

Prof. Ing. Vojtěch Dynybyl, Ph. D.
České vysoké učení technické v Praze
Fakulta strojní, Ú 12113, Ústav konstruování a částí strojů
Technická 4, Praha 6 – Dejvice

Oponentský posudek disertační práce Ing. Milana VANČURY

„Vibroizolační systém ručně vedených strojů a zařízení s dominantní složkou vibrací.“

Na základě pověření doc. Ing. Miroslava Malého, CSc., děkana Fakulty strojní TU Liberec (č. j. 12/2112/0063/ST) jsem vypracoval tento oponentský posudek na výše uvedenou disertační práci.

Rozbor práce

V třetí kapitole, které má charakter rešerše je pojednáno o vibracích a jejich účinku na lidský organismus. Jsou zmíněny potřebné hygienické normy, přehledně jsou uvedeny i následky vibrací ručního nářadí včetně fyziologických poruch. Je uveden matematický model soustavy paže i faktory, které ovlivňují interakci nářadí a paže, resp. prstů.

V kapitole čtvrté jsou stručně zmíněny opatření pro snížení vibrací a v kapitole pět jsou uvedeny příklady ručních strojů s dominantní složkou vibrací. Kapitoly tři až pět mají charakter rešerše, resp. přehledu o současném stavu řešené problematiky. Jsou dostatečným úvodem k vlastní práci a dokazují, že její východiska se opírají o dostatečně hluboké studium problematiky.

V kapitole 6 jsou provedena měření vibrací šesti typů harvestorů, jsou stanoveny dynamické parametry olivovníku. Dále je na harvestoru STIL SP 480 proveden rozbor konstrukce a simulace s využitím znalostí chování olivovníku.

V kapitole sedm je provedeno sedm výpočtů, které řeší jednak minimalizaci primárních dynamických sil a jednak využití vibroizolačních systémů. Tento detailní rozbor chování vyústil v návrh vlastního vibroizolačního systému, který využívá pákový mechanismus.

Tento systém je konstrukčně rozvinut v kapitole osm. V kapitole devět je provedeno porovnání harvestrou bez vibroizolace s vibroizolací vlastní konstrukce (varianta a). Náhrada větve reálného stromu plastovou tyčí se ukázala jako neadekvátní a proto doporučuji ještě jednou se vypravit do Řecka.

V kapitole deset je provedeno porovnání simulačních výpočtů s vlastním měřením.

Celkové zhodnocení práce

Konstatuji, že předložená práce je zpracována na výborné odborné úrovni. Je patrné, že autor má v problematice dobrý přehled.

Disertant kombinuje vhodně metody vědecké práce, tj. simulační a experimentální postupy a jejich syntézou dospívá k potřebným závěrům. Dovede využívat příslušné SW aparáty.

Kladně hodnotím realizaci inovativního návrhu vibroizolačního systému s pákovým mechanismem, který byl doveden do prototypu a je chráněn užitným vzorem.

Připomínky k práci a otázky k obhajobě

Formální problematika:

1. Nemám připomínek.
2. Mile mě překvapilo, že je práce psána čtivým způsobem a bez vážných gramatických chyb.
3. Je zjevné, že formálnímu zpracování byla věnována velká péče.

Otázky k obhajobě:

1. Opravdu byla volba harvestoru zdůvodněna dle str. 30? Vysvětlete, prosím, podrobněji motivaci, proč byla problematika harvestoru zkoumána.
2. Podrobněji popište podmínky měření vibrací v odst. 6.1 a komentujte výsledky z tabulky 3.
3. Podrobněji vysvětlete, prosím, MKP simulace větví stromů.

a) Zhodnocení významu práce pro obor

Ve vědním oboru „konstrukce strojů a zařízení“ je tato práce přínosem. Jde o rozsáhlou sadu informací z oboru ručních zemědělských zařízení. Zvláště je důležité to, že se jedná o ochranu zdraví obsluhy těchto zařízení.

b) Vyjádření k postupu řešení, metodám a splnění cílů

Idea postupu řešení je logická a systematická. Autor formuluje v úvodu cíle práce a velmi pečlivě je vyhodnocuje v závěru práce v odstavci 11.1.

Použité metody zcela odpovídají potřebám provedeného výzkumu a jsou využívány s jistotou, která dokládá vědecké schopnosti autora.

Cíle práce byly splněny v celém rozsahu.

c) Vyjádření k výsledkům a původnosti konkrétního přínosu práce

V práci jsou zcela konkrétní původní výsledky a to jak z oblasti výpočtové a experimentální tak z oblasti konstrukční (je uveden užitečný vzor).

d) Formální zpracování práce

Po formální stránce je práce zpracována velmi zdařile. Členění je logické, obrázky a grafy dostatečně čitelné.

e) Hodnocení publikací disertanta

Disertant publikuje svoji vědeckou činnost pravidelně od roku 2005 jak v českém tak i v anglickém jazyce. Počet publikací je dostatečný.

f) Závěrečné vyjádření

Na základě výše uvedeného **doporučuji** dle zákona č. 111/1998 Sb. §47 disertační práci Ing. Milana Vančury k obhajobě a po úspěšné obhajobě doporučuji udělit disertantovi akademický titul

„doktor“.

V Praze dne 28. 4. 2012



prof. Ing. Vojtěch Dynybyl, Ph. D.

OPONENTSKÝ POSUDEK

doktorské disertační práce

M. Vančura: „Vibroizolační systém ručně vedených strojů a zařízení s dominantní složkou vibrací“

K oponování předložená disertační práce tvoří zajímavou studii z oblasti působení a snižování vlivu vibrací na lidský organismus, tj. na ruce a paže u ručně vedených strojních zařízení, neboť kvalitativní i kvantitativní vlastnosti vibrací daných zařízení mohou závažně ovlivňovat tzv. vibrační syndrom rukou a paží.

Práce obsahuje 163 stran textu, přílohu ve tvaru CD a je dělena do 11 hlavních kapitol s řadou podkapitol. Obsahově je studie zpracována pečlivě jak po stránce odborné, tak i formální a založena na hluboké rešeršní analýze.

V první, tj. úvodní, části je názorně obecně vysvětleno zaměření obsahu disertace do tzv. pasivního vibroizolačního systému.

Druhá kapitola definuje cíl předložené disertační práce a návrh vibroizolačního systému u ručně vedených zařízení s dominantní složkou vibrací, tzv. harvestoru. Vibroizolační systém byl