doc. Ing. Petra Dančová, Ph.D.
Teplárna Liberec, a.s.
Dr. Milady Horákové 641/34a, 460 01 Liberec

V Liberci, dne 28.08.2025

Posudek disertační práce

Ing. Kryštofa Mráze

na téma

Optimization of polymeric hollow fiber heat exchangers using Lattice Boltzmann method

Předložená disertační práce se zabývá optimalizací výměníků tepla vyrobených z polymerních dutých vláken. Práce se zaměřuje na posouzení vhodnosti metody konečných objemů a Lattice Boltzmanovy metody pro proces optimalizace. U Lattice Boltzmanovy metody se pak autor zaměřuje na její výhody a nevýhody. Autor v práci rovněž prezentuje vlastní model pro simulaci proudění a přenos tepla ve výměníku v prostředí SW OpenFOAM. Validace modelu je pak provedena na základě výsledků experimentů.

Aktuálnost tématu

Téma disertační práce je velmi aktuální a přínosné. Oblast polymerních výměníků tepla z dutých vláken je relativně nová a rychle se rozvíjí, především díky možnostem moderní extruzní technologie. Využití polymerních materiálů v této oblasti může vést ke konstrukci lehčích, levnějších a environmentálně šetrnějších zařízení, přičemž dosud chybí ucelené metodické postupy pro jejich návrh a optimalizaci. Autor správně identifikoval, že dosavadní přístup založený primárně na experimentu je časově i finančně náročný, a proto se zaměřil na využití CFD metod. Spojení dvou přístupů – metody konečných objemů (FVM) a Lattice Boltzmannovy metody (LBM) – je vysoce inovativní a v kontextu současného výzkumu plně odůvodněné.

Práce tak může výrazně přispět ke zjednodušení návrhu výměníků tepla z polymerních materiálů a jejich rozšíření v průmyslu.

Dosažení stanovených cílů

V úvodní kapitole si autor stanovil dva hlavní cíle:

1) Adaptace Lattice Boltzmanovy metody (LBM) pro návrh polymerních výměníků tepla s dutými vlákny.
   Tento cíl byl splněn.

2) Vytvoření optimalizačního nástroje použitelného ve fázi návrhu polymerních výměníků tepla s dutými vlákny.
   Tento cíl byl splněn.

   Autor podrobně popsal teoretické základy požitých numerických metod, implementoval a ověřil vlastní modely a aplikoval je.

Autorem vytvořený LBM model proudění tekutiny a přenosu tepla, který byl vytvořen kód v jazyce C++, byl porovnáván s modelem vytvořeným v open-sorce SW OpenFOAM. V práci jsou diskutovány výhody a nevýhody LBM pro simulaci polymerních výměníků. Optimalizace pro návrh polymerních výměníků pak autor prováděl v SW OpenFOAM.
Autorovy numerické modely byly ověřeny experimentem.

Postup řešení problému

Práce je rozdělena do pěti číslovaných kapitol, a kromě povinných listů je její součástí také nečíslovaný abstrakt, úvod obsahující cíle práce, závěr, seznam literatury včetně autorových publikací a patentů, seznam použitých symbolů a zkratek a seznam obrázků. Součástí práce jsou také přílohy, které obsahují v tabulce uvedené výsledky experimentů a zdrojové kódy pro numerickou simulaci.

V kapitole 1 byla provedena rešerše a popis polymerních výměníků tepla, popis základních charakteristik přenosu tepla a proudění tekutin a rešerše provedených CFD simulací v dané problematice.

Ve druhé kapitole autor vysvětluje Lattice Boltzmanovu metodu včetně diskretizačních přístupů, okrajových podmínek a modelování turbulence.

Třetí kapitola posuzuje použití Lattice Boltzmanovy metody pro řešení proudění tekutin a přenosu tepla v tepelném výměníku z polymerních dutých vláken. Tato kapitola již ukazuje autorovy výsledky a diskutuje použitelnost metody pro optimalizaci návrhu polymerního výměníku.

