

# POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Školitel:

Supervisor

Oponent:

Opponent

**Ing. Martin NOVÁK**

P0715D270024 Teorie a stavba strojů

**Čištění spalin s důrazem na technologii SCR**

Ing. Richard Matas, Ph.D.

doc. Ing. Marian Bojko, Ph.D.

## Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Výsledky disertační práce dokládají kontinuální rozvoj katedry energetických strojů a zařízení na fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni v systematickém výzkumu v dané problematice. Téma disertační práce je zaměřeno do oblasti úpravy/čištění spalin v tomto případě se zaměřením na technologii SCR (selektivní katalytická redukce). Kromě samotného výzkumu problematiky snižování emisí škodlivých látek, jako jsou oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>), oxidy síry (SO<sub>x</sub>) a uhlovodíky C<sub>x</sub>H<sub>x</sub> metodou selektivní katalytické redukce, je velká část práce věnována geometrickým úpravám systémů, ke zlepšení distribuce spalin vstupujících do katalyzátoru a problematice vstřikování močoviny do proudu spalin. Aktuálnost tématu patří v obecné rovině snižování emisí škodlivých látek s ohledem na životní prostředí, což v současnosti představuje problematiku více než aktuální.

## Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

V rámci teoretického rozboru dané problematiky autor v kapitole 4 definoval základní bilanční rovnice matematického model proudění včetně modelu diskrétní fáze (DPM) vstřiku kapiček do potrubí SCR systému. Kinetika chemických rovnic probíhajících v SCR katalyzátoru je popsána v kapitole 5.11. Autor se zkoumané problematice věnoval s náležitou pozorností. Pro přehlednost kapitoly mohly být členěny za sebou. Následné metody byly vhodně a adekvátně využity s cílem k dosažení očekávaných výsledků práce.

Dizertační práce má vytýčený tři cíle:

- úprava potrubního systému s cílem zlepšit proudovou situaci na vstupu do katalyzátoru
- identifikace optimálních míst pro vstřikování močoviny s ohledem na dosažení homogenního rozložení amoniaku na vstupu do katalyzátoru
- vytvoření komplexního modelu selektivní katalytické redukce (SCR)

Možno konstatovat, že tyto výše uvedené cíle autor disertační práce splnil v dílčích podkapitolách kapitoly 5. Tato kapitola představuje stěžejní část práce, kterou lze považovat za vlastní dílo doktoranda.

## Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Dizertační práce je napsaná přehledně. Jednotlivé kapitoly na sebe logicky navazují. V textu jsou uvedené a popsány použité veličiny, matematické vztahy a postupy k matematickému modelování proudění. Práce obsahuje 180 stran, je členěna do 8 základních kapitol. Úvodní kapitola popisuje řešenou problematiku. Po úvodní kapitole následuje kapitole 2 (Motivace), ve které doktorand velmi srozumitelně a jasně popisuje emise, imise, odlučovače tuhých látek

(látkové filtry, elektrické filtry) až po katalyzátory výfukových plynů, jež jsou hlavními zkoumanými prvky předložené práce. Doktorand velmi podrobně charakterizuje samotnou selektivní katalytickou redukci (SRC). Třetí kapitola shrnuje dosavadní výzkumnou činnost doktoranda v oblasti filtračních zařízení a odsiřovacích zařízení. V této kapitole jsou navíc definovány i cíle předložené práce. V čtvrté kapitole je definovaný matematický model proudění včetně modelu diskrétní fáze (DPM). Dále je v této kapitole uvedena charakteristika porézního prostředí včetně okrajových podmínek na stěně. V kapitole 5 jsou uvedené dosažené výsledky CFD simulací úprav potrubního systému s cílem zlepšit proudovou situaci na vstupu do katalyzátoru. Dále výsledky problematiky vstřikovacích míst močoviny s ohledem na dosažení homogenního rozložení amoniaku na vstupu do katalyzátoru a problematika použití chemických rovnic řešení technologie SRC. Dosažené výsledky v jednotlivých oblastech jsou uvedeny průběžně v příslušných kapitolách. Celkové závěry jsou uvedené v kapitole 6 "Zhodnocení výzkumu" včetně podkapitoly „Výhled do budoucna“. Dále následuje kapitola 7 „Závěr“ shrnující práci jako celek. Poté je kapitola 8 „Bibliografie“ včetně autorovy publikací a aktivit. Posledními kapitolami jsou přílohy. V rámci předložené práce bych zejména ocenil, že doktorand realizoval řadu CFD výpočtů proudění zejména v souvislosti s problematikou úpravy potrubního systému s cílem zlepšit proudovou situaci na vstupu do katalyzátoru. Samozřejmě CFD nástroje je vhodné verifikovat s experimentem, proto mohla být zrealizována verifikace, např. pouze pro vybrané varianty. Experimentální měření bylo zrealizováno na SCR systému v souvislosti s emisemi před a po aplikaci močoviny.

