

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Výpočet axiální síly na hřídeli kompresoru turbovrtulového motoru
Jméno autora:	Iliia PAVLOV
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav letadlové techniky
Oponent práce:	Ing. Roman VESELKA
Pracoviště oponenta práce:	FS - Centrum leteckého a kosmického výzkumu

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Vlastní zadání bakalářské práce hodnotím jako průměrně náročné. Pro úspěšné splnění požadavků tohoto zadání se student musel navíc seznámit se základy práce s poskytnutým inženýrským programem Floinhance a s programovacím jazykem Python.	

Splnění zadání	splněno s většimi výhradami
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Student v podstatě splnil všechny požadované body zadání bakalářské práce. Nad rámec jejího zadání je v kapitole č.2 uvedeno rozdělení leteckých motorů na jednotlivé druhy a v kapitole č.3 uveden popis jednotlivých částí turbovrtulového motoru, což hodnotím kladně. Větší výhrady mám k těmto bodům zadání:	
<ul style="list-style-type: none"> a) Bod č. 1 - Popis sekundárních vzduchových cest turbovrtulového motoru. Popis uvedený v bakalářské práci je velmi strohý a rozhodně nereprezentuje všechny možné typy sekundárních vzduchových cest, které mohou být realizovány v motoru. b) Bod č.2 – Výpočtový model v programu Floinhance. Student sice nějakým způsobem popsal princip práce a použití uvedeného programu, ale bohužel již dále nikde neprezentoval použitý výpočtový model pro konkrétní případ jeho bakalářské práce. Absence alespoň jednoduchého schématu činí obtížným pochopit, v kterém místě zkušebního zařízení vlastně optimalizace probíhala. c) Bod č.4 – Návrh vyrovnávacího disku. V referenční geometrii byl původní vyrovnávací disk zcela odstraněn a jeho funkci převzal disk turbínový, vlastní optimalizace tedy spočívala pouze ve změnách parametrů labyrintové ucpávky realizované na vrcholu tohoto turbínového disku. Bylo by tedy vhodné doplnit výpočty, zohledňující vliv jednotlivých parametrů na velikost axiální síly, schematickými obrázky, ilustrujícími rozdíly od poskytnuté referenční geometrie 	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Student zvolil v rámci svých možností správný postup a metodu řešení. V běžné inženýrské praxi a při dostupnosti programu Floinhance by byl tento problém řešen stejným způsobem. Zvolený rozsah změny jednotlivých parametrů mající vliv na velikost axiální síly je dostatečný a plně pokrývá spektrum očekávaných výsledků. Parametry pro závěrečný výpočet kombinace vlivu jednotlivých změn jsou též zvoleny adekvátně a nemám k nim námitky.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborná úroveň vyhovuje požadavkům, které jsou kladeny na bakalářskou práci. V teoretické části práce sice student bohužel nepopsal fyzikální principy proudění v labyrintové ucpávce, ale správně identifikoval nejdůležitější geometrické parametry a jejich vliv na výsledné parametry ucpávky. V praktické části pak prokázal, že si osvojil základní principy práce s poskytnutým softwarem a provedl celou řadu výpočtů, na jejichž základě dospěl k závěru o nepotřebnosti modifikace	

stávající labyrintové ucpávky. Též seznámení s programovacím jazykem Python může být pro studenta do budoucna přínosné, i když v tomto případě je jeho využití poměrně diskutabilní. Pro vytvoření prezentovaného jednoduchého vyhodnocovacího algoritmu, by podle mého názoru plně postačil např. Microsoft Excel.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

C - dobře

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Jednotlivé kapitoly bakalářské práce jsou logicky rozděleny, návaznost obsahu je též logická a v souladu se způsobem popisu obdobně řešených úloh. Prezentované obrázky jsou jasné a srozumitelné. U prezentovaných grafů bych rozhodně nahradil procentuální vynášení hodnot na ose X absolutními hodnotami - např. Graf 2 (str.35), kde je maximální změna úhlu sklonu břitu vyjádřena jako 450 %. Navíc u Grafů 2, 3 a 4 (str.35, 36 a 37) by na ose Y nemělo být označení bezrozměrné síly FBR, ale spíše ΔFBR , jako rozdíl vypočítané axiální síly a její referenční hodnoty.

Výhrady mám k jazykové úrovni – v některých částech bakalářské práce je vidět, že autor není rodilý mluvčí a použité formulace nejsou příliš jasné a srozumitelné. Práci by určitě prospělo, kdyby byla před odevzdáním konzultována z jazykového hlediska s vedoucím nebo konzultantem této práce, nebo alespoň s jiným rodilým mluvčím.

Rozsah práce je z hlediska dosažených výsledků adekvátní, pouze praktické části by mohl být věnován větší prostor.

Výběr zdrojů, korektnost citací

B - velmi dobře

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Citované zdroje a prameny byly vybrány tak, aby bylo možné získat minimální znalosti, nezbytné ke splnění zadání bakalářské práce. Ke správnému pochopení problematiky by bylo vhodné vyhledat více literatury zabývající se vlastní problematikou sekundárních vzduchových cest. Použité zdroje lze tedy považovat za jakési minimum, ale pro potřeby bakalářské práce minimum postačující.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Prezentované výsledky vlivu jednotlivých parametrů labyrintové ucpávky na velikost axiální síly působící na turbínový disk jsou v souladu s teoretickými předpoklady; možná je trochu překvapivé, že tento vliv je v podstatě zanedbatelný, a to i v případě uvažování kombinace všech parametrů najednou. Dosažený výsledek lze použít jako výchozí studii pro detailnější analýzu. Do budoucna by bylo určitě vhodné provést porovnávací 3D CFD analýzu, pomocí komerčně vyvíjených programů (ANSYS CFX, ANSYS Fluent), která by mohla lépe postihnout tuto problematiku.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Bakalářská práce je zpracována v adekvátním rozsahu, pouze praktické části a prezentaci výsledků mohl být dán větší prostor. Kladně hodnotím volbu tématu, které je zaměřené na aktuální problém z oblasti leteckých motorů.

Otázka 1:

Do které skupiny vzduchových cest řadíme např. vnitřní chlazení rotorové lopatky turbíny nebo chlazení odtokové hrany statorové lopatky turbíny?

Otázka 2:

Nakreslete a stručně popište schéma výpočtového modelu, který byl použit v programu Floinhance pro oblast řešené labyrintové ucpávky na turbínovém disku.

Otázka 3:

Jaká je absolutní hodnota úhlu sklonu břitu ucpávky reprezentovaná v Grafu 2 (str.35) hodnotou 450 %?

Otázka 4:

Na straně 37 je uvedeno že, cituji: „Výsledná bezrozměrná axiální síla se rovnala $FBR=0,3$ %. Tento výsledek je největší změnou axiální síly na hřídeli kompresoru, již jsem mohl docílit změnou parametrů labyrintového těsnění“. Jak tomu tedy mám rozumět? Z kontextu celé práce lze soudit, že se jedná o největší procentuální nárůst axiální síly, kterého bylo možno dosáhnout, ale prosím o vysvětlení.

Předloženou bakalářskou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře.**

Datum: 21.8.2019

Podpis:

