosti podobného letounu a poláry zkoumaného letounu bez vlivu stlačení, je správný. Přestože student nezmiňuje důvod (korekce dle Prandtl-Glauerta, Karman-Tsien a Laitona jsou odvozeny pro profil a nikoliv celý letoun), tak student správně zavádí opravné součinitele. Ale není uvedeno, jakým způsobem součinitele získal. Konstatování „Koeficienty k_x a k_y se vybírají, aby křivka co nejlépe opisovala výchozí poláru L-39“ je nedostatečné. Vzhledem k tomu nelze vyhodnotit, zda je korekce na stlačitelnost provedena správně.</p> <p>Metody výpočtu maximálních rychlostí, stoupacích rychlostí, dostupů a maximálních násobků v ustálené zatáčce jsou správné. Dolet byl spočítán dle rovnice z literatury. Vzhledem k nesmyslnosti výsledků v tabulkách je třeba zvážit, zda je uvedená rovnice správná, nebo byla použita nesprávně. Každopádně stanovení optimální výšky a pravděpodobně i rychlosti letu odhadem je nepřijatelné.</p>	

Odborná úroveň	E - dostatečně
<p>Celkově hodnotím odbornou úroveň práce jako nízkou. Obzvláště jí snižuje hrubá neznalost matematiky a mezery v terminologii. Nedostatků, které snižují odbornou úroveň, je v práci více, uvedu zde některé z nich, pro ilustraci:</p> <p>Při výpočtu korekcí pro sestavení vyvážené poláry (kapitola 2.3.4) student prokládá přírůstky odporu od výchyly výškového kormidla v závislosti na součiniteli vztaku různými křivkami. Pro jednotlivé konfigurace volí různé křivky a to polynomy druhého stupně, polynom čtvrtého stupně a mocninnou funkci (student ji označuje jako exponenciální!). Přitom neuvádí žádné odůvodnění, proč volil tyto funkce. Předpokládám, že je vybral bez jakékoliv úvahy o fyzikální podstatě popisovaného jevu pouze podle toho, aby „hezky“ seděly na bodech, kterými jsou prokládány.</p> <p>V tahových diagramech (kapitola 4.1) není zřejmé, jakým způsobem byly zjištěny tahy uvedené v tabulkách. Student neuvádí, zda byly spočítány pomocí rovnic uváděných v příloze 12, nebo byly odečteny přímo z grafů, které sloužili jako zdroj. Hodnoty uvedené v tabulkách však neodpovídají ani rovnicím, ani odečteným hodnotám, což je zřejmé z tabulky 28, kde je uveden pro variantu AJT M30K tah 24 492N při rychlosti $M=0,78$ a pro variantu AS28 M30K tah 24 493N při rychlosti $M=0,79$. Podle grafu na obrázku 30 ovšem při těchto Machových číslech s narůstající rychlostí letu tah motoru klesá a podle rovnic v příloze 12 vychází 24 616 N respektive 24 599N. Navíc se v práci zanedbávají ztráty tahu zástavbou motorů do draku a to bez jakéhokoliv komentáře.</p> <p>Student poměrně často nevysvětluje, jak a proč počítá, což považuji v tomto případě, kdy se jedná především o výpočtovou diplomovou práci za velmi problematické. Ani se všemi zdroji uváděnými studentem není možné zopakovat jeho výpočty. To je nejvíce patrné při stanovování koeficientů k_x a k_y, kdy postup jejich zjišťování není uveden. Naopak celkem podrobně popisuje výpočet minimální rychlosti vodorovného letu, ale nepíše, proč jí počítá a nikde neuvádí výsledky pro jednotlivé varianty.</p> <p>Výpočet doletu je samostatná kapitola, která sráží úroveň výpočtu výkonů. Optimální výška přeletu je volena odhadem, stejně tak rychlost letu, respektive úhel náběhu. Navíc v textu autor uvádí „Nutno podotknout, že se nemusí jednat o maximální dolety letounů,...“, čímž odporuje názvu kapitoly, podle kterého měl počítat dolety při optimální rychlosti v optimální výšce, tedy maximální dolety. Navíc v tabulce jsou uvedeny největší dolety při letu rychlostí $M=0.8$, což je více, než maximální rychlost letu vypočítaná dříve. Navíc nelze zjistit, jaké spotřeby použil pro výpočet, protože tabulka v přílohách, na kterou se odkazuje, přináší k výpočtu praktického dostupu při vzletové hmotnosti a příslušná tabulka zcela chybí. To, že při výpočtu doletu neuvažoval stoupání do požadované letové hladiny a nárůst vytrvalosti při letu na rezervu paliva udává přes 20 hodin, se poté již jeví jen jako drobnosti.</p>	

Mezery v terminologii se projevují na straně 18, kde se tečkovaná čára v následujícím grafu označuje jako čerchovaná. Mnohem vážnější je poté v kapitole 5 označování pomocné energetické jednotky (APU) jako „pomocná pohonná jednotka“, či dokonce „záložní pohonná jednotka“.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

F - nedostatečně

Formální a jazyková úroveň práce je jedním slovem tragická. Překlepy se vyskytují již v poděkování (při psaní této práci) a nesmyslnosti již v seznamu zkratk (označení Q_0 jako „Celkové množství paliva spotřebované pro výpočty“). Není téměř stránka, kde by se nějaká chyba, ať již stylistická, gramatická, či překlep, nenašla. Uvádím zde pouze vybrané chyby:

Student použil křížové odkazy v textu, avšak vzhledem k tomu, že MS word neumí skloňovat, to dopadá takto: „znázorněny na obrázku Obrázek 1.“, nebo „v tabulce č.Tabulka 5.“, či dokonce „obrázku č.Obrázek 6Error! Reference source not found..“.

