

OPONENTNÍ POSUDEK

Disertační práce: **Identifikace a predikce zdrojů vibrací a hluku brzdy na vozidle**
Autor: **Ing. Huynh Le Hong Thai**
Oponent: **doc. Ing. David HERÁK, Ph.D.**
**Katedra mechaniky a strojnictví, Technická fakulta,
Česká zemědělská univerzita v Praze**

Stručný obsah disertační práce

Disertační práce se zabývá metodami identifikace a predikce hluku a vibrací vznikajících při brzdění. V práci byl stanoven 3D model systému kotoučové brzdy reálného vozu, který byl použit pro simulace vznikajícího hluku a vibrací a následnou predikci. V disertační práci bylo prokázáno, že vlastní frekvence jednotlivých komponent kotoučové brzdy mají zásadní vliv na vznik hluku a vibrací vznikajících při brzdění. Použitím vytvořeného 3D modelu lze určit hluk a vibrace při různých režimech brzdění za reálných podmínek. Výsledky experimentů také prokázaly, že koeficient tření mezi brzdovou destičkou a brzdovým kotoučem má na vznik hluku a vibrací při brzdění větší vliv než Youngův modul a tlak.

Stanovené cíle

Hlavním cílem disertační práce bylo vytvoření 3D simulace systému kotoučové brzdy s ohledem na identifikaci a predikci zvuků vznikajících při brzdění a tyto výsledky simulace verifikovat experimentem.

Dle mého názoru lze konstatovat, že všechny cíle disertační práce byly splněny.

Rozbor současného stavu

Pro rozbor současného stavu čerpal doktorand z vědeckých prací, odborných knih, sborníků konferencí a publikací z prestižních mezinárodních vědeckých časopisů. Ve stručné, ale výstižné formě popsal doktorand teoretickou podstatu vzniku hluků při brzdění a také popsal různé mechanické modely brzd. V rešeršní části disertační práce jsou také uvedeny jednotlivé experimentální postupy stanovení hluku při brzdění

Teoretický přínos

Doktorand sestavil teoretický model MKP mechanického chování brzdového systému a stanovil jeho vibrační a hlukové charakteristiky. Tyto modely můžou být použity pro řešení problematik mechanického chování v rozličných vědních oborech. Disertační práce má multidisciplinární teoretický přínos.

Praktický přínos práce

Doktorand prokázal možnost použití MKP modelů mechanického chování pro řešení dané problematiky a tyto modely ověřil na provedených experimentech. Z jeho výsledků vyplývá možnost použití simulačních metod pro identifikaci a predikci zdrojů vibrací a hluku při brždění.

Vyjádření k postupu řešení a použitým metodám

Postup řešení je logický a systematický. I když dle mého názoru by bylo vhodnější použít v disertační práci standartní strukturu vědecké práce jako je úvod, materiály a metody, výsledky, diskuze a závěr, než systém v práci presentovaný. Je zcela evidentní, že autor formuluje v úvodu cíle své práce, které jsou postupně v dalších kapitolách práce splněny. Použité postupy a metody odpovídají potřebám provedené rešerše a výzkumu. V práci však postrádám detailnější diskuzi, to znamená porovnání stanovených výsledků s výsledky již publikovanými. Stanovené hypotézy by měly být podloženy či verifikovány statistickým hodnocením, které v předkládané práci postrádám. Myslím si také, že by měly být experimenty popsány tak aby byly opakovatelné, což jsem v této práci nenalezl. Lze však říci, že použité metody byly vhodně zvoleny a také vhodně aplikovány, což vedlo k úspěšnému vyřešení dané problematiky.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Disertační práce rozšiřuje znalosti v oboru „Konstrukce strojů a zařízení“, doktorand prokázal odpovídající znalosti v tomto oboru.

Vyjádření k výsledkům a původnosti konkrétního přínosu

V disertační práci jsou uvedeny zcela konkrétní původní výsledky a to jak z oblasti metodické, tak i z oblasti experimentální.

