

prof. Ing. Miroslav Rimár, CSc.,
Katedra procesnej techniky
FVT TUKE so sídlom v Prešove
Štúrova 31, 080 01 Prešov
miroslav.rimar@tuke.sk

Oponentský posudok

habilitačnej práce **Ing. Richarda Lenharda, PhD.**

Numerické modelovanie prenosu tepla hmoty s viacfázovou zmenou pracovnej látky v uzavretom priestore pri chladení a ohreve v energetickej technike

Vo vednom odbore Energetické stroje a zariadenia

Posudok bol vypracovaný na základe menovacieho listu zo dňa 16.12.2020, v ktorom ma dekan SjF ŽU v Žiline prof. Dr. Ing. Milan Sága menuje oponentom habilitačnej práce **Ing. Richarda Lenharda, PhD.** V prílohe tohto listu mi boli zaslané materiály, poskytnuté uchádzačom Ing. Richardom Lenhardom, PhD. zmysle vyhlášky MŠVVaŠ SR č. 246/2019.

Predložená habilitačná práca je spracovaná na 89 stranách, je členená do 7 kapitol vrátane záveru, obsahuje 52 obrázkov a 11 tabuliek.

1. Aktuálnosť témy habilitačnej práce

Habilitačná práca sa zoberá problematikou prenosu tepla v tepelných trubiciach. Z pohľadu vedeckého aj technického sa jedná o relatívne nový spôsob tepelného prenosu, ktorý predovšetkým kvôli geometrickej rozličnosti tvarov tepelných trubíc nie je možné zovšeobecniť. Výskum prenosu tepla využívajúci fázovú premenu je náročný napriek evidentnému pokroku v posledných desaťročiach.

Z toho dôvodu je možné predloženú habilitačnú prácu považovať za veľmi aktuálnu či už z hľadiska vedeckého alebo aplikačného.

2. Spôsob spracovania a dokumentovania výsledkov v habilitačnej práci

Členenie a vypracovanie práce je logické, obsahuje analytické časti, ktoré vychádzajú ako z predchádzajúceho výskumu autora, tak aj z vedeckej rešerše danej problematiky. Úvodné kapitoly práce sa venujú predovšetkým teoretickým aspektom transportu pracovnej látky, kde súčasne dochádza k fázovej premene. Uchádzač sa zaoberá sledovaním zmien v tepelných trubiciach, ktorým je venovaná 2. kapitola. Problematike tepelných trubíc sa na pracovisku autora venuje významná pozornosť, čo je dokumentované odkazmi na literatúru, kde Ing. Lenhard je spoluautorom.

Tretia kapitola je zameraná na chovanie pracovnej látky ako v kondenzačnej, tak aj vo vyparovacej oblasti. Vtedy nastávajú rôzne režimy prúdenia, čo autor navrhuje sledovať podľa rôznych kritérií.

Štvrtá a piata kapitola sú zamerané na spôsoby modelovania viacfázového prúdenia. Habilitant sa venuje numerickým modelom transportu s vyparovaním a kondenzáciou pracovnej látky. Analyzuje použitie metód na báze Eulerovho prístupu, resp. konečných objemov.

Kľúčovou z hľadiska práce a z hľadiska vedeckého prínosu habilitanta je šiesta kapitola. Autor v nej analyzuje prenos tepla v uzavretom priestore. Model tepelnej trubice je prezentovaný v zjednodušenej 2D forme, vrátane nastavenia výpočtovej siete, spôsobu riešenia a okrajových podmienok. Výsledky simulácií sú dostatočne bohato prezentované. Súčasne je prezentovaný aj 3D model. Habilitant komparuje výsledky simulácií 3D a 2D modelu, kde sa jasne ukáže nevhodnosť použitia 2D.

V tejto kapitole sa autor venuje aj modelovaniu tepelnej trubice s pulzujúcou náplňou, a v nasledovnej časti sa zaoberá aplikáciou tepelnej trubice pre nepriamy ohrev vody. Záver práce je venovaný sumarizácii dosiahnutých výsledkov a ich hodnoteniu.

3. Vlastný prínos uchádzača v habilitačnej práci a možnosti jej využitia

Uchádzač v práci preukazuje kontinuálny dlhoročný prístup v oblasti výskumu viacfázovej premeny pracovnej látky v uzavretom priestore. Sumarizuje poznatky súvisiace s transportom tepla pri kondenzácii a vyparovaní, venuje sa modelom viacfázového prúdenia. Napriek komplikovanosti exaktného vyjadrenia vnútorných pomerov fázových premien pracovnej látky v uzavretom priestore habilitant preukazuje slušnú analýzu metód a spôsobov popisu transportu tepla. Najmä komparovaním 2D a 3D modelu poukázal na jednoduchý fakt, že nevhodným výberom modelu je možné dopracovať sa k fatálnym chybám.

Prínos práce spočíva vo využití niekoľkých numerických simulácií metódou konečných objemov a na ich základe habilitant prezentuje vlastný model tepelnej trubice s gravitačnou resp. pulzujúcou náplňou.

Modelovanie tepelných trubíc s výparnou, adiabatickou a kondenzačnou časťou má nielen výskumný potenciál, ale vyznačuje sa aj výrazne prínosným pre aplikačnú prax. Súčasne je možné považovať metodiku tvorby uvedenej kategórie modelov za široko využiteľnú v edukačnej oblasti.

Práca ako celok pôsobí veľmi konzistentne, s pripomienkou, ku ktorej sa vyjadrím neskôr, a podľa môjho názoru nielen preukazuje schopnosť uchádzača kontinuálneho progresu vo vedeckom bádání v predmetnej oblasti, ale aj slušného analytického myslenia. Súčasne považujem problematiku, tak ako je prezentovaná výsledkami pracoviska autora za tému s výborným vedeckým potenciálom do budúcnosti.

4. Pripomienky a otázky

K práci nemám zásadné pripomienky, drobné preklepy a gramatické chyby nie sú predmetom môjho posudku. No kap. 6.5 bez predchádzajúceho zdôvodnenia na mňa pôsobí rušivo a disharmonicky, čo navyše nepriamo konštatuje aj sám autor (...vzhľadom k dlhému výpočtu bol výpočet ukončený). Poprosím preto v rámci obhajoby objasniť dôvody prečo a v takomto

relatívne malom rozsahu sa autor venoval problematike pulzného prúdenia pracovnej látky v uzavretom priestore, keď teoretická časť je venovaná temer výlučne prirodzenému prúdeniu.

K práci mám nasledovné otázky:

1. Z čoho vychádzajú rozmery 2D modelu na obr. 6.1?
2. Kvalita výpočtovej siete bola sledovaná iba podľa skewness alebo boli použité aj ďalšie kritériá? (str. 31-32)
3. Aký vplyv mali zjednodušenia modelu na výsledok simulácií?
4. Aké boli hraničné podmienky simulácii? (z obrázkov vychádza 1. druhu a z textu skôr 2. druhu)

5. Záver

Aj napriek vyššie uvedeným pripomienkam považujem prácu za kvalitný podklad pre pedagogické aktivity nielen na SjF ŽU, ale aj na iných obdobných pracoviskách a taktiež pre aplikačnú prax. Práca svojím zameraním vytvára vynikajúcu východiskovú platformu pre ďalší výskum v oblasti fázových zmien v uzavretom priestore.

Habilitant splnil stanovené ciele a preukázal dostatočnú odbornú a vedecko-pedagogickú kvalifikáciu zodpovedajúcu požiadavkám habilitačného konania. Z uvedených dôvodov prácu

odporúčam k obhajobe

V Prešove 31.01.2021

prof. Ing. Miroslav Rimár, CSc.
oponent