

Posudek disertační práce

Kvalita vnitřních prostor s ohledem na šíření škodlivých látek

autor Ing. Tomáš Kořínek

Fakulta strojní TU v Liberci

Studijní program Strojní inženýrství, studijní obor Aplikovaná mechanika

Disertační práce v rozsahu celkem 119 stran obsahuje celkem 8 kapitol, seznam použité literatury a publikací autora a 5 příloh. Práce se zabývá kvalitou ovzduší v uzavřených prostorech a možnostmi snížení koncentrace zdraví škodlivých látek v místnosti pomocí procesu adsorpce.

Úvodní část práce se zabývá kvalitou vnitřního prostředí a přehledem zdraví škodlivých látek, které se v těchto prostorech mohou nacházet. Pozornost je pak zaměřena na účinky kyslíčnicku uhličitého CO₂ na lidský organismus. V druhé kapitole jsou popsány výsledky měření koncentrace CO₂ v učebnách a kancelářích. V třetí kapitole jsou popsány současné metody snižování koncentrace CO₂ a sice absorpce, membránová a kryogenní separace a adsorpce. Pro řešení byla zvolena metoda adsorpce využívaná zejména na zachytávání CO₂ ze spalín. Čtvrtá kapitola se zabývá procesem adsorpce, popisem adsorpční rovnováhy, tepla a různými způsoby výpočtu parametrů adsorpce pomocí adsorpčních izoterm. Dále jsou popsány užívané adsorbenty, jejich parametry a způsoby regenerace. Pátá kapitola je věnována měření adsorpce na aktivním uhlí, které bylo použito při experimentech. Regenerace adsorbentu byla prováděna změnou teploty adsorbentu. Jsou popsány různé varianty zařízení pro měření adsorpce CO₂, které byly při experimentech postupně používány s cílem zpřesnění výsledků měření, a postup při měření. Dále jsou uvedeny výsledky měření průběhu teploty a koncentrace CO₂ pro různé teplotní rozdíly a porovnání jednotlivých měření.

V šesté kapitole je popsán matematický model proudění rozšířený o kinetický model adsorpce, kde byl zvolen tzv. model LDF (Linear Driving Force). Pro řešení turbulentního proudění byly vybrány metody založené na filtrování pohybových rovnic - jednak metoda LES s algebraickým subgrid modelem WALE a jednak metoda PANS s $k-\omega$ SST modelem turbulence. Pro modelování turbulentního přenosu tepla a hmoty jsou použity modely s konstantním turbulentním Prandtlovým a Schmidtovým číslem. Matematický model byl implementován do software OpenFOAM s využitím existujícího řešiče pro výpočet spalování. Matematický model založený na PANS metodě byl ověřen pomocí obtékání vyhřívaného válce, kde byl sledován přenos tepla. Pro úvodní výpočty byl adsorbent nahrazen porézním médiem, které je dáno pouze porozitou a odporem. Dále byl vyšetřován vliv adsorpce na změnu teploty a odpovídající koncentraci CO₂. Rovněž byla provedena simulace pro parametry odpovídající podmínkám experimentů. Pro zpřesnění výpočtu koncentrace CO₂ byly použity dvě metody, jednak skutečná geometrie a jednak náhradní umělá geometrie. Struktura aktivního uhlí určená pomocí tomografu byla počítačově upravena pomocí segmentace a vyhlazení geometrie. Výpočet pomocí PANS metody ukázal, že při zachování přesnosti lze použít větší časový krok, než ukázalo při použití LES.

Vzhledem k náročnosti tvorby výpočetní sítě pro skutečnou strukturu byla navržena náhradní struktura, sestávající z pravidelně rozmístěných hranolů nebo válců, pro kterou je snadnější vytvoření sítě blokové struktury. Výpočet byl proveden pro podmínky podle

experimentu pomocí LES metody. Byly testovány různé náhradní struktury a porovnáním s výsledky pro reálnou strukturu byla vybrána vhodná náhradní struktura. Náhradní struktury byly testovány pomocí LES. Vlastní simulace tzv. TSA smyčky s použitím vybrané struktury byla pomocí PANS metody. Výsledky jsou prezentovány pomocí polí okamžité rychlosti a koncentrace CO_2 a zejména porovnáním vypočteného průběhu koncentrace CO_2 s experimentem, kde byla dosažena dobrá shoda. Náročnost výpočtu je přitom 10x menší než při simulaci pomocí skutečné geometrie.