V práci se vyskytují nekonzistentní údaje, například na straně 23 je uvedena maximální výchylka klapek 44° , ale v popisku tabulky je 45° . Nekonzistentní je také popisování os v grafech, kdy student používá vypsání názvu veličiny i její zkratku (obrázek 12), pouze vypsání názvu veličiny (osa y v grafu na obrázku 13), nebo pouze její zkratku (obrázek 6).

Tabulky v práci nemají jednotnou grafickou úpravu, což je patrné zejména v přílohách. Navíc v některých tabulkách nejsou hodnoty vhodně zaokrouhleny. Udávat součinitel odporu na devět platných cifer (např. Tabulka 9) je vzhledem k přesnosti měření a odečítání z grafů nesmyslné.

Tabulky udávající příspěvky odporu od výchylky výškového kormidla jsou sestaveny nesrozumitelně. V tabulkách jsou hodnoty součinitele odporu bez výchylky kormidel, přírůstek součinitele odporu od výchylky výškového kormidla 10° a poté přírůstek od potřebné výchylky, která je v předešlé tabulce. Není však uvedena ona potřebná výchylka, ani výsledný součinitel odporu s potřebnou výchylkou.

V práci se také vyskytuje velmi mnoho vět, jejichž smysl je nutné si domyslet například „Díky vysokým hmotnostem pohonné jednotky, lze letoun obecně na závěr vyvažovat dle potřeby a dle modifikace.“. Smysl některých vět se mi rozluštit nepodařilo vůbec například „Z důvodu provedení dalších korekcí je tedy správné minimalizovat výchozí hodnoty pro další výpočty a provedení korekcí, aby se ostatní odchylky nesčítaly a nevznikaly tak větší chyby nebo odchylky.“.

Gramatické chyby se objevily například na straně 62, kde v souvětí: „Pro vypočítané výšky se vybrali maximální stoupací rychlosti a vynesli se do grafů v závislosti na výšce.“ Jsou chyby ve shodách podmětů s přísudky.

Výběr zdrojů, korektnost citací

C - dobře

Vzhledem k charakteru práce, který neumožňoval obsáhlou rešeršní část, student se zdroji pracoval v omezeném rozsahu. Zdroje byly vybrány vhodně vzhledem k požadovaným výsledkům.

Označení zdrojů chybí pouze v kapitolách 2.4 2.5, které se týkají použitých motorů. Chybí zde zdroj tvrzení, že „Dvouproudová pohonná jednotka Americké výroby Honeywell F124-GA-100 dále uváděna pouze jako F124 má ve své třídě nejlepší poměr tah – hmotnost.“. Není uveden ani zdroj tahových křivek a údajů o spotřebách.

Bibliografické citace nejsou zcela v souladu s citačními zvyklostmi. Zdroje číslo dva a tři jsou interní materiály. Chybí u nich informace o tom, kdo je vydal, a tudíž na koho se případný zájemce má obrátit. Poslední šestý zdroj je citován chybně, jelikož nejsou uvedena správná jména autora, ani titulu, mělo by být: “HOŘENÍ, Bohumír a Jiří ŠVĚDA. Aerodynamické charakteristiky letadel užívaných v Československém letectvu. Brno: VA, 1978.“

Další komentáře a hodnocení

Přestože použité postupy výpočtu hodnotím jako správné, tak celková úroveň práce a předložených výsledků neumožňuje použití vypočítaných hodnot jako podkladu k rozhodnutí o remotorizaci letounu, nebo změně profilu křídla. Pro použití k takovému rozhodnutí by bylo nutné práci přepracovat.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Předložená práce celkově působí nedodělaně. Práce obsahuje velké množství překlepů, časté jsou nesrozumitelné věty a vyskytují se i gramatické chyby. Práce obsahuje nedostatky i po obsahové stránce, zejména při výpočtu doletu a hodnocení konstrukčních úprav nutných pro remotorizaci. Hodnocení negativně ovlivnil i způsob prokládání bodů křivkami (a označování mocninné funkce jako „exponenciální“) a nedostatečná diskuze spočítaných výsledků zejména při výpočtu doletu.

Komise by měla zvážit, zda práci nevrátit k dopracování zejména po jazykové a stylistické stránce.

Student by měl při obhajobě zodpovědět následující otázky:

- 1) Proč byl při výpočtu poláry bez vlivu stlačitelnosti uvažován vliv výchytky výškového kormidla pouze na odpor a neuvažoval se i vliv na vztlak?*
- 2) Vysvětlíte větu: „Z důvodu provedení dalších korekcí je tedy správné minimalizovat výchozí hodnoty pro další výpočty a provedení korekcí, aby se ostatní odchylky nesčítaly a nevznikaly tak větší chyby nebo odchylky.“*
- 3) Jakým způsobem byly získány koeficienty k_x a k_y při výpočtu vlivu stlačitelnosti, jak se hodnotilo, že křivka „co nejlépe opisuje výchozí poláru“?*
- 4) Jakým způsobem byly získány tahy uvedené v tabulkách (zejména pro $H=2000\text{m}$) při výpočtu maximálních rychlostí?*
- 5) Jaké hodnoty hodinových spotřeb byly použity při výpočtu doletů? Jakým způsobem se určilo 11 000 m jako optimální výška letu?*

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **E - dostatečně**.

Datum: 18.8.2017

Podpis: