

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	CFD výpočet aerodynamických charakteristik rakety
Jméno autora:	Lukáš Střelka
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav letadlové techniky
Oponent práce:	Ing. Jiří Teichman
Pracoviště oponenta práce:	Ústav letadlové techniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
Zadání práce hodnotím jako průměrně náročné. Ačkoliv je CFD výpočet mírně nad rámec bakalářského studia, tak v tomto případě se jedná pouze o analýzu hotového řešení, nikoliv aktivní návrh.	

Splnění zadání	splněno
Zadání bylo splněno ve všech bodech.	

Zvolený postup řešení	správný
Student nejprve popsal řešený problém a parametry rakety, rozebral fyzikální principy, které je nutno při výpočtu uvažovat, a provedl CFD výpočet. Postup hodnotím jako správný.	

Odborná úroveň	D - uspokojivě
<p>Odborná úroveň práce je na uspokojivé úrovni. V teoretické části obsahuje mnoho chyb a nepřesností (např. definice kapalin a plynů, definice členů v N-S rovnici, zcela chybějící rovnice continuity, tvrzení o ustálenosti laminárního proudění). V definici centra tlaku student uvádí, že aerodynamická síla do něho umístěná nevyvolává vůči tělesu aerodynamický moment. Toto je chybný předpoklad, neboť potom by tato síla nemohla raketu stabilizovat. Sekce popisující rovnice používané pro CFD řešení je velmi zmatená a obsahuje mnoho nepřesností (např. použití DNS pro laminární proudění, použití schématu upwind). Z popisu nevyplývá, jakou metodu autor použil (DES nebo RANS). Použitý turbulentní model SST k-omega vyžaduje pro správnou funkci y^+ mimo interval 1-30, nikoliv uvnitř. Prováděná optimalizace sítě tedy ve skutečnosti zhoršuje funkci použitého modelu. Dále není zřejmé, že se mezní vrstva nachází uvnitř prismatické části sítě, což je pro výsledek řešení důležitější než hodnoty y^+. V práci jsou definovány pouze některé okrajové podmínky, a to pouze vágně. Zcela pak v práci chybí nastavení řešiče. Z grafu hodnoty součinitele odporu není zřejmé, že se odpor ustálil, svislá osa má příliš velký rozsah. Student uvádí, že pro tuto aplikaci je vhodná výpočetní síť složená z šestihranných elementů, v práci ale zřejmě používá čtyřstěny. Pro tuto aplikaci by byla vhodná i polyhedrální síť, která by značně snížila počet elementů. Pro výpočet aerodynamické charakteristiky by bylo možné využít i symetričnost úlohy, z práce není zřejmé, proč tento postup nebyl zvažován. V práci chybí jakýkoliv grafický výsledek simulace (např. proudové nebo tlakové pole, y^+ na stěně atd.). Student naznačuje, že provedl analýzu citlivosti sítě, avšak v práci nejsou ukázány její výsledky. Některé předpoklady výpočtu nebyly řádně uvedeny (např. Reynoldsovo číslo, zanedbání vlivu spalín z motoru). Snižování aerodynamického odporu s rostoucím úhlem náběhu nebylo objasněno (příčinou mohla být chyba vyhodnocení síly, pokud nebyl uvažován potočený souřadný systém z důvodu nenulového úhlu náběhu).</p>	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	C - dobře
Z formálního hlediska se práce odchyluje od standardů značením rovnic (obvykle se značí číslem za rovnicí) a popisem tabulek (obvykle nad tabulkou). Místy chybí odkazy na obrázky. Práce neobsahuje seznam použitých zkratk. Z jazykového hlediska je práce na průměrné úrovni. Místy obsahuje překlepy, pravopisné a interpunkční chyby. Rozsah práce odpovídá bakalářskému stupni studia.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	C - dobře
Výběr zdrojů hodnotím jako dobrý. Největší nedostatek shledávám v umístění citačních odkazů na konce odstavců, z čehož není zřejmé, jaká informace pochází ze kterého zdroje a co jsou původní autorovy myšlenky. Práce obsahuje některá tvrzení, která nejsou podložena zdrojem a autor je nějak dál nerozvíjí. Citovaný manuál pro použitý CFD řešič je již sedm let zastaralý (vůči verzi, kterou používá autor). Práce dále obsahuje mnoho online zdrojů týkajících se CFD (což není samo o sobě špatně), ale mohlo to vést k autorově dezinformaci v některých aspektech. Seznam literatury je zapsán dle zvyklostí.	

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Práce pomocí CFD výpočtu prokazuje aerodynamickou stabilitu rakety. V teoretické části student popisuje základy aerodynamiky rakety a použité výpočetní metody. V této části práce bohužel trpí mnoha nepřesnostmi. V praktické části pak student provádí samotný CFD výpočet a jeho vyhodnocení. Samotný postup hodnotím jako správný, bohužel se v něm student dopouští několika chyb. Jako nejzásadnější vidím špatnou adaptaci sítě na y^+ , neuvedení nastavení simulace a nevysvětlení některých výsledků (pokles odporu se zvyšujícím se úhlem náběhu a „podezřelé“ hodnoty centra tlaku). V práci by také bylo vhodné ukázat i grafické výsledky simulace. V hodnocení přihlížím k relativní náročnosti CFD a bakalářskému stupni studia.

K obhajobě mám následující otázky:

- 1) Jak byl počítán součinitel odporu rakety?
- 2) Dokázal byste vysvětlit, proč nelze vypočítat centrum tlaku u rakety s nulovým úhlem náběhu?
- 3) Požadavek na stabilitu rakety byl zvolen 1,8-2,2 cal. Dle výpočtu bylo dosaženo hodnoty 2,51 cal a tedy tento požadavek nebyl splněn. Jaké jsou důsledky?

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

Datum: **19.6.2023**

Podpis: Jiří Teichman