V závěru jsou shrnuty dosažené výsledky experimentálního a numerického vyšetřování modelování snížení CO_2 vzduchu pomocí adsorpce. Výsledky numerické simulace ukazují, že modelování adsorpce pomocí náhradní struktury je výhodné. Dále jsou uvedeny možné směry výzkumu, např. využití nových materiálů s úpravou povrchu pro zvýšení adsorpční kapacity

Poznámky a připomínky

K práci nemám zásadní připomínky, týkající se přístupu k řešení dané problematiky, provedení experimentů i numerické simulace. Dále uvádím víceméně připomínky, týkající se formálních nedostatků:

- V práci je řada jazykových chyb. V některých větách chybí podmět nebo sloveso, např. na str. 28 „Izoterma, která vznikla empirickým rozšířením Langmuírový izoterm“, na str. 62 „Vzhledem k tomu, že adsorbent je složitá struktura a její přesné modelování by znamenalo enormní nároky na výpočetní výkon“ nebo na str. 63 „Pro lepší názornost je uveden obr. 42, ve kterém je zobrazeno zachytávání CO_2 během procesu adsorpce (vlevo) a uvolňování CO_2 během procesu desorpce (vpravo)“.
- Dále práce obsahuje některé formální chyby. Řada rovnic je v práci umístěna samostatně bez spojení s textem, např. rov. (15) až (19), (21). Přitom popis Freundlichova parametru n_F by měl být za rov. (15). Text pokračující za rovnicí je psán zpravidla jako nový odstavec.
- Na str. 95 se uvádí, že v tab. 15 jsou porovnány vlastnosti přenosu hmoty pro náhradní struktury, vyjádřené pomocí Sherwoodova čísla, s variantou pro reálnou strukturu označenou AC, která ale v tabulce chybí. Hodnota uvedená pro B2 neodpovídá textu.
- V kinetickém modelu adsorpce na str. 54 jsou mimo jiné použity veličiny: koeficient přenosu hmoty k , adsorbované množství q a maximální adsorbované množství q^* . V seznamu použitých symbolů je k (m^2/s^2) označeno jako turbulentní kinetická energie, q (mol/g) adsorpční kapacita a q^* rovněž jako adsorpční kapacita a $q_{\max}$ jako maximální adsorpční kapacita.

Dotazy

- Jaká je vazba mezi turbulentní vazkostí ν_t uvedenou v rov. (64) a tzv. „nevyřešenou“ turbulentní vazkostí μ_u , která není uvedena v seznamu označení?
- Na str. 57 jsou při popisu PANS modelu uvedeny parametry $f_k = k_u/k$ a $f_\varepsilon = \varepsilon_u/\varepsilon$, které hrají významnou roli při simulaci, neboť pro $f_k = f_\varepsilon = 0$ dostaneme DNA model a pro $f_k = f_\varepsilon = 1$ RANS model. V textu není uveden způsob určení těchto parametrů. O volbě parametru $f_k = 0,1$ je teprve zmínka na str. 82. Jak jsou tyto parametry stanoveny?
- Na str. 70 je uvedeno, že při použití LES modelu lze při dobré kvalitě sítě modelovat i přechodové proudění. Jakým způsobem LES model dokáže modelovat přechodové proudění?
- Výsledky simulací pro různé aproximace adsorbentu resp. pomocí porézního média a náhradní struktury aktivního uhlí jsou porovnány s experimentem pomocí průběhu koncentrace CO_2 v závislosti na čase. Jak vypadá průběh CO_2 pro skutečnou geometrii, který není v práci uveden?

Závěr

Disertační práce se zabývá aktuální problematikou možností snížení koncentrace CO₂ v uzavřených prostorách pomocí adsorpce. Téma práce je poměrně náročné, neboť zahrnuje nejen experiment včetně návrhu a realizace experimentálního zařízení, ale i numerické simulace pomocí vlastního software implementovaného do OpenFOAM. Zvolené postupy řešení odpovídají současnému stavu dané problematiky.

Získané experimentální i numerické výsledky mohou být využity při návrhu zařízení pro snižování koncentrace CO₂ v místnostech. Přínosem jsou zejména výsledky numerické simulace provedené pomocí moderních modelů proudění založených na LES a RANS metodách stejně jako řešení adsorpce pomocí aproximací adsorbentu. Uvedené připomínky se týkají vesměs formálního zpracování práce a nijak nesnižují kvalitu dosažených výsledků. Výsledky byly přiměřeně publikovány v časopisech a sbornících mezinárodních konferencí uvedených v databázi WoS.

Ing. Tomáš Kořínek zcela splnil stanovené cíle disertace a prokázal, že má odpovídající znalosti z oboru mechaniky tekutin a že je schopen samostatně vědecky pracovat. Disertace splňuje všechny podmínky podle §47 zákona o vysokých školách č.111/1998 Sb. ve znění pozdějších předpisů a proto ji doporučuji k obhajobě.

V Praze dne 10. srpna 2019



Oponentský posudek dizertační práce

Autor dizertační práce: Ing. Tomáš Kořínek

Studijní obor: Aplikovaná mechanika, FS TUL

Název dizertační práce: Kvalita vnitřních prostor s ohledem na šíření škodlivých látek

Oponent: doc. Ing. Petr Šidlof, Ph.D.

Dizertační práce Ing. Tomáše Kořínka se zabývá adsorpcí a desorpcí oxidu uhličitého na aktivním uhlí. V první části je vysvětlena motivace práce společně s výsledky měření koncentrace CO_2 v kancelářích a učebnách. Následuje přehled metod pro snižování koncentrace CO_2 a teoretický úvod do principů a kinetiky adsorpčních dějů. Pátá kapitola je věnována experimentální části práce, kdy je adsorpce a desorpce studována pomocí jednoduchého měření. Nejdůležitější šestá kapitola popisuje matematické modely pro turbulentní přenos tepla a hmoty včetně přístupu Partially Averaged Navier-Stokes equations (PANS).

V rámci experimentální části práce autor sestavil několik variant zařízení pro měření adsorpce využívajících smyčku TSA (Temperature Swing Adsorption). Experiment by sice bylo možné hodnotit jako poněkud amatérský, já bych ale spíše chtěl ocenit fakt, že autor zřejmě s minimálními finančními prostředky a bez možnosti přístupu k serióznímu přístrojovému vybavení (snad s výjimkou tomografu) dokázal vlastnoručně postavit kompletní experiment, realizovat měření a získat z něj data, která lze použít pro validaci výsledků numerických simulací.

Většina z formulovaných cílů dizertační práce je experimentální povahy, za klíčovou část dizertace ale považuji numerické simulace. Hlavním přínosem je zejména implementace sorpčních dějů ve výpočetním balíku OpenFOAM a modelování turbulence pomocí metody PANS. Autor v práci popisuje několik variant modelu, kde musel překonat značné technické obtíže spojené s modelováním velmi komplexní geometrie a generováním výpočetní sítě výhradně s pomocí open-source software. V práci jsou prezentovány zajímavé výsledky simulace adsorpce a desorpce oxidu uhličitého získané jak na reálné, tak na zjednodušené geometrii komory s peletkami aktivního uhlí. Velmi správně je formulován důležitý závěr, že sorpční děje nejsou ve struktuře všude stejně intenzivní, že geometrii úlohy je nutné alespoň částečně modelovat a že úlohu nelze jednoduše homogenizovat.

Formální stránka práce je dobrá. Text je logicky strukturován, jazyková úroveň textu je solidní. Velmi dobrý dojem z práce ale zbytečně kazí neúměrně vysoký počet gramatických chyb, a to zejména chybějící nebo přebývající čárky v souvětích.

Za jednu z největších slabin dizertační práce považuji absenci rešerše. Autor se v průběhu celé práce správně odkazuje na relevantní zdroje, z většiny zahraniční publikace, ale zcela chybí přehled vědeckých prací zabývajících se numerickou simulací sorpčních dějů a shrnutí aktuálního stavu poznání. Druhým problematickým bodem je pro mě otázka Reynoldsových čísel a charakteru proudění. U validačního případu (odst. 6.2) je $Re_D = 3800$, v případě proudění přes komoru s peletkami aktivního uhlí lze z objemového průtoku a geometrie odhadnout $Re_D \approx 8$. Jedná se zde tedy již o režim blízký Stokesovu proudění, kde je použití modelů turbulence diskutabilní.

Níže uvádím ještě několik konkrétních poznámek a připomínek:

- anglický abstrakt by bylo dle mého názoru vhodné kompletně přepsat
- seznam značení obsahuje chyby (špatné jednotky, překlepy, nekonzistentní značení – např. veličiny q a q^* , u nichž není zřejmý rozdíl v definici, V značí objem, ale v rovnicích (24)–(26) i složky rychlosti apod.)



- veličiny a vztahy v textu věnovaném adsorpční rovnováze (odstavec 4.1, rovnice (2) – (8)) jsou vysvětleny poněkud povrchním způsobem, a nejsou nikde dále použity. Dle mého názoru by tato část mohla být vynechána
- rovnice (22), (23), (60), (61) jsou již formálně chybné (špatné použití volných a sčítacích indexů)
- popis LES přístupu je poněkud povrchní. Vůbec není vysvětleno, jak se středováním Navier-Stokesových rovnic dojde ke tvaru (33) a na jakých předpokladech stojí koncept SGS viskozity. V některých detailech má popis nekonzistentní, neúplně vysvětlené či zbytečně komplikované značení (u_j vs. V_j , tři způsoby značení absorpčního tepla, nevysvětlená definice fluktuace teploty T vs. Θ , nedefinované veličiny Y a zejména Y'). U LES je uvedena rovnice pro enthalpii, u PANS tato rovnice chybí.
- u rovnice (51) a (63) ani v seznamu označení nejsou vysvětleny veličiny S (zcela jistě nejde o entropii), F_2 a W_{ij} . V případě popisu modelů turbulence, které obsahují velké množství veličin a konstant, lze ale myslím tyto drobné nedostatky omluvit, zejména když autor správně odkazuje na literaturu
- v textu se opakovaně vyskytuje nesmyslná formulace „nezávislost sítě na řešení“ (jde o nezávislost řešení na síti)
- odst. 6.7.2: tvrzení, že nestrukturované sítě působí vyšší chybu kvůli numerické difuzi, neplatí obecně
- všechny realizované numerické simulace jsou pro nestacionární proudění. Přesto u žádného z prezentovaných výsledků není uvedeno, v jakém čase jsou výsledky zobrazeny. Chybí jakékoliv komentáře ohledně kinetiky a časového vývoje numericky simulovaných sorpčních dějů.

Otázky k obhajobě

- Nejsem podrobně obeznámen s definicí či standardy pro TSA smyčky, ale zdá se mi, že použití sinusoidálního průběhu teploty není pro interpretaci výsledků nejšťastnější volba. Nebylo by lepší použít průběh teploty co nejvíce podobný obdélníkovému signálu, s definovanou časovou výdrží na konstantní hodnotě horní a dolní teploty? Tím by bylo možné odfiltrovat vliv kinetiky sorpčních dějů a sledovat ustálené hodnoty výstupní koncentrace CO_2 . Podobná pracovní smyčka byla zvolena pro numerickou simulaci (obr. 44), proč tedy ne i pro experiment?
- Z tab. 5 vyplývá adsorpční kapacita 150 g náplně aktivního uhlí řádově 5 g CO_2 . Měření demonstrované na Obr. 37 se tedy pohybuje hluboko, zhruba 1000x pod adsorpčním limitem. Byl to záměr, nebo náhoda? Jakým způsobem je přesně vypočítáno množství adsorbovaného a desorbovaného CO_2 ? Jak to, že se desorbuje výrazně více, než adsorbuje?
- Jakým způsobem bylo konkrétně vyhodnoceno Nusseltovo číslo pro graf na obr. 40, a jak je z výsledků numerické simulace vypočítáno Sherwoodovo číslo (odst. 6.6.5)?

Závěr

Přes některé nedostatky, které byly uvedeny výše, považuji dizertaci za kvalitní a přínosnou. Autor práce beze sporu prokázal dostatečně hluboké znalosti v oblasti numerického modelování přenosu tepla a hmoty, zejména modelování metodou PANS přitom považuji za zásadní přínos pro obor. Navíc byl dizertant schopen zrealizovat i jednoduchý, ale pracný experiment. Kvalitu práce dokládá řada publikací, včetně jednoho článku v impaktovaném časopisu; pokud je mi známo, další časopisecký článek autora již prošel prvním kolem recenzního řízení. Vytyčené cíle byly splněny. Dizertační práci jednoznačně doporučuji k obhajobě.

V Liberci dne 14. 8. 2019


doc. Ing. Petr Šidlof, Ph.D.



Posudek disertační práce

Jméno kandidáta:	Ing. Tomáš Kořínek (Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci)
Název disertační práce:	Kvalita vnitřních prostor s ohledem na šíření škodlivých látek, 2019
Školitel/konzultant:	Prof. Ing. Karel Fraňa, Ph.D.
Studijní doktorský program/obor:	Strojní inženýrství/Aplikovaná mechanika
Oponent:	Doc. Ing. Petr Eret, Ph.D. (Katedra energetických strojů a zařízení, Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni)
Termín odevzdání posudku:	do 05. 08. 2019

Obsah doktorské práce

Disertační práce pana Ing. Tomáše Kořínka se zabývá procesem adsorpce zdraví škodlivého oxidu uhličitého (CO_2) se záměrem zlepšení kvality vnitřního ovzduší. Obsahuje 8 kapitol a má 119 stran včetně seznamů a příloh, rozsah práce je dostačující. V úvodních kapitolách 1 a 2 kandidát poukazuje na problematiku negativního vlivu CO_2 na lidský organismus a demonstruje nežádoucí koncentrace CO_2 v uzavřených prostorech pomocí vlastních měření. Poté v kapitole 3 následuje rozbor metod snižování CO_2 a autor si vybírá adsorpci, která je méně prozkoumána v oblasti zachytávání CO_2 ve vnitřních prostorech. Kapitola 4 je teoretická část a obsahuje výčet různých adsorpčních izoterm, typů adsorbentů a způsobů jejich regenerace. Kapitola 5 popisuje vývoj zařízení pro měření adsorpce na aktivním uhlí, průběh měření a výsledky. Kapitola 6 se týká numerických simulací, udává příslušný matematický model včetně validační úlohy pro přenos tepla a hmoty a informací ohledně implementace modelu adsorpce do nástroje OpenFOAM použitého pro numerické simulace. Tato kapitola zahrnuje výsledky ze simulací na jednoduché porézní struktuře, reálné struktuře a náhradních strukturách aktivního uhlí. Za účelem posouzení volby vhodné náhradní struktury je použito bezrozměrné Sherwoodovo číslo a finální simulace na vybrané struktuře jsou cílené pro srovnání s experimentem. Výsledky práce jsou shrnuty v kapitole 7 a další směr výzkumu je uveden v kapitole 8.

a) Zhodnocení významu disertační práce pro obor

I když je problematika adsorpce CO_2 ve vnitřních prostorech poněkud druhořadá ve srovnání se snižováním emisí CO_2 ze spalín, jakýkoliv nový posun v daném výzkumu je žádoucí zejména z důvodu nepříznivých účinků vyšších koncentrací CO_2 na lidské zdraví. Tato práce jistý posun přináší a to díky vytvoření efektivního a validovaného nástroje pro simulace adsorpce/desorpce CO_2 . Téma disertační práce je tedy prospěšné a může mít význam hned pro několik oborů typu „Aplikace numerických metod v mechanice tekutin/Aplikovaná mechanika“ či „Znečištění a kontrola vzduchu“.

b) Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění stanoveného cíle

Při řešení problému odstranění CO_2 z vnitřního vzduchu pomocí adsorpce autor provedl nezbytnou rešerši a vybral aktivní uhlí jako adsorbent a TSA metodu jako regenerační proces. To je přijatelné z hlediska jednoduchosti budovaného experimentu. Oceňuji popis postupné tvorby testovacího zařízení do finální podoby a odstraňování dílčích nedostatků. Použité experimentální metody jsou přípustné, aplikace senzoru K30-FR pro měření výstupní koncentrace CO_2 u teplotní difference 20°C je hraniční. Trochu postrádám rozbor nejistot měření, který by mohl poukázat na slabší místo

