

Oponentní posudek doktorandské disertační práce

Doktorand:

RADEK PYTLÍK, ING.

Název disertační práce:

Identifikace dynamických charakteristik lidského těla při prostorovém zatěžování a jeho mechanická náhrada

Studijní obor a zaměření:

Aplikovaná mechanika – Inženýrská mechanika

Studijní program:

Strojní inženýrství 2301V,
Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci

Školitel:

doc. Ing. Jaromír Barbora, CSc.

Náhradní školitel:

prof. RNDr. Jan Šklíba, CSc.

Doktorandská disertační práce má včetně dvoustránkového seznamu literatury celkem 192 stran a další dvě strany samostatné přílohy. První verze doktorandské práce byla vypracována v roce 2006 a ve stejném roce byla také odevzdána. Pro dílčí nedostatky nebyla doporučena k obhajobě. Tato druhá verze doktorandské práce byla přepracována a doplněna podle požadavků oponentů. Datum jejího odevzdání je 20.8.2010.

Aktuálnost zvoleného tématu

Vliv vibrací na lidský organizmus je aktuálním předmětem interdisciplinárního výzkumu. Dílčí pokroky vyplývají ze zdokonalování zkušebních a měřicích zařízení a nových poznatků z oblasti lékařství. Téma doktorandské disertační práce je pro doktoranda zajímavé, protože dává prostor k tvůrčímu uplatnění poznatků, které studiem aplikované mechaniky doktorand nabyl. Soustředění disertační práce na problematiku vibrací sedaček s pohyby ve třech různých směrech je z praktického hlediska velmi aktuální.

Splnění stanoveného cíle

Cíle disertační práce jsou na straně 3 formulovány jako čtyři související úkoly, které si doktorand vytýčil k řešení. Jako první vytýčený úkol je vypracování přehledu a porovnání současných zatěžovacích modulů sedaček. Druhým úkolem je návrh experimentu pro zkoušky prostorového vibračního namáhání a stanovení dynamických charakteristik lidského těla. Třetí úkol spočívá v analýze vlivu vibrací na lidské tělo využívající měření absorbovaného výkonu vibrací. Čtvrtým úkolem je navrhnout matematický model a konstrukci zatěžovacího modulu sedaček pro vícesměrné buzení vibrací. Ke kapitole o cílech práce doktorand připojil také popis postupu, který stanovuje dílčí kroky k naplnění stanovených cílů.

Disertační práce je počtem stran rozsáhlá a je doložena množstvím měření a výpočtů, které bylo třeba provést. Lze konstatovat, že v textu disertační práce se doktorand zabýval všemi vytýčenými úkoly a lze také uvést, že byly v podstatě všechny splněny.

Postup řešení problému

Disertační práce je rozdělena na tyto části:

- Měření dynamických vlastností lidského těla
- Mechanické náhrady lidského těla
- Dynamické charakteristiky lidského těla
- Vibrační zkoušení
- Výpočet absorbovaného výkonu
- Matematický model zátěžového modulu pro testování sedaček.

Formální nedostatky nesnižují odbornou úroveň doktorandské práce.

Vyjádření k publikacím.

Doktorand uvádí 3 vlastní publikace v angličtině a jednu publikaci českou, u které je spolu-autorem. Publikáční činnost není rozsáhlá, ale pro experimentální výzkum dostačující.

Závěr

Doktorand vynaložil velké úsilí při experimentálním měření a shromažďování podkladů a jeho práce otevřela pro výzkum zajímavý praktický problém. Lze také konstatovat, že doktorand přispěl svými experimenty k rozvoji oboru vibračního zkoušení sedaček a navrhl některé nové přístupy k měření dynamických vlastností lidského těla. Zvládnutím metod vědecké práce splňuje podmínky udělení titulu Ph.D.

Doktorandskou disertační práci doporučuji k obhajobě.

Rozsah práce dokumentuje skvěle vybavenou laboratoř pro provedení zkoušek a výborné odborné zázemí, které bylo doktorandovi poskytnuto.

V Ostravě 8. 11. 2010



Prof. Ing. Jiří Tůma, CSc.

VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní

Posudek disertační práce

Název práce: **Identifikace dynamických charakteristik lidského těla při prostorovém zatěžování a jeho mechanická náhrada**

Autor práce: **Ing. Radek Pytlík**

Pracoviště: Fakulta strojní, Technická Univerzita v Liberci

Cílem předložené práce bylo navrhnout matematický model pro lidské tělo, je-li vystaveno multivibračnímu buzení.

Práce se zabývá návrhem a analýzou výpočetních postupů pro vibroizolaci a ochranu lidského těla před vibracemi u dopravních prostředků, především v automobilové dopravě. Hlavním prostředkem vibroizolace lidského těla je vhodně navržený systém sedačky s vhodnými dynamickými vlastnostmi.

V práci je doporučen a realizován postup zkoumání dynamického systému těla řidiče a vlastního vibroizolačního systému sedačky odděleně a pak sledovat a vyhodnocovat vzájemnou interakci těchto dvou podsystémů.

Celá práce je rozčleněna do několika ucelených okruhů:

- vytvoření přehledu současných zatěžovacích modulů a jejich srovnání,
- realizace experimentů, zahrnující budící vibrace do systému (jeden, více směrů, kombinace směrů – multivibrační buzení),
- návrh nových způsobů hodnocení vlivu vibrací na lidské tělo a založených na výkonu budících vibrací.

V práci jsou uvedeny rovněž již známé vyvinuté zatěžovací moduly a jejich matematické modely pro lepší porozumění směrů vývoje sledovaných modulů v odborné literatuře.

Pro analýzu a měření dynamických vlastností lidského těla, jako dynamického systému, jsou používány veličiny, popisující jeho dynamické vlastnosti. Mezi tyto veličiny patří přenosové funkce systému, vstupní mechanická impedance, efektivní (zdánlivá) hmotnost a efektivní tuhost.

Základní metodou pro řešení sledovaného systému byla použita metoda vstupní impedance, jež vyžaduje měření hnací síly a rychlosti pouze v hnacím bodě (driving point), umístěným obvykle na sedačce nebo na podlaze systému. Tato metoda může být použita pro výpočet širšího rozsahu impedančních charakteristik včetně receptance, mobility, zdánlivé tuhosti, mechanické impedance a zdánlivé hmotnosti.

Další veličinou, vyhodnocovanou v práci z naměřené impedance a fáze, je absorbovaný výkon, který lidské tělo absorbuje během mechanických vibrací.

jejich výrobců. Samozřejmě při jízdě vozidel po jednotlivých nerovnostech vozovky, tak i po vozovce s nerovnostmi náhodnými.

Cíle, vytčené v rámci doktorského studia, byly v předložené práci dostatečně zvládnuty jak po stránce teoretické, tak i experimentální. Bylo uvedeno řešení řady speciálních konstrukčních systémů zatěžovacích typů automobilových sedaček.

Pro analýzu dynamických vlastností sedaček byla použita metoda mechanické impedance, jakožto nejvhodnější metoda s ohledem na možnosti požadavků samotného experimentu. Tj. možnosti současného měření hnací síly a zrychlení (rychlosti) na povrchu úložného členu sedačky.

Výsledkem dizertační práce bylo vytvoření matematického modelu lidského těla pro multivibrační buzení, měření dynamických charakteristik lidského těla, vytvoření základů pro hodnocení vibrací pomocí výkonů, hodnocení absorbovaných a disipativních výkonů analyzovaných systémů.

Bylo v práci vyhodnoceno, že pro navrhování matematických modelů dynamického chování lidského těla jsou nejvhodnější vstupní mechanická impedance a efektivní hmotnost.

Výsledky v předložené práci jsou přínosem pro daný vědní obor, zabývající se dynamickými systémy vozidel, neboť rozšiřuje poznatky o těchto dynamických systémech a především o jejich provozním chování.

Autor předloženou práci prokázal, že je schopen řešit vlastnosti složitějších dynamických systémů s využitím stávajících a dalších se rozvíjejících metod z oblasti vibroakustických systémů.

Předložená práce a výsledky v ní uvedené dokumentují, že řešitel má dobré teoretické, praktické a experimentální znalosti z oblasti dynamiky mechanických systémů a dalších přidružených a navazujících oborů.

Předložená práce obsahuje 192 stran textu.

Doktorand předloženou dizertační práci prokázal dostatečné znalosti v oblasti tvořivé vědecké práce.

Proto předloženou dizertační práci **doporučuji** k obhajobě a po jejím úspěšném obhájení udělit příslušnou vědeckou hodnost PhD.

Brno, 20. září 2010

Doc. Ing. Vojtěch Mišun, CSc.
VUT Brno, FSI



Posudek disertační práce pana Ing. Radka Pytlíka na téma: „Identifikace dynamických charakteristik lidského těla při prostorovém zatěžování a jeho mechanická náhrada“

Práce se zabývá vysoce aktuálním tématem, které má širší celospolečenský význam. Disertační práce má interdisciplinární charakter s důrazem na obor aplikované mechaniky. Zjišťování dynamických charakteristik lidského těla v jeho různých polohách a tvorba mechanického modelu jsou důležitým nástrojem při konstrukci a stavbě strojních zařízení s optimálními provozními vlastnostmi. V celosvětovém měřítku je v nyní kladen důraz na získání zpřesněných údajů o dynamické reakci lidského těla na současné buzení translačních a rotačních vibrací ve více nezávislých směrech. V případě celkových vibrací je pak největší pozornost upřena na vývoj, konstrukci a zkoušení sedadel řidičů a pasažérů dopravních prostředků a pracovníků obsluhy mobilních strojů se sníženými vibracemi. Závažnost řešené problematiky v podmínkách ČR dokumentují počty každoročně nově hlášených případů osob pracujících ve zdravotním riziku celkových vibrací, jakož i požadavek lékařů na rozšíření seznamu nemocí z povolání o položku onemocnění bederního úseku páteře z celkových vibrací. V tomto kontextu je tudíž třeba disertační práci p. Ing. Pytlíka posuzovat.

Práce si klade za cíl splnění čtyř stěžejních bodů:

1) Vytvoření přehledu současných zatěžovacích modulů, jejich klasifikace a porovnání. S ohledem na zapojení školícího pracoviště na TÚ v Liberci do mezinárodní vědecké a normalizační spolupráce je v práci uveden kompletní seznam a realizační výstupy významných laboratoří ve světě, která jsou vybavena pro studium mechanických vlastností lidského těla při buzení přímočarých vibrací v jednom nebo ve více směrech. Na základě matematického modelování autor stanovil komplexní impedanční charakteristiky všech relevantních zatěžovacích modulů používaných v předních vědeckých laboratořích. Byl proveden kritický rozbor dosavadních zatěžovacích modulů s důrazem na jejich přednosti a praktická omezení. Soubor takto získaných údajů tvoří důležitý základ pro vlastní experimentální práci. Autor plně prokázal, že je schopen zpracovat a utřídit získané informace a publikované údaje pro potřeby vlastní vědecké činnosti.

2) Příprava a realizace experimentální práce založené na multivibračním buzení, tvořeném kombinací přímočarých vibrací v horizontálních směrech a ve vertikálním směru.

Podrobný popis měřicí techniky a postupu použitého při zpracování naměřených dat je obsahem třetí kapitoly „Měření dynamických charakteristik“. V disertační práci jsou uvedeny výsledky původních měření vstupní mechanické impedance lidského těla v poloze v sedě získané se třemi respektive se čtyřmi pokusnými osobami, kdy byla použita pohyblivá nebo nepohyblivá podnožka. Oproti dynamickým charakteristikám lidského těla získaným v jiných laboratořích ve světě jsou výsledky měření uvedené v disertační práci cenné tím, že byly získány na odlišném typu zdroje vibrací tj. na elektrohydraulickém válci. Získané výsledky tak doplňují dosavadní zkoumání mechanických vlastností lidského těla v rozsahu nízkých frekvencí, kdy elektrodynamické vibrátory vykazují základní rezonanci. Výsledky původních měření nejsou doplněny statistickým vyhodnocením. Autor poukazuje na zjevnou nelinearitu odezvy lidského těla na působící celkové vibrace. Zvolená metoda měření mechanické impedance, příprava experimentální práce a úroveň zpracování výsledků odpovídají požadavkům na vědeckou práci a dokládají hluboké teoretické znalosti autora.

3) Návrh nových způsobů hodnocení vlivu vibrací na lidského těla, založených na disipovaném a absorbovaném výkonu.

Na základě původních měření vstupní mechanické impedance lidského těla byly stanoveny kmitočtové charakteristiky výkonu vibrací přenášených ze zdroje a pohlcovaných v lidském těle. Tato originální metoda umožňuje určit kmitočtové oblasti, ve kterých dochází k intenzivnímu přenosu vibrací ze sedadla na člověka a pohlcování energie vibrací v lidském těle. Dosavadní metody posuzování celkových vibrací jsou založeny výlučně jen na měření vážené efektivní hodnoty zrychlení resp. rychlosti vibrací v místě styku vibrujícího povrchu zařízení s lidským organismem. Informace o síle vibrací přenášených do lidského těla, jakož i vzájemných fázových poměrech mezi dynamickou silou a zrychlením resp. rychlostí vibrací jsou ve stávajících metodách hodnocení zcela opomíjeny. Předností navržené metody je získání deskriptoru vibrací, který má přímý vztah k předpokládanému nepříznivému působení vibrací na lidský organismus. Tato část disertační práce obsahuje rovněž nové poznatky v oboru, které se nabízejí k praktickému využití při standardních zkouškách sedadel v laboratoři a při měření expozice celkovým vibracím v praxi.

4) Návrh matematického modelu a konstrukce zatěžovacího modulu pro multivibrační buzení

Při návrhu matematického modelu zatěžovacího modulu autor vychází jednak z vlastních měření mechanické impedance, jednak z údajů uvedených v mezinárodní normě ISO 5892 a využívá dvě aproximativní metody (metoda nejmenších čtverců a metoda volby úpravy sady parametrů). Na základě původních měření je proveden návrh jednohmotového modelu zatěžovacího modulu pro horizontální směry a vertikální směr působení vibrací a jsou diskutována omezení při konstrukční realizaci modelu.

Práce p. Ing. Pytlíka rozšiřuje dosavadní poznání o mechanismu působení a přenosu vibrací na lidský organismus a dokládá, že si autor osvojil vědecké metody práce. Vytýčené cíle práce byly splněny a byly získány zpřesněné údaje o interakci sedadla s lidským tělem, které byly využity jako základ tvorbu zatěžovacího modulu určeného pro multivibrační buzení ve více směrech.

Závěrem doporučuji, aby práce p. Ing. Pytlíka byla komisí pro obhajobu disertační práce kladně přijata.

V Praze dne 11. října 2010

Ing. Zdeněk Jandák, CSc.

