



Oponentní posudek k obhajobě disertační práce

Západočeská univerzita v Plzni

Jméno: Ing. Ladislav Tříška

Název: Výzkum a vývoj hybridních skříní pro kolejová vozidla – hmotnostně úsporné prvky větracího systému

Fakulta: Fakulta strojní

Studijní program: P2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: Stavba strojů a zařízení

Školitel: doc. Ing. Petr Heller, CSc.

Oponent: doc. Ing. Michal Hoznedl, Ph.D.
Experimentální výzkum proudění
Doosan Škoda Power s.r.o.
Tylova 1/57, Plzeň

Obsahová stránka

Předkládaná práce se dělí na část rešeršní, vlastní výzkumnou práci a přílohy.

Rešeršní část popisuje stávající stav problematiky konstrukce skříní kolejových vozidel, normy. Dále první část přechází v popis hybridních skříní těchto vozidel a srovnání s konvenčními konstrukcemi skříní. Jsou zde popsány příklady kolejových vozidel s hybridními skříněmi. U hybridních skříní je nutné často řešit výrobu jednotlivých komponentů a jejich spojování pomocí lepení. Proto je uveden i přehled způsobů výroby kompozitních prvků skříně (popsány jsou způsoby laminace, typy pojidel, vytvrzovadel, sendvičové konstrukce atd.). Dále jsou poměrně detailně popisovány způsoby lepení jednotlivých kompozitových prvků k sobě i ke kovovým částem hybridní skříně vozu.

Nedílnou součástí skříně vozu je větrací systém, který musí zajistit dostatečnou provětratelnost celého prostoru vozu při určitém komfortu cestujících. Provětratelnost je dána normami,

konstrukční řešení větracích kanálů a ověření jeho funkčnosti jsou však prací doktoranda. V druhé části disertační práce je tedy popsána koncepce větrací jednotky včetně větracích kanálů, jsou definovány základní pojmy z oblasti proudění, používané dále v práci. Při návrhu větrací jednotky je nutné zohlednit i hlukové hledisko, protože proud vzduchu, procházející kanály od ventilátorů do salónu vozu může s sebou nést hluk, jehož limitní hodnoty jsou opět dány normou.

Nejdůležitější částí práce je popis provedených měření ve větracím kanále vozu. V první řadě bylo provedeno měření tlaků v prostoru mezi ventilátorem a vstupem do větracího kanálu. Na toto měření pak navazovalo měření tlaků v oblasti větracího kanálu ve voze. Z tlaků bylo možné dopočítat rychlosti a průtoky ve větracím kanále. Jako další následovalo měření v prostoru pro cestující za účelem zjištění velikosti rychlostí proudu vzduchu vhnáného do vozu pomocí ventilace. Tato měření byla doplněna dílčími CFD výpočty proudění. Měření byla doplněna o určitou vizualizaci proudu pomocí rovinného laseru a vyvíječe kouře. Dále bylo provedeno měření úrovně hluku v prostoru pro cestující a navržen a realizován způsob snížení úrovně hluku na vybraných frekvencích. Snížení hluku bylo potvrzeno dodatečným měřením hlukových spekter.

Poslední část práce, tedy přílohy, přináší mimo určitého výtahu z norem pro konstrukci vozových skříní i seznam možností výroby kompozitových částí skříní a dalších, spíše přehledové údaje včetně fotodokumentace výroby stavby hybridní skříně metra a větracího systému.

Aktuálnost tématu

Kolejová vozidla, ať už vlaky, metra nebo tramvaje mají i přes rozmach automobilové dopravy svoje nezastupitelné místo v hromadné dopravě osob. Na druhou stranu je od těchto vozidel vyžadován mimo stále větších požadavků na bezpečnost, elektromagnetickou kompatibilitu a jiné „tvrdé“ parametry i stále vyšší komfort cestujících. Z tohoto důvodu patří řešení větrací soustavy mezi nedílnou součást návrhu vozu, na kterou je třeba brát ohled již při prvotním designu. Úlohou konstruktéra a celého týmu návrhářů je navrhnout vůz tak, aby splnil veškeré normy a byl pro cestující dostatečně komfortní. Z tohoto důvodu je navržené téma práce a vlastní práce vysoce aktuální a nutné.

Postup řešení problému

Z předložené práce je zřejmé, že byla v první řadě zkonstruována skříň vozu metra, na kterou byl až později řešen větrací systém. Pro něj byly na střeše vozu i v prostoru pro cestující připraveny určité rozměrové dispozice. Po osazení větracího systému, který se sestával z ventilační jednotky, zalomeného větracího kanálu a kanálu v salónu vozu ukončeném průduchy v podobě řad otvorů a kapsiček pro usměrnění proudění, bylo provedeno experimentální ověření chování proudění ve větracím kanále i v salónu vozu. Proudění v určitých komponentech systému bylo ověřeno pomocí CFD simulací.

Teprve po instalaci větracích kanálů bylo zjištěno, že 2x zalomený kanál o 90° za ventilátorem má jednak poměrně vysokou tlakovou ztrátu a jednak je v oblasti zalomení díky zavírání proudu generována poměrně výrazná hluková špička na úrovni cca 250 Hz. Tu se však (na rozdíl od jiných špiček na úrovni cca 50 Hz) povedlo dobře utlmit. Podle mého názoru by rozbor chování proudu ve větracím kanále provedený ještě před návrhem vozidlové skříně provedený pomocí CFD metod nebo empirických odhadů dokázal tyto jevy dobře postihnout a eliminovat. Například pomocí zalomení kanálů pod většími úhly než 90°. Snížení tlakové ztráty tohoto řešení bylo ověřeno díky

CFD metodám, věřím, že by došlo i ke snížení hlukové zátěže. Na druhou stranu vlastní vzduchový kanál nad hlavami cestujících funguje dobře a rovnoměrně distribuuje vzduch do prostoru vozu. Porovnání dat, získaných pomocí CFD metod a experimentů však nebylo provedeno.

Překvapující bylo chování proudu v prostoru salónu vozu, které bylo ověřeno všesměrovými sondami. Jednalo se o silně nestacionární proudění, kdy se v jedné poloze sondy a v čase 60 s měnila rychlost proudu poměrně rychle od rychlostí 0,2 m/s až po rychlost 1 m/s. Tento jev nebyl v práci řádně vysvětlen. Možná by k jeho osvětlení pomohla frekvenční analýza rychlostí – FFT, která by pomohla indikovat kritické frekvence proudu a na ty se zaměřit.

Celkově lze však konstatovat, že cíl práce byl splněn – navržený větrací systém je funkční, distribuuje vzduch do celého prostoru pro cestující (což není v některých stávajících konstrukcích samozřejmost) a díky správnému umístění dvou nezávislých větracích jednotek v čelech vozu je schopný funkce i při výpadku jedné z nich.

Význam rozvoj vědního oboru a pro praxi

Z výše uvedeného textu vyplývá, že doba, kdy konstruktér řešil zejména vůz z pohledu dostatečné pevnosti a tuhosti, bez zásadního ohledu na chování vozu nebo soupravy vozů z pohledu například jejich hmotnosti nebo spotřeby energie, už je dávno pryč. Zkonstruovat kolejové vozidlo pro osobní dopravu představuje obrovské množství vzájemně se prolínajících činností, kdy je zapotřebí pamatovat na cestující a jejich pohodlí.

Z pohledu výrobce to znamená větší specializaci návrhářů a jejich vzájemnou spolupráci už při základním návrhu koncepce vozu. Mimo stále důležitých konstruktérů podvozků, skříní, výpočtářů MKP se stále více budou dostávat ke slovu i designéři a z techniků pak výpočtáři proudění s ohledem na vnitřní i vnější aerodynamiku vozu a hluk.

Předkládaná práce řeší problém na velmi dobré úrovni a potvrzuje nutnost efektivní spolupráce celé řady zmíněných specialistů. Z praktického pohledu je cíl a výsledky práce neoddiskutovatelné. Podle mého názoru touto prací vytvořila určitá vědomostní báze, na kterou mohou navázat konstruktéři a výpočtáři nejen z akademické sféry, ale i z průmyslu.

Formální a jazyková úroveň

V práci bylo i přes její poměrně velký rozsah minimální množství chyb a překlepů (např. byl uváděn atmosférický tlak 980,6 kPa místo tlaku 98,6 kPa). Graficky je práce na rozumné úrovni, je doplněna celou řadou grafů a obrázků. Řada obrázků by však měla mít větší popisky a měla by být více kontrastní, jedná se např. o obr. 45 nebo nepřiliš jasné obr. 122 a 123. U série obrázků se skalárními poli (např. obr. 107, 108, 109 i jinde) by bylo vhodnější zachovat jednu škálu pro všechny tři obrázky. Například k obr. 148 není odkaz v textu.

Uvedené nedostatky však rozhodně nesnižují kvalitu práce zásadním způsobem a jsou pouze upozorněním, že i zdánlivě nedůležité věci mohou ovlivnit dojem z celé jinak kvalitní práce.

Publikační činnost

Zde vycházím ze seznamu publikací, uvedených v závěru práce, byť publikační činnost doktoranda není exaktně zmíněna. Je zřejmé, že doktorand zpracoval od r. 2011 jako autor nebo spoluautor celou řadu výzkumných zpráv a účastnil se několika konferencí. Očekával bych každý rok aktivní účast alespoň na jedné konferenci (když byl projekt podpořen granty). Asi tomu tak nebylo, což je

škoda. Výsledky by pro odbornou veřejnost byly jistě zajímavé.

Poznámky, připomínky

Z práce je zřejmé, že pro její vypracování musel doktorand zajistit konstrukční návrh, výrobu, instalaci a částečně i měření chování větracího traktu. Vzniklo tak velké množství dat, které by si bývalo zasloužilo další analýzy. Konkrétně by se mělo jednat o porovnání CFD výpočtů a experimentů, vyhodnocení hlukových spekter nebo detailnější vyhodnocení proudění pomocí všesměrových sond.

Na druhou stranu je však nutné zdůraznit, že vyhodnocování dat by výrazně zvětšilo rozsah už tak dost velké práce. Data jsou tak nyní k dispozici pro další rozbory.

Po zodpovězení položených otázek a na základě předložené disertační práce ji **doporučuji** k obhajobě.

Doporučuji po úspěšné obhajobě udělit akademickou hodnost „philosophiae doctor“ - Ph.D.”

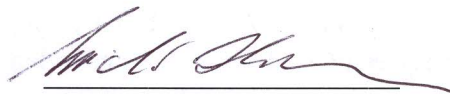
Předloženou disertační práci na základě předchozího hodnocení **DOPORUČUJI** přijmout k obhajobě po jejím úspěšném obhájení navrhuji udělit akademický titul

„philosophiae doctor (Ph.D.)“

Doplňující otázky:

1. V textu nejsou nikde specifikovány parametry CFD modelu. Konkrétně není popsán použitý turbulentní model a jeho nastavení, nejsou exaktně popsány okrajové podmínky výpočtu ani výpočetní síť. Je možné upřesnit tyto údaje?
2. Pokud byste popisovanou úlohu řešil dnes se současnými znalostmi, co byste udělal z pohledu koncepce i detailního návrhu větracího systému lépe?

V Plzni 25. 5. 2018



doc. Ing. Michal Hoznedl, Ph.D.
oponent



FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

OPONENTNÍ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

na získání akademického titulu Ph.D.

Autor: **Ing. Ladislav Tříška**

Název práce:

Výzkum a vývoj hybridních skříní pro kolejová vozidla – hmotnostně úsporné prvky větracího systému

Doktorský studijní program : **P2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor : **Stavba strojů a zařízení**

Školitel: **doc. Ing. Petr Heller, CSc.**

Oponent: **doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů; Fakulta strojní, ZČU v Plzni

Obsah práce

Předložená disertační práce se zabývá výzkumem a vývojem hybridní skříně kolejového vozidla. Práce je rozdělena do následujících oddílů:

- 1) teoretická část s obsáhlým uvedením do řešené problematiky
 - Požadavky na konstrukci skříně
 - Oblast střechy vozu a větrání
 - Technologie laminace, použitých materiálů, normy apod.
- 2) praktická experimentální část, kde je popsáno experimentální měření a vyhodnocení
 - Koncepční řešení reálného větracího kanálu
 - Simulace proudění vzduchu v salonu vozu
 - Experimentální měření hodnot provedeno na reálném testovacím zařízení
 - Závěrečné shrnutí a doporučení

Aktuálnost tématu

Tématem disertační práce je výzkum a vývoj hybridní skříně kolejového vozidla v oblasti střechy a souvisejícím zařízením pro větrání salonu vozu pro osobní přepravu. V současné době se u konstrukce vozidel začínají více využívat nekonvenční materiály, lehké slitiny nebo

vysokopevnostní ocele, které snižují hmotnost, zvyšují bezpečnost a některé další požadované vlastnosti (korozivodnost, útlum hluku, tepelnou vodivost apod.). Věnování se tématu konstrukce zařízení pomocí nekonvenčních materiálů (v tomto případě kompozitem) je v technických oblastech velkým přínosem.

Postup řešení:

V úvodní anotaci je specifikován cíl předložené disertační práce se soustředěním na „lehkou“ stavbu střešní oblasti u kolejového vozu pro přepravu osob. Dále je provedena analýza potřebných norem, možnosti konstrukcí a dalších analýz i hodnocení pro stanovení vhodnosti použití předpokládaných kompozitových materiálů. Výsledky disertační práce přispějí pro další vývojové směry vědy a výzkumu s možností přímé aplikovatelnosti v průmyslových podnicích.

Význam pro rozvoj vědního oboru a praxi

Přínosem předložené disertační práce je porovnání hodnot s validací navržených teoretických výsledků pomocí experimentálního měření na prototypovém zařízení větrání u vozu metra, které bylo pro tento testovací účel vytvořené. Testování bylo prováděno v podmínkách zkušební haly. Výsledky budou proto využity pro další vývojový směr v oblasti inovačních trendů v konstrukci kolejových vozidel – z velkého množství dat experimentálních výsledků (viz příloha č. 5) by bylo vhodné vytvoření ucelenějšího závěru.

I přes uvedené připomínky je patrné, že disertant vhodně navázal na známé výsledky, které vyhodnotil, porovnal a navrhl inovační postup v řešení větracího kanálu z kompozitových materiálů. Byla též doložena realizace prototypu, na kterém bylo provedeno základní experimentální testovací měření.

Formální a jazyková úroveň

Svou angažovanost v tomto oboru disertant prokázal kvalitním souborem citovaných a vlastních publikací. Jsou doloženy vykonané práce na užitných vzorech a patentu v oblasti konstrukce skříní kolejových vozidel. Prokázal velmi kvalitní orientovanost a schopnost ve využití moderních nástrojů výpočetní techniky a to jak pro vlastní práci, tak i pro textové a grafické zpracování práce. Celkové zpracování je ucelené a přehledné. Menší formální chyby v textu nesnižují hodnotu předložené disertační práce.

Práce s odbornými zdroji

Použité informační zdroje jsou vhodné k řešenému tématu (celkem 40 bibliografických citací) kolejových vozidel. Tyto informační zdroje jsou tříděné podle pořadí výskytu v textu místo podstatně vhodnějšího abecedního řazení. Převažují zde uvedené citace českých autorů a vlastní citace. Tyto bibliografické citace v disertační práci nejsou rozčleněny na oddíly tak, aby byl prokazatelný počet publikací vlastních a se spoluautorstvím.

Publikační aktivity

Publikační aktivity disertanta jsou v autoreferátu oproti disertační práci správně rozděleny, na vlastní publikované (celkem 7 bibliografických citací) a nepublikované práce (celkem 8 bibliografických citací), užité vzory (celkem 3 bibliografické citace) a patent (celkem 1 bibliografická citace).

Poznámky a připomínky

Návrh koncepčního řešení větracího kanálu s konkretizací technického určení pro vůz metra, není zřejmá v úvodu disertační práce (viz str. 17: „vozidla metra a vozidla rychlé městské dopravy“). Disertační práce je především zaměřena na využití nekonvenčních materiálů při konstrukci částí kolejových vozidel. Přínosné je se též zmínit o propojení CAD SW řešení výpočtového hodnocení pomocí FEM analýz pro návrh řešení technického zařízení.

Doplňující otázky:

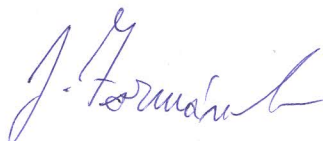
- Jak je řešena technická stránka čistoty vzduchu (hygienická oblast nebo sanitace větrání) u takto navrženého kompozitového větrávacího kanálu salonu vozu určeného pro metro?
- Další dotazy vyplývají přímo z textu mého oponentního posudku.

Na základě uvedeného hodnocení

d o p o r u č u j i

předloženou disertační práci **Ing. Ladislava Třísky** s názvem „**Výzkum a vývoj hybridních skříní pro kolejová vozidla – hmotnostně úsporné prvky větracího systému**“ k obhajobě dle zákona §47 zákona č. 111/1998 Sb. a v případě úspěšného obhájení udělit jmenovanému akademický titul Ph.D.