experimentálního vybavení či samotného postupu měření. Pro srovnávací numerické simulace byl použit otevřený CFD software OpenFOAM a autor uvažuje techniky LES a PANS k- ω SST k popisu turbulentního proudového pole. V rámci validace výpočtových metod (zejména PANS k- ω SST) pro přestup tepla/hmoty je zvolen případ obtékání vyhřívaného válce, který je v literatuře dobře zdokumentován pomocí měření. Je škoda, že v simulacích autor zvolil Reynoldsovo číslo ($Re = 3800$), které není identické jako ve vybraných experimentech ($Re = 3000, 3480, 3570, 3970, 5900$). Možná by tak lépe prokázal kvantitativní shodu vlastních výpočtu a dostupných dat. Jinak je shoda kvalitativně dobrá a autor se chce zaměřit na PANS k- ω SST. Dále je do programu OpenFOAM implementován model adsorpce (Linear Driving Force). Tento krok spočíval v úpravě již existujícího řešiče určeného pro spalování. Ukázka modifikace příslušného kódu není v disertaci uvedena. Jsou provedeny simulace na zjednodušené oblasti aktivního uhlí s porézní strukturou a také s pracovní smyčkou TSA, která byla použita v experimentech. Zde je použit přístup LES a výsledky jsou neuspokojivé. Dochází tedy k pracné tvorbě výpočtové sítě reálné struktury (části) aktivního uhlí a numerickým simulacím, opět pomocí obou technik LES a PANS k- ω SST. Autor z důvodu rychlejších simulací a zachování přesnosti výsledků dále preferuje PANS k- ω SST (str. 85). Při výpočtech různých variant náhradních struktur zase operuje s přístupem LES (str. 91), aby se pro finální simulace na vybrané náhradní strukturu vrátil k PANS k- ω SST (str. 97). Práce by působila věrohodněji, pokud by byl zvolen jednotný model turbulence. Použití náhradní struktury pro oblast aktivního uhlí za účelem zrychlení výpočtů se jeví jako velmi zdařilé, ovšem blízká shoda numerických výsledků a naměřených dat je demonstrována pouze na jedné úloze a otázkou zůstává univerzální platnost takového postupu. Znalost Sherwoodova čísla (Sh) pro obecnou úlohu se zdá nezbytná a tedy časově náročné úkony (jako třeba tvorba výpočtové geometrie) na nějaké reálné struktury budou asi nevyhnutelné. Kromě toho volba náhradní struktury typu B2 (svazek kvádrů) pro srovnávací finální výpočty s experimentem je nejasná. Autor udává, že predikované Sherwoodovo číslo, které slouží jako posuzovací kritérium (str. 75), má v reálné strukturu aktivního uhlí hodnotu 1.5 (předpokládám, že jde o průměrnou hodnotu za celou studovanou oblast). Dle tabulky 15 na straně 95 se tomuto číslu nejvíce blíží struktury A2 ($Sh = 1.49$) a B4 ($Sh = 1.50$), kdežto použitá struktura B2 má pouze $Sh = 0.74$, přičemž autor uvádí, že struktury A2 a B2 jsou nejlepší. Zde je nutno volbu vysvětlit. Celkově je práce provedenou kombinací experimentu a numerických simulací a její cíle lze považovat za splněné.

c) Stanovisko k výsledkům disertační práce a významu původního konkrétního přínosu autora disertační práce

Úvodní výsledky z experimentálních měření koncentrace CO_2 v uzavřených prostorech jsou zajímavé a přinutí čtenáře mít problematiku v podvědomí. Následující výsledky z experimentů na aktivním uhlí jsou klíčové a jsou také použity k validaci numerických postupů. Již vybudování funkčního experimentálního zařízení s monitorováním zkoumaného procesu je přínosné. Další původní přínos práce vidím v úspěšné implementaci modelu adsorpce do volného programu OpenFOAM a generaci náhradní struktury ke zkrácení výpočetního času numerických simulací. Jak již bylo uvedeno, dobrá shoda numerických výsledků a naměřených dat naznačuje, že se tento proces zdařil. Je jen škoda, že autor nevalidoval zrychlený výpočtový nástroj na více datech (např. jinou teplotní diferenci). Autor také mohl provést nějaký kritický rozbor různých definic adsorpčních izoterm (kapitola 4.3) s ohledem na CO_2 + aktivní uhlí a porovnat příslušné vztahy s experimentem či numerickými simulacemi. To by nejen obohatilo výsledky práce ale i hlouběji proloužilo teoretickou a praktickou část disertační práce.

