

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	<b>Numerické modelování nestacionárního proudění v modelu cévy</b>
<b>Jméno autora:</b>	<b>Michaela Žabčíková</b>
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta strojní (FS)
<b>Katedra/ústav:</b>	Ústav mechaniky tekutin a termodynamiky
<b>Oponent práce:</b>	Ing. Hana Netřebská, Ph.D.
<b>Pracoviště oponenta práce:</b>	ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky tekutin a termodynamiky

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Zadání bakalářské práce hodnotím jako náročnější. Podstatou zadání detekovat možné chyby při ultrazvukovém měření průtoku krve porovnáním experimentálně získaných dat a numerického řešení proudění. Experimentální data byla studentce poskytnuta. Hlavní část vlastní bakalářské práce byla zaměřena na simulaci provedeného experimentu využitím numerické metody, konkrétně komerčního programu ANSYS Fluent, se kterým se musela studentka seznámit nad rámec základního bakalářského studia.</p>	

<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>	
Předložená práce naplňuje zadání ve všech bodech.	

<b>Zvolený postup řešení</b>	<b>správný</b>
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Studentka postupovala podle podrobných pokynů uvedených v zadání bakalářské práce, a tudíž její postup i metody řešení byly správné.	

<b>Odborná úroveň</b>	<b>B - velmi dobře</b>
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
<p>Bakalářská práce je z větší části tvořena rešerší na téma ultrazvukových průtokoměrů založených na Dopplerově jevu. Studentka nejen popisuje princip měření, ale zároveň věnuje velkou část své práce rozboru možných chyb při měření. Závěr rešeršní části tvoří zajímavé grafy vyčíslení chyb při měření ultrazvukovým průtokoměrem v závislosti na jednotlivých druzích chyb.</p> <p>Dále je čtenář v práci seznámen s problematikou arteriovenózních zkratů a anatomii arterií horní paže. Následující kapitola je věnována numerickému řešení, numerickému modelu a jeho tvorbě, pracovní tekutině a okrajovým podmínkám pro výpočet. V práci je popsán vliv kvality sítě tvořené trojúhelníkovými a čtyřstěnnými elementy, popis vlastní finální výpočtové sítě a její kvality ale chybí.</p> <p>V poslední kapitole před závěrem studentka prezentuje a komentuje dosažené výsledky. Rychlostní profily prezentuje formou vektorových polí v řezu modelu (Obr. 4.3 – Obr. 4.14), kde jsou vektory rychlosti umístěny dle čtyřstěnných elementů, což tvoří prezentující obrázky nepřehledné a nečitelné. Domnívám se, že pro názornost je vhodnější použití klasických rychlostních profilů vykreslených v závislosti na průměru cévy. Zároveň tvrzení (str. 36), že rovnoběžné vektory</p>	



rychlosti se stěnou cévy vykreslené nahodile v detailu vektorového pole značí rozvinutý laminární profil, se mi bez dalšího rozboru zdá poněkud odvážné a nepodložené. Autorka se naopak velice dobře vypořádala s rozбором jednotlivých proudových polí a propojila znalosti získané rozsáhlou rešerší a numerických výsledků, které shrnula v zajímavém závěru.

Přes drobné nedostatky v prezentaci dosažených výsledků je předložena bakalářská práce na odpovídající úrovni bakalářské práce na technické vysoké škole.

**Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**

**A - výborně**

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

Práce je logicky členěna do kapitol, podkapitol, odstavců. V práci se nevyskytují gramatické chyby (pouze na straně 24 třetí odstavec a na straně 32 v prvním odstavci jsou chyby v interpunkci). Autorka dobře pracuje s odkazy v textu na obrázky, rovnice i samotné kapitoly. Odborný text velice vhodně doplňuje vysvětlujícími schematickými obrázky.

Formální úroveň bakalářské práce je na vysoké úrovni a pro čtenáře je velice dobře čitelná.