V Plzni, dne 30. května 2018



doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.

Katedra konstruování strojů
Fakulta strojní, ZČU v Plzni

Oponentní posudek k obhajobě disertační práce

Západočeská univerzita v Plzni

Jméno: Ing. Ladislav Tříška

Název: Výzkum a vývoj hybridních skříní pro kolejová vozidla – hmotnostně úsporné prvky větracího systému

Fakulta: Fakulta strojní

Studijní program: N2031 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2302V019 Stavba strojů a zařízení

Školitel: doc. Ing. Petr Heller, CSc.

Oponent: Ing. Václav Hampl, důchodce, Sokolovská 130, 320 00 Plzeň

Obsahová stránka

Předmětem řešení předložené disertační práce je návrh a odzkoušení nové koncepce větracího systému pro vozidla městské hromadné dopravy s cílem úspory hmotnosti, jednoduché montáže a snížení hlučnosti. Práce má 166 stran (textová část 124, grafická část 42 stránek), je členěna do 8 kapitol a má 7 příloh. Obsahuje řadu obrázků, tabulek a fotografií dokumentujících řešenou problematiku.

Aktuálnost tématu

Vývoj kolejových vozidel s využitím materiálů a nových postupů ke snížení hmotnosti má zásadní význam pro inovační vývoj v tomto oboru. Proto problematika řešená v rámci disertační práce má velký význam pro obor kolejových vozidel.

Je řešen návrh střechy a do funkčního vzorku skříně vozu metra, vytvořeného s podporou programu TA04030774, je navržen větrací systém pro salon vozu. Kromě návrhu cílem byla i

realizace vzorku větracího systému s ověřením dosažených parametrů větrání i hlučnosti v salonu vozu podle příslušných norem. Disertant byl členem řešitelského týmu.

Postup řešení problému

V práci je prezentován vývoj a stavba střechy hybridní stavby skříně vozu ze sendvičových panelů, návrh ventilačního systému se dvěma textilními větracími kanály po celé délce vozu, distribuce vzduchu je navržena pomocí perforace dna kanálu otvory s použitím kapes k usměrnění proudu vzduchu. Zdrojem vzduchu pro větrání jsou vždy dva ventilátory v každé ventilační jednotce umístěné na koncích vozu. Každý ventilátor je k podélnému větracímu kanálu připojen propojovacím lomeným kanálem, také textilním. Podrobně je popisováno řešení počítačové simulace proudění v systému větrání. Je proveden rozbor výsledků pro proudění ve vstupní a výstupní části ventilační jednotky a následné změny propojovacího kanálu za ventilační jednotkou. Simulace proudění v salonu vozu posuzuje varianty distribuce vzduchu perforací bez a s usměrňovacími kapsami, které zajišťují kolmý výstup vzduchu z kanálu.

Podrobně jsou popsána měření tlaků a rychlostí v kanále za ventilátorem a v podélném kanále salonu. Měření rychlostí vzduchu proudícího do prostoru salonu vozu bylo prováděno jen částečně s podhledovou mříží. Výsledky jsou podrobně dokumentovány. Je popsána metoda se zvýrazněním proudnic planárním laserem v kombinaci s vyvíječem kouře, zvýrazněné proudnice byly snímány kamerou.

Na funkčním vzorku bylo provedeno měření hluku větracího systému pro neizolovaný propojovací kanál a po provedení jeho izolace. Výsledky jsou dokumentovány třetino-oktávovými spektry naměřenými v různých vzdálenostech od čela vozu. Grafy ukazují výrazné špičky v oblasti 250 Hz a 50Hz. Provedení izolace propojovacího kanálu se projevilo snížením hladiny při 250 Hz.

Všechna měření byla prováděna při 3 různých hladinách výkonu ventilátoru- 50%, 75% a 100%.

Zjištěné nerovnoměrnosti proudění do salonu je navrhováno upravit lokální změnou velikosti otvorů a snížením počtu otvorů vůči kapsičce. Také pokud jde o úroveň hluku, nepodařilo se zajistit splnění požadované hodnoty 66 dB. Provedení izolace propojovacího lomeného kanálu mělo pozitivní výsledek, ale je navrhováno řešit i změnu rozměrů kanálu, což ale na funkčním vzorku nebylo možné. Počítačovou simulací proudění v novém navrhovaném kanále je vyhodnocen možný přínos jak z hlediska snížení tlakové ztráty, tak i aerodynamického hluku.