Čtvrtá kapitola popisuje optimalizační proces se zaměřením na autorem vyvinutý numerický model, jeho nastavení, okrajové podmínky apod. Tato kapitola také obsahuje autorovy původní výsledky. Součástí kapitoly je také ověření modelu a srovnání s výsledky jiných autorů.

Pátá kapitola popisuje experimenty použité pro validaci autorem vyvíjených numerických modelů.

Závěrečná kapitola shrnuje výsledky disertační práce a zároveň nastiňuje možnosti dalšího výzkumu dané problematiky.

Význam pro praxi nebo rozvoj oboru

Daná problematika je aktuální a má velký potenciál pro další výzkum nejen na teoretické úrovni. Správně použité simulační metody a experimentem validované SW pak mohou pomoci zjednodušit návrhy výměníků tepla. Vzhledem k tomu, že autor připravil kódy do open-source SW, lze předpokládat jejich rozšíření mezi odbornou veřejnost či průmyslové odvětví daného oboru.

Přínos práce je možné hodnotit ve dvou rovinách:

1. Metodologická: Zhodnocení využitelnosti LBM pro návrh výměníků tepla z polymerních vláken je nové a v literatuře zatím málo zastoupené.
2. Aplikační: Vyvinutý optimalizační nástroj a ověřené numerické modely mají přímý potenciál pro návrh reálných zařízení v automobilovém, energetickém i spotřebním průmyslu. Experimentální validace prototypů výrazně zvyšuje věrohodnost výsledků a podporuje využitelnost práce v praxi.

Formální úroveň práce

Práce je psaná v anglickém jazyce. Struktura je logická, kapitoly na sebe navazují a čtenář se snadno orientuje. Text je napsán srozumitelným technickým jazykem, doplněn přehlednými tabulkami, grafy a obrázky.

Drobná typografická nejednotnost či jazykové nepřesnosti se v textu sice ojediněle vyskytují, avšak nesnižují celkovou kvalitu díla.

Připomínku mám k následujícímu: jednotky u bezrozměrných veličin jsou uváděny standardně jako (1) nikoliv (-).

Závěr

Disertační práce Ing. Kryštofa Mráze představuje originální a významný příspěvek k rozvoji metodiky návrhu polymerních výměníků tepla z dutých vláken. Autor prokázal schopnost samostatné vědecké práce, zvládnutí pokročilých numerických metod i experimentálních postupů. Cíle stanovené v zadání byly splněny a výsledky mají jednoznačný přínos jak pro teorii, tak pro praktické aplikace.

Hodnocení

Předloženou disertační práci Ing. Kryštofa Mráze „Optimization of polymeric hollow fiber heat exchangers using Lattice Boltzmann method“ **doporučuji k obhajobě**.

Po úspěšné obhajobě **doporučuji udělení akademického titulu Ph.D.**

doc. Ing. Petra Dančová, Ph.D.

Dotazy k práci

Jaká je energetická náročnost polymerních výměníků? Vyplatí se je provozovat?

Numerická stabilita LBM: V práci uvádíte, že při vysokých Pecletových číslech dochází k numerickým nestabilitám v teplotním poli. Jaké metody stabilizace by bylo možné implementovat a jak by ovlivnily přesnost či výpočetní náročnost?

Experimentální validace: Do jaké míry považujete provedené experimenty na prototypových výměnících za dostatečné pro zobecnění závěrů? Jak by bylo možné rozšířit experimentální validaci tak, aby poskytla ještě robustnější podklady?

Praktické nasazení: V práci zdůrazňujete potenciál polymerních výměníků v automobilovém průmyslu. Jaké hlavní překážky (materiálové, konstrukční či ekonomické) podle Vás stojí v cestě jejich širšímu průmyslovému uplatnění?