**Výběr zdrojů, korektnost citací**

**B - velmi dobře**

*Vyjáďte 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.*

Studentka se ve své práci opírá o sedmáct referencí, mezi kterými je polovina zahraničních zdrojů. Mezi referencemi jsou monografie, odborné články, elektronická skripta i publikace volně přístupné na internetu. Vše je korektně citované v kapitole Bibliografie.

Autorka se v textu na tento seznam aktivně odkazuje, přesto bych v kapitole 2 Možné zdroje chyb uvítala podrobnější citaci nejen v úvodním odstavci, ale i v následujících faktech včetně grafů. Citace referencí v úvodním odstavci neumožňuje čtenáři utvořit si představu, co je vlastní práce autorky a co je převzato z literatury.

**Další komentáře a hodnocení**

*Vyjáďte 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.*

V práci je velice podrobně zpracována přehledná rešerše na vysoké úrovni, kde autorka nejen cituje z literatury, ale i aktivně shrnuje do závěru a grafů. Kvalitu práce vyzdvihuje i její formální stránka. V numerické části bakalářské práce oceňuji hlavně vlastní práci s CFD softwarem, práci s UDF soubory a práci s programem MATLAB pro vyhodnocení dat, vše musela studentka dostudovat nad rámec bakalářského studia.

Chtěla bych dále upozornit na několik nepodstatných nesrovnalostí v práci:  
Na straně 28 autorka uvádí, že používala studentskou licenci programu ANSYS Fluent, což si protiřečí se stranou 33, kde je uvedena licence Research.

Termín měřící body není zcela přesný, doporučuji nahradit kontrolním bodem apod.

Vhodnějším technickým termínem pro zákruty je ohyb, popř. dvojitý ohyb ve tvaru „S“.

Str. 24, čtvrtý odstavec „*Nebo biologické materiály ve formě venózních a arteriálních štěpů.*“ Není věta.

Str. 24, poslední řádek arteria ulnaris, nikoliv unaris.

I převzaté obrázky, obsahují-li popisky v jiném než českém jazyce, by měly být přeloženy (vyjma latinských popisů u anatomických nákrešů) – obr. 3.2, 4.2.

Anglický název pro UDF je User Define Function, nikoliv User define function, str. 32.

Výše zmíněné nedostatky nejsou natolik závažné, aby měly vliv na výsledné hodnocení.

### 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.*

Předložená bakalářská práce je na velice dobré úrovni jak po formální tak po odborné stránce. Obsahuje rozsáhlou rešerši, kde autorka aktivně pracuje s nastudovanou problematikou z několika zdrojů a sama tvoří logické závěry. Numerická část bakalářské práce doplňuje a potvrzuje závěry získané teoretickým studiem. Občasné drobné formální a odborné chyby nikterak nesnižují kvalitu práce.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Na studentku bych měla několik následujících otázek:

- 1) Prosím vysvětlete Vaše tvrzení na straně 8, že dle vztahu 1.1 rychlost šíření vlnění „c“ roste hlavně se stoupající hustotou prostředí.
- 2) V kapitole 4.1. Tvorba výpočtové sítě popisujete hodnotící kritérium kvality sítě, ale v práci dále neuvádíte tento parametr pro použitou finální výpočtovou síť. Prosím popište použitou finální výpočtovou síť, kolik měla buněk a kvantifikujte její kvalitu. Dále specifikujte nastavení řešiče pro stacionární a nestacionární výpočet.
- 3) V kapitole 4.4 Výsledky numerické simulace prezentujete na grafu 4.3 průběh časový průběh rychlosti na vstupu do modelované oblasti jako jednu z okrajových podmínek výpočtu. Jak je z grafu patrné, periodický tok má stálou stacionární část o hodnotě 0,3 m/s. Prosím, popište, jak k tomuto jevu dochází a zda jste ho ve svých výpočtech uvažovala a proč.

Datum: 28.8.2018

Podpis:

