

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	CFD studie proudění vzduchu kolem simulátorů lidského těla s různě komplexní geometrií
Jméno autora:	Jan Merunka
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav techniky prostředí
Oponent práce:	Ing. Martin Barták, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Ústav techniky prostředí

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Cílem práce bylo porovnat vliv geometrie modelu lidského těla na konvekční proud generovaný tímto zdrojem tepla. Jako metoda řešení byla zadáním stanovena počítačová mechanika tekutin (CFD). Téma považuji za náročnější vzhledem k tomu, že se student musel nad rámec základního studia seznámit s problematikou konvekčních proudů generovaných slabými zdroji tepla (zde lidským tělem) a musel zvládnout metodu CFD na vyšší úrovni. Obtížnost zadání souvisí i s tím, že samotné CFD simulace konvekčních proudů vzduchu ve vnitřním prostředí jsou časově náročné.	

Splnění zadání	splněno s menšími 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>	
Zadání práce obsahuje tři dílčí úkoly: (1) vypracovat literární rešerši zaměřenou na CFD modelování osob ve vnitřním prostředí, (2) vytvořit tři modely – simulátory lidského těla – s různě komplexní geometrií, (3) provést simulace a porovnat konvekční proudy vytvořené těmito simulátory. První úkol (rešerše literatury) byl splněn částečně, podrobnější komentář je v části „Výběr zdrojů, korektnost citací“. Další úkoly považuji za splněné bez výhrad.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Metoda řešení (CFD modelování a simulace) byla stanovena v zadání. Postupy, které student použil při řešení dílčích kroků (zpracování geometrie modelu, tvorba numerické sítě, nastavení simulačního softwaru) jsou v souladu s obecnými zásadami a považuji je za správné. Z práce je zřejmá pečlivost, s níž student přistupoval k modelování i simulacím, zvláště oceňuji kvalitně zpracovanou numerickou síť pro jednotlivé modely zdrojů tepla. Mám výhrady k prezentaci výsledků teplot vzduchu a intenzity turbulence v konvekčních proudech. Teplotní pole nad modely je na obr. 6.8 a 6.13 zobrazeno ve formě klidové teploty (v práci angl. total temperature). V návaznosti na to není jasné, jaká teplota byla použita pro grafy profilů na obr. 5.6, 5.7, 6.9 až 6.11. Klidová teplota má význam ve stlačitelném proudění. V daném případě záleží na simulačním softwaru, zda pro nestlačitelné proudění poskytuje hodnoty klidové teploty stejné jako má statická teplota, nebo jsou hodnoty klidové teploty zcela zavádějící. Intenzity turbulence na obr. 6.12 a 6.14 až 6.16 jsou dosti nízké. To může být způsobeno tím, že Fluent vyhodnocuje intenzitu turbulence z referenční rychlosti, která je obvykle nastavena na hodnotu 1 m/s. Správně by se měla vztahovat intenzita turbulence k místní rychlosti.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odborná úroveň práce plně odpovídá požadavkům na absolventa bakalářského studia. Student si musel rozšířit své poznatky ze základního studia o znalosti týkající se konvekčních proudů v místnostech a jejich modelování. Dále musel zvládnout aplikaci metody CFD na řešení zadaného tématu. K tomu vhodně použil odbornou literaturu.	

V části věnované diskusi výsledků autor prokázal schopnost detailně analyzovat a interpretovat výsledky simulací. Všímá si důležitých podrobností, dokáže logicky odvodit závěry.

Na několika místech se autor práce dopustil nepřesných nebo nesprávných vyjádření. V lidském těle se netvoří vnitřní energie (str. 8). Na obr. 3.1 je chybně zobrazen poměr tloušťky vnitřní a vnější oblasti mezní vrstvy (vnitřní oblast tvoří cca 10-20 % tloušťky mezní vrstvy). V oblasti mezi vazkou podvrstvou a logaritmickou vrstvou (ve vrstvě útlumu) nedochází k přechodu z laminárního proudění do turbulentního (str. 16). Maximální hodnotu nelze získat plošným integrálem (str. 22). Požadovaná výška mezní vrstvy (str. 22) neexistuje, mohou být stanoveny požadavky na hustotu a způsob síťování v mezní vrstvě. Rychlostní profily v konvekčním proudu nemají tvar paraboly (str. 33), ale Gaussovy křivky (jak je správně uvedeno na str. 6).