Formální úroveň práce

Předložená disertační práce má 150 stran textu a je zpracována pečlivě, logicky, srozumitelně a na dobré technické úrovni s velkým množstvím přehledných barevných grafů a obrázků. V textu disertační práce je také několik drobných formálních nesrovnalostí, které však nejsou dle mého názoru nijak zásadní a nestěžují orientaci v textu disertační práce. V textu se však vyskytují některé nesrovnalosti v jazyce anglickém, například věty na str. 26 „*In this chapter*“ Nejsou gramaticky správně, či věta „*On of ...*“ na str. 23 je nesrozumitelná. Vyskytuje se zde také několik vět, ve kterých chybí podstatné jméno (např. str. 23). V disertační práci je také několik souvětí, ve kterých si navzájem časově odporují jednotlivé věty, a tím pádem je pak význam souvětí nesrozumitelný. Dle mého názoru by měl být v textu použit jednotný styl psaní např. „*It has been described*“ nebo „*We described*“ nikoli jejich kombinace. Tyto jazykové nedostatky však zásadně nesnižují kvalitu této disertační práci a je evidentní, že jsou zaviněny tím, že autor není rodilým mluvčím.

Hodnocení publikační činnosti

Doktorand výsledky své práce prezentoval na několika prestižních mezinárodních symposiích a publikoval v prestižních mezinárodních vědeckých časopisech.

Celkové zhodnocení

Doktorand prokázal schopnost samostatné vědecké práce, prokázal kvalifikaci ve svém oboru a prokázal, že dokáže své znalosti prakticky aplikovat. Z disertační práce je zřejmé, že doktorand dokáže najít podstatu vědeckého problému a vhodnými metodami tento problém řešit.

Otázky k obhajobě

1. Můžete blíže specifikovat experimentální postup stanovení hladin hluku a vznikajících frekvencí při brždění, tak aby byl experiment opakovatelný a verifikovatelný?
2. Ověřil jste nějak hodnotu součinitele tření 0.35 použitého ve vašem modelu? S jakou přesností byl tento součinitel stanoven (např. jeho směrodatná odchylka)?
3. Můžete detailněji analyzovat výsledky zobrazené na obr. 4.24 a obr. 4.25?
4. Při vyhodnocení a porovnání výsledků experimentů a simulací postrádám statistické hodnocení, bylo toto hodnocení prováděno? Jestliže ano s jakými výsledky?

Závěrečné vyjádření

Doktorand Ing. Huynh Le Hong Thai předložil disertační práci splňující požadavky dle studijního a zkušebního řádu TU v Liberci a doporučuji proto, dle zákona č. 111/1998 Sb., panu **Ing. Huynh Le Hong Thai**, po úspěšné obhajobě, **udělit akademický titul „doktor“** (ve zkratce Ph.D. uváděné za jménem).

V Praze dne 25. 3. 2014.



doc. Ing. David Herák, Ph.D.

Doc. Ing. Jaroslav KRÁTKÝ, Ph.D.,
Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta strojní
Katedra konstruování strojů

Univerzitní 22
306 14 Plzeň

OPONENTNÍ POSUDEK

Disertační práce studijního oboru *Konstrukce strojů a zařízení*

Ing. Huynh Le Hong Thai

Název práce :

„ Identifikace a predikce zdrojů vibrací a hluku brzdy na vozidle “

Škola : Technická univerzita v Liberci
Fakulta strojní
Katedra vozidel a motorů

Řešená problematika disertační práce se týká problematiky brzdného systému automobilu. V úvodní části autor uvedl přehled frekvenčního rozsahu hluku brzd. V další práci se soustředil na pásmo od 1000 Hz do 18000 Hz tj. oblast pískání brzd (squel brake). Tento jev je určen samobuzeným kmitáním, které je vyvoláno třením.

Cílem práce je zjištění vlivu jednotlivých částí kotoučové brzdy na kmitání, které způsobuje nežádoucí hluk (pískání). Zkoumání je zaměřeno na nalezení nestabilních frekvencí systému, které způsobují rezonanci kmitání částí brzdy. Zahrnuje se vliv součinitele tření, modulu pružnosti kotouče a segmentu s obložením, dále tlak mezi kotoučem a obložením a vliv otáček. V experimentální části se předpokládá výzkum vlivu opotřebení obložení na hluk.

V další části autor provedl podrobný rozbor dosavadního výzkumu tohoto jevu v oblasti teorie a experimentu.

Výzkum se prováděl na diskové brzdě automobilu Renault. Součásti brzdy a celá sestava byly zkoumány SW Abaqus, který umožňuje výpočet vlastních frekvencí, tvarů kmitů i komplexních vlastních čísel. Vypočtené vlastní frekvence a tvary kmitů byly porovnány s experimentem. Výpočet v SW Abaqus se prováděl na sestavě brzdy se zahrnutím kontaktů, tření, tlaku i otáček při skutečných okrajových podmínkách.

Dle zvolené hypotézy je příčinou hluku ztráta stability systému brzdy, která je způsobena spojením dvou sousedních tvarů kmitů. Identifikace nestabilních tvarů kmitu pro rozsah součinitele tření od 0,1 do 0,6 byla pak obsahem dalšího výzkumu. Při nízkých hodnotách součinitele tření (0,1) je počet nestabilních tvarů kmitů nižší než při vysokých hodnotách (0,4), v pásmu součinitele tření 0,2 – 0,5 jsou 3 nestabilní tvary. Dále byla určena hodnota součinitele tření, od které dochází ke ztrátě stability.

Experimentální část práce je zaměřena na ověření výsledků simulace a na zjištění vlivu opotřebení obložení brzdy na její hluk.

Vyjádření k jednotlivým bodům disertační práce:

- **Dosažení v disertaci stanoveného cíle**
Cíle práce – zjištění vlivu vlastností jednotlivých částí brzdy, hodnot součinitele tření a opotřebení na hluk brzdy - bylo plně dosaženo jak v teoretické tak v experimentální části práce
- **Úroveň rozboru současného stavu v disertaci řešené problematiky**
Rozbor současného stavu řešeného úkolu byl proveden vyčerpávajícím způsobem
- **Teoretický přínos disertační práce**
Teoretický přínos disertační práce spočívá v užití SW Abaqus pro sestavu brzdy při skutečných okrajových podmínkách a z rozboru vlivu součinitele tření na stabilitu a tím na vznik hluku
- **Praktický přínos disertační práce**
Praktický přínos disertační práce je ve využití výsledků teoretické části (vliv poměru vlastních frekvencí kotouče a držáku obložení na hluk) i experimentální části (vliv drsnosti obložení na hluk)
- **Vhodnost použitých metod řešení a způsob, jak byly použité metody aplikovány.**
Použité metody řešení – výpočetní i experimentální jsou na současné technické úrovni
- **Prokázání znalostí v oboru**
Doktorand prokázal vysokou odbornou úroveň při řešení daného úkolu (rozsah a citace literatury, užití SW Abaqus, kritické hodnocení výsledků)
- **Formální úroveň práce**
Formální úprava a srozumitelnost práce je dobrá. Na str. 60 v Tab. 3.2 mají uvedené hodnoty modulů pružnosti materiálů chybný rozměr. Publikace studenta se vztahují k tématu a jsou postačující.

K obhajobě mám dvě otázky:

Jaký doporučujete postup pro identifikaci příčin hluku brzdy (squel brake) automobilu?

Které součásti brzdy mají největší vliv na hluk brzdy?

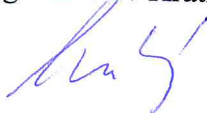
Cíle disertační práce jsou splněny. V práci je analýza problému, je systematicky zpracovaná má vyváženou teoretickou i experimentální část. Disertační práce splňuje požadavky Zákona o vysokých školách §47 č. 111/1998 Sb. a

doporučuji

předloženou práci **Ing. Ing. Huynh Le Hong Thai** k obhajobě a po jejím úspěšném obhájení k udělení akademického titulu Ph.D. ve studijním oboru Konstrukce strojů a zařízení.

V Plzni, dne 8.. 4. 2014

Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.





Oponent: doc.Ing. Robert Grega, PhD.

Posudok oponenta dizertačnej práce

Názov dizertačnej práce: Identifikace a predikce zdrojů vibrací a hluku brzdy na vozidle

Autor: Ing. Huynh Le Hong Thai

Študijný odbor: 2302V010 Konstrukce strojů a zařízení

Posudok vypracovaný na základe:

Vyžiadania dekanom Fakulty strojní, Technické univerzity v Liberci listom zo dňa 05.03.2014 v zmysle § 53 odst. 3 zákona č.111/1998 Sb. O vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů a čl.23 Studijního a zkušebního řádu TU v Liberci.

Faktografické údaje:

Predložená dizertačná práca obsahuje 150 strán, 114 obrázkov a 121 literárnych prameňov. Po formálnej stránke a grafickej úprave vyhovuje dizertačná práca požiadavkám kladeným na takýto druh práce. Práca je členená do 7 kapitol, ktoré na seba nadväzujú a sú obsahovo vyvážené.

Aktuálnosť problematiky a obsahová náplň:

Problematiku riešenú v dizertačnej práci považujem za vysoko aktuálnu, vzhľadom na skutočnosť, že identifikácia príčin hluku a vibrácií vznikajúcich pri brzdení automobilov, je dôležitá pre vývoj nových vozidiel, ktoré budú zvyšovať, komfort a bezpečnosť účastníkov cestnej premávky.

Obsahová náplň vyplýva z cieľov dizertačnej práce. V kapitole 2 autor rozoberá matematické modely brzd, na základe ktorých sú následne v kapitolách 3 až 4 vyhotovené simulačné modely a postupy. V týchto kapitolách autor spracováva teoretické výsledky simulácií. Následne sa kapitola 5 venuje experimentálnemu overeniu výsledkov simulácií. Zo simulácií a experimentálnych meraní vyplýva, že na hluk a vibrácie brzd majú veľký vplyv brzdomé



doštičky. Preto autor v 6 kapitole venuje veľkú pozornosť identifikovaniu vplyvu opotrebenia a ďalších parametrov brzdových doštičiek na súčiniteľ trenia.

Použité metódy riešenia:

Metódy, ktoré boli navrhnuté a použité autorom práce pre riešenie problematiky identifikácie a predikcie zdrojov hluku a vibrácií brzd na vozidle, sú v plnom rozsahu akceptovateľné. Rozsah použitých metód dokumentuje experimentálnu vyspelosť dizertanta. Vysoko hodnotím prístrojové vybavenie, ktoré bolo pre naplnenie cieľov práce použité.

Pripomienky oponenta:

Rovnice 2.13 a 2.16 – nie je zrejmé, čo predstavujú jednotlivé symboly rovníc.

Rovnice 3.12 až 3.16 – chýbajú vysvetlenia symbolov rovníc.

Tabuľka 3.5 – chýbajúci popis jednotiek. V tabuľke chýbajú zvislé čiary čo spôsobuje jej neprehľadnosť.

Obrázky 3.9, 3.14, 3.17, 3.19, 3.21, 3.23, 3.25 – z obrázkov nie je jasné, čo predstavujú jednotlivé farebné polia na obrázkoch.

Tabuľka 3.7 – Chýbajúci popis druhého riadku s údajmi.

Obrázky 4.4, 4.6, 4.18 – sú nečitateľné.

Obrázky 4.9, 4.12, 4.14, 4.19, 4.20, 4.21, 4.23, 4.26, 5.12, 6.24, – z obrázkov je možné len intuitívne zisťovať, že prezentované výstupy sú správne, lebo im chýbajú označenia osí, resp. popis jednotlivých osí a jednotiek

Vyššie uvedené pripomienky oponenta sú formálneho charakteru vyplývajúce z nepozornosti autora pri finalizácii dizertačnej práce.

Otázky oponenta:

1. V tabuľke 3.2 je popis hustoty jednotlivých častí brzdy. Vysvetlite z akých materiálov je vyhotovený piest, ktorý má hustotu 8020kg/m^3 a bolt s hustotou 9530kg/m^3 ?
2. Prosím autora, aby v stručnosti zhrnul prínosy svojej práce pre teóriu a prax.

Záver:

Predložená dizertačná práca Ing. Huynh Le Hong Thai, je originálna a svojím obsahom zapadá do rámca študijného odboru 2302V010 Konstrukce strojů a zařízení. Niektoré časti práce boli autorom aj publikované v odborných časopisoch a na konferenciách.

Napriek vyššie uvedeným pripomienkam, ktoré sú väčšinou formálneho charakteru, môžem konštatovať, že dizertačná práca rieši aktuálnu problematiku odboru, je na potrebnej vedeckej úrovni a prináša nové poznatky.

Predkladajú dizertačnú prácu Ing. Huynh Le Hong Thai

odporúčam k obhajobe,

v študijnom odbore 2302V010 Konstrukce strojů a zařízení a v prípade úspešnej obhajoby odporúčam udeliť akademický titul philosophiae doctor - „PhD“.

V Košiciach 07.04.2014

Spracoval: doc. Ing. Robert Grega, PhD.