#### **Vyjádření k systematické, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce**

Statement to the systematic, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Dizertační práce je po stránce jazykové napsána velmi pěkně s občasnými překlepy, kterých je opravdu minimum. Grafické zpracování výsledků je rovněž na odpovídající úrovni. S ohledem na celkový počet stran (186) mohl doktorand více využít přílohy. Např. kapitola 3 „Dosavadní výzkumná činnost“ mohla být uvedena v přílohách. Obdobně kapitoly týkající se látkových filtrů a elektrických filtrů. Jedná se o kapitoly, které bezprostředně nesouvisí s nosným tématem práce a klidně mohly být uvedeny v přílohách, aniž by se tím snížila kvalita předložené práce.

Připomínky:

- Obrázek 2 (uvést legendu označení pod obrázkem).
- Obrázek 4 (v textu je pouze odkaz na obrázek, chybí podrobnější komentář k obrázku).
- Kap. 2.4.2 – popisuje podrobně SCR včetně řady parametrů, které proces ovlivňují (na závěr v odrážkách mohly být hlavní parametry vypsané - pro přehlednost).
- Doporučil bych cíle jako samostatnou kapitolu (ne podkapitolu).
- Označení tlakového spádu  $\Delta p$  v tabulkách a grafech.
- Geometrické úpravy potrubního systému s cílem zlepšit proudovou situaci na vstupu do katalyzátoru – slovní komentář charakteru proudění mohl být doplněn o 3D znázornění trajektorii charakteru proudění v ANSYS Fluent pro názornost, případně doplnit konturami nebo vektory rychlosti.
- Obdobně chybí pro názornost znázornění trajektorii vstřikovaných kapiček jednotlivých frakcí.

## Vyřádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

Publikační činnost doktoranda je uvedena v kapitole „Autorovy publikace a aktivity“. Doktorand je spoluautorem šesti konferenčních publikací, kdy u pěti publikací je uvedený jako první autor.

Z toho tři publikační výsledky jsou uveřejněny v konferenčním zborníku (AIP Conference Proceedings), který je evidován v databázi SCOPUS a WoS. Všechny doktorandovy publikace souvisí s tématem disertační práce. Publikační činnost mohla být rozšířená rovněž o publikaci v časopise, ale i přesto je dostačující. Z ostatních aktivit je patrné i zapojení doktorand do spolupráce s praxí na základě uvedených technických zpráv.

## Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě

Total evaluation and questions for defence

Dizertační práce splnila stanovené cíle a přináší nové poznatky a postupy, které mohou být aplikovatelné do praxe. Doktorand prokázal odborné znalosti a schopnosti při řešení problematiky čištění spalin s důrazem na technologii SCR, kdy definoval vhodnou metodiku řešení s využitím CFD nástrojů. Předložená práce je souborem kvalitních výsledků, což prezentuje schopnosti doktoranda pracovat systematicky na daném problému. Práci by určitě obohatilo případné experimentální ověření/verifikace matematických modelů. Dizertační práce Ing. Martina Nováka splňuje standartní požadavky kladené na dizertační práce. Proto doporučuji práci předložit k obhajobě a po její úspěšné obhajobě udělit doktorandovi akademický titul "PhD.

Otázky na doktoranda:

- Postrádám jasné definování matematického modelu v příslušných kapitolách např. v odrážkách (např. turbulentní model, stacionární/nestacionární, stlačitelné médium, izotermní proudění, atd...) na str. 68 je uveden model turbulence  $k-\omega$  (SST). Testoval jste i jiné modely turbulence (např.  $k-\epsilon$ ), případně s jakými výsledky? Jakých hodnot dosahuje  $Re$ ?
- Můžete upřesnit časovou náročnost numerických výpočtu, případné problémy s konvergencí
- Byla použita pouze polyhedrální síť, případně tetra., hexa síť, můžete uvést nějaký obrázek sítě
- Neuvažoval jste definovat do matematického modelu diskretní fáze (kapičky) distribuční křivku dle Rosin-Rammlera pro vstřikování kapiček?
- V práci jsem nenašel žádné informace ohledně definovaných fyzikálních vlastností jednotlivých látek (kapalných, plyných), můžete upřesnit, konst. hodnoty, případně funkční závislosti, a výpočet fyzikálních vlastností směsi – funkční vztahy
- Podrobněji popsat Obrázku 69, 2xCFD výpočty - pro jaké okrajové podmínky?
- Experimentální měření na SCR systému bylo realizováno na katedře? Můžete uvést obrázek fyzické realizace?

Doporučuji disertační práci k obhajobě

I recommend the dissertation for the defence

ANO  
yes

X

NE  
~~no~~

Datum  
Date

19.4.2024

Podpis oponenta:  
Signature of opponent