d) Případné další vyjádření, zejména k systematickosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Práce je uspořádaná a přehledná. Grafické provedení disertace má dobrou úroveň. Ojediněle chybí čárky v souvětích a tečky za větou. Pravopisné omyly, překlapy či chybějící slova (např. slovesa na str. 29 při popisu veličin u rovnice 18) se vyskytují. Výběr nalezených nedostatků je uveden níže:

- 1) Str. 14, odst. 2, řádek 11: k tvorbě ~~zdravých~~/zdraví škodlivých látek,

- 2) Str. 15, odst. 1, řádek 6: děti, které by ~~mohli~~/mohly být ~~vystaveni~~/vystaveny,
- 3) Str. 20, poslední odstavec, řádek 2: Odkaz má být na tabulku č. 3 namísto obrázku č. 3,
- 4) Str. 31, odst. 2, řádek 4: Další typ ~~aktivního~~/aktivního uhlí,
- 5) Str. 33, řádek 1: v tabulce 4.5/4,
- 6) Str. 45, odst. 2: Relé ~~byly~~/byla,
- 7) Str. 50, předposlední řádek: bude záviset na ~~gradient~~/gradientu teploty,
- 8) Str. 59, řádek 2: ~~filter~~/filtr,
- 9) Str. 64, řádek 4 od konce: docházelo k ~~adsorpce~~/adsorpci,
- 10) Str. 72, odst. 2, poslední řádek: ~~algoritmy~~/algoritmy (dále také str. 81, 82, ...),
- 11) Str. 73, odst. 3, řádek 5: ~~Struktura~~/struktura,
- 12) Str. 95, řádek 13: Odkaz na neuvedenou variantu AC (tab. 15),
- 13) Str. 96, poslední odstavec, řádek 1-2: Věta nedává smysl,
- 14) Str. 99, řádek 3: Při ~~blíží~~/bližším pohledu.

e) Vyjádření k publikacím studenta DSP

Dle seznamu publikací v disertační práci na straně 119 je kandidát od roku 2015 do 2019 autorem/spoluautorem 13 vědeckých článků. Většina článků má souvislost k problematice řešené v rámci disertace. Jedná se převážně o konferenční příspěvky na českých či slovenských akcích, avšak nechybí významnější publikovaná práce a to jeden článek v impaktovaném odborném časopise (Journal of Engineering Thermophysics, 2018 IF = 0,881). V citační a abstraktové databázi recenzované vědecké literatury Scopus není autor jednoznačně identifikovatelný, dle podobné databáze Web of Science má autor 5 příspěvků, zatím bez citací. Ohlas na jeho práce se jistě dostaví časem. Publikační činnost je víc než dostatečná, autor je schopen publikovat kvalitní vědeckou práci.

f) Jednoznačné vyjádření oponenta k doporučení či nedoporučení disertační práce k obhajobě (dle zákona č. 111/1998 Sb. 47)

Předloženou disertaci doporučuji k obhajobě, ale prosím, aby autor v průběhu obhajoby objasnil následující otázky.

Otázky

- 1) Osvětlit volbu náhradní struktury typu B2 pro finální výpočty TSA smyčky (viz. konec bodu b) tohoto posudku).
- 2) Práce má název „Kvalita vnitřních prostor s ohledem na šíření škodlivých látek“. Ovšem v jádru práce se autor zabývá měřením adsorpce CO_2 a numerickými simulacemi na pokusné úloze s TSA procesem. Jak by tedy autor převedl získané zkušenosti z modelové úlohy na praktické využití pro zlepšení kvality ovzduší vnitřních prostor?
- 3) Absolutní velikosti rychlostí proudění a Reynoldsova čísla ve finálních numerických simulacích nejsou v textu uvedeny. Jakých hodnot nabývají? Jaký byl vstupní a výstupní tlak směsi v komoře?
- 4) Z obrázku 30 na str. 45 je zřejmé, že regulace teploty při růstu teploty je horší než při poklesu. Jak si to autor vysvětluje? Jak si autor vysvětluje znatelný skok (pokles) v průběhu výstupní koncentrace při adsorpci (např. obr. 36)? Jak bylo v experimentu zajištěno důkladné promíchání směsi vzduchu a CO_2 ?
- 5) Jakých hodnot nabýval koeficient přenosu hmoty při adsorpci CO_2 , případně odkud byl použit?

V Plzni dne 26. 07. 2019


Petr Eret