Disertant pracoval podle metod pro vědeckou práci - návrhy byly posuzovány experimentem a byla provedena analýza výsledků. Návrh konstrukce střechy funkčního vzorku hybridní skříně byl ověřován v rámci hodnocení celé stavby skříně řešitelským týmem. Disertační práce je věnována větracímu systému, navrženému s využitím počítačové simulace proudění, po zhotovení bylo provedeno experimentální ohodnocení parametrů větrání i hluku a proveden rozbor výsledků s návrhem dalších zlepšení pro splnění požadavků. Škoda jen, že měření nebyla provedena na kompletní skříně dokončené s podhledy a kanály po výfuk vzduchu z prostoru skříně vedle bočních dveří.

Význam rozvoj vědního oboru a pro praxi

Přínosem dané práce je použití netradičních materiálů jak pro střechu hybridní konstrukce skříně, tak pro vlastní kanály větrání. I když se nepodařilo se dosáhnout parametrů pohodlí z hlediska proudění vzduchu v salonu i hluku stojícího vozu při běhu větrání, pozitivně lze

hodnotit uvedené návrhy na zlepšení systému, jak již bylo dříve uvedeno.

Práci lze hodnotit velmi kladně jako první přiblížení k použití textilního materiálu na větrací kanály s ověřením perforace a kapsiček jako způsobu k dosažení rovnoměrných rychlostí proudění vzduchu v prostoru salonu.

Formální a jazyková úroveň

Disertační práce je obsáhlá, systematicky zpracována. Text je přehledný a dobře členěný, formulace kapitol a článků je na standardní úrovni. Graficky je práce na dobré úrovni. Některé obrázky simulace proudění v důvodu velikosti nejsou plně vypovídající, nejhorší je to v autoreferátu práce v provedení černobílém.

Publikační činnost

V přehledu literatury jsou uvedeny práce použité při řešení včetně prací publikovaných autorem v souvislosti s řešením dané úlohy.

V autoreferátu je uvedena publikační činnost, kde je uvedeno 7 publikovaných prací o řešení, kde je disertant spoluautorem. Některé byly předneseny na konferencích, jedna i v zahraničí. Kromě toho je uvedeno 8 interních prací ZČU se spoluautorstvím, dále je uvedeno, že disertant je spoluautorem 2 užitných vzorů a 1 patentu, vzniklých při řešení skříně vozu v rámci uvedeného programu.

Poznámky, připomínky

V textu práce na str. 51 je uvedeno, že jedna ventilační jednotka musí dodat 3650 m³/h (jeden ventilátor 1825 m³/h) s uvažováním tlakové ztráty 540 Pa.

Na straně 22 autoreferátu je uvedeno, že toto množství vzduchu je nutno do vozu dodat s uvažováním tlakové ztráty 400 Pa.

Nevypadá dobře překlep v názvu oboru na titulní stránce práce. Je uvedeno špatné označení normy ČSN EN 12663-1v nadpisu přílohy č. 3.

Po zodpovězení položených otázek a na základě předložené disertační práce ji **doporučuji** k obhajobě.

Doporučuji po úspěšné obhajobě udělit akademickou hodnost „philosophiae doctor” - Ph.D.”

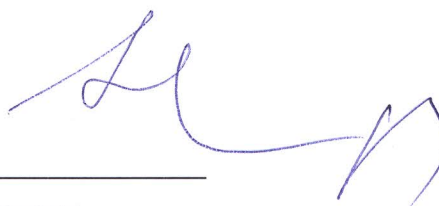
Předloženou disertační práci na základě předchozího hodnocení **DOPORUČUJI** přijmout k obhajobě po jejím úspěšném obhájení navrhuji udělit akademický titul

„philosophiae doctor (Ph.D.)“

Doplňující otázky:

1. V textu práce je velký prostor věnován výrobě dílů skříně z laminátu. Nebylo při návrhu uvažováno vyrábět propojovací větrací kanál z kompozitu s ohledem na další možnosti hlukové izolace?
2. Jak byla při měření provedena regulace výkonu ventilační jednotky na 75% a 50% objemového průtoku? Jaké jsou pracovní body ventilátoru v těchto režimech?
3. Byla zjištěna příčina výrazné špičky spektra hluku v pásmu 250Hz?

V Plzni, 29.5.2018



oponent