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

A - výborně

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

Bakalářská práce má rozsah 45 stran, což zahrnuje text, obrázky, tabulky a přehled použité literatury. Jako přílohy jsou dále uvedeny výkresy modelů, zobrazení numerické sítě pro zjednodušený model těla a osové kříže pro odečítání hodnot z výsledků simulací. Další přílohy jsou k dispozici v digitální formě. Po formální stránce je práce na vysoké úrovni. Text je až na výjimky gramaticky správný, obrázky jsou kvalitní, struktura práce adekvátní a přehledná.

Autor práce podle mého názoru nevolil vhodné názvy pro modely lidského těla, použil anglické výrazy *dummy* a *manikin*. Domnívám se, že by byla vhodnější např. přejatá slova *maketa* pro zjednodušený a *figurína* pro detailní model. Užití anglických slov provázají problémy při skloňování: např. na str. 29 je uvedeno „... nad hlavou dummyho.“ – z čeho vyplývá, že je *dummy* mužského rodu?

Ve skupinách grafů na str. 34, 36 a 39 by bylo vhodné ponechat stejný rozsah hodnot na svislé ose, aby byl zřejmý i vývoj profilů veličin ve směru proudění.

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. Posudte, 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.

Rešerše literatury byla explicitně součástí zadání, což jejímu zpracování přisuzuje určitý vyšší význam. Seznam použité literatury obsahuje 24 položek, z nichž se však jen polovina týká modelování osob jako zdrojů tepla. Autor BP se odkazuje v textu i na některé aktuální odborné publikace, přesto bych očekával více ucelenou a systematičtěji zpracovanou kapitolu věnovanou přehledu literatury se zaměřením na téma práce. Důkladná rešerše literatury v dané oblasti byla na Ústavu techniky prostředí provedena v rámci disertace dr. Zelenského (vedoucího této BP) obhájené v r. 2019, proto se domnívám, že zde byl prostor pro doplnění informací z posledních 3 až 4 let. Naopak se mi jeví jako zbytečné uvádět analytická řešení pro bodový, přímkový a deskový zdroj (str. 6-7). Jinak autor pracoval s informačními zdroji korektně, dílčí kroky řešení vhodně odůvodnil poznatky z literatury, převzaté informace jsou jasně odlišeny a údaje o citovaných publikacích jsou úplné.

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.

Nemám další připomínky nebo komentáře.

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.

Úroveň předložená práce odpovídá požadavkům na absolventa bakalářského studia na Fakultě strojní ČVUT v Praze. Zadání bylo splněno, mám pouze malou výhradu ke zpracování literární rešerše. Postup řešení je popsán srozumitelně, jednotlivé kroky jsou zdůvodněné a závěry o výsledcích jsou solidně podloženy. Student prokázal schopnost pracovat adekvátně samostatně, především rozšiřovat svoje teoretické a praktické znalosti nad rámec

základního studia. To považuji za důležitější než fakt, že se dopustil několika chyb zmíněných výše v tomto posudku.

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

Prosím studenta, aby při obhajobě:

1. Vysvětlil vztah mezi klidovou a statickou teplotou a provedl hrubý odhad rozdílu hodnot obou veličin pro daný případ proudění, kterým se zabýval ve své práci.
2. Upřesnil, jakou teplotu použil v grafech teplotních profilů (např. obr. 6.9 a 6.10) a ukázal vybraný teplotní profil v hodnotách klidové a statické teploty, jak je poskytuje software Fluent.
3. Vysvětlil, jak je (příp. jak má správně být) stanovena intenzita turbulence prezentovaná na obr. 6.12 až 6.16.

Datum: 9.8.2021

Podpis: