

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	Numerické řešení hypersonického proudění nevazké tekutiny
<b>Jméno autora:</b>	Bc. Tomáš Skořepa
<b>Typ práce:</b>	díplomová
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta strojní (FS)
<b>Katedra/ústav:</b>	Ústav technické matematiky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Vladimír Prokop, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	Ústav technické matematiky, FS ČVUT

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání považuji za náročnější, protože použitá numerická schémata jsou poměrně složitá a relativně náročná na programovou implementaci.	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<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>	
Zadání bylo splněno v celém rozsahu.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Postup řešení je správný a zvolené metody jsou vhodné pro daný typ problému.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborná úroveň diplomové práce je výborná. Autor si osvojil znalosti z oboru matematické modelování, především metodu konečných objemů, programovací techniky a dynamiku tekutin. Podklady pro práci čerpal z odpovídající odborné literatury a data z těchto podkladů použil pro ověření správnosti svých výsledků. Odborné termíny jsou v textu použity korektně a je vidět, že se student v řešené problematice dobře orientuje.	

<b>Formální a jazyková úroveň, rozsah práce</b>	<b>A - výborně</b>
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Formální i jazyková stránka práce je na výborné úrovni. Text je srozumitelný, nevšiml jsem si žádných zjevných chyb. Zápis matematických vztahů je korektní a konzistentní. Práce má jasnou logickou strukturu. Rozsahem je práce standardní a obsahuje všechny požadované položky. Po grafické stránce je práce také na velmi dobré úrovni: obrázky a grafy jsou přehledné a srozumitelné a dobře ilustrují dosažené výsledky.	

<b>Výběr zdrojů, korektnost citací</b>	<b>A - výborně</b>
<i>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.</i>	

Autor vhodně cituje použité zdroje, je zřejmé, kterých částí textu se daný zdroj týká a až na publikaci [15] je bibliografie zapsána korektně. Výběr užitých publikací obsahuje knihy, skripta a odborné články převážně v anglickém jazyce. Jejich počet by mohl být i větší, nicméně tyto publikace dostatečně pokrývají problematiku zpracovávanou v textu.

#### **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.*

Programové řešení bylo vytvořeno v C++ (kód však nebyl publikován).

### **III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE**

*Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.*

*Práce se zabývá modelováním hypersonického proudění pomocí rotovaného hybridního schématu HLL/HLLC, který kombinuje numerické toky HLL a HLLC. Autor se nejprve zabývá soustavou rovnic popisující dvourozměrné stlačitelné nevazké proudění a obecně uvádí okrajové podmínky pro tuto soustavu. Následuje odvození metody konečných objemů v semidiskrétním tvaru, popis numerických toků HLL, HLLC a jejich předností a nedostatků. Stěžejní částí popisu numerických metod je rozebrání principu rotovaného hybridního schématu HLL/HLLC a jeho vlastností a dále popis schématu AUSM+up. Následuje rozbor časové diskretizace, realizace okrajových podmínek a vysvětlení metody vyššího řádu přesnosti v prostoru.*

*Autor se v aplikační části práce nejprve zabývá ověřením správnosti implementace numerických metod na testovací úloze transsonického proudění v GAMM kanálu. Další testovací úlohou je hypersonické obtékání válce. Tato úloha identifikuje schémata, pro která se projevuje tzv. carbuncle problém. Stěžejní aplikační úlohou je hypersonické obtékání profilu experimentálního letadla X-43A. Dosažené výsledky ukazují dobrou shodu s referenčním výpočtem v rámci nevazké simulace a při srovnání schémat AUSM+up a rotovaného hybridního schématu dosahuje posledně jmenované lepších výsledků.*

*Student ve své práci prokázal dobré znalosti matematického modelování proudění stlačitelné nevazké tekutiny a schopnost implementovat použité modely v jazyku C++. Dále prokázal schopnost analyzovat dosažené výsledky a vyvodit srozumitelné závěry.*

*Otázky: 1) Šlo by lépe vysvětlit rozdíl mezi oběma alternativami rozkladu normálového vektoru v rotovaném hybridním schématu HLL/HLLC?*

*2) Kdy lze v řešené úloze očekávat výskyt carbuncle problému?*

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 20.8.2023

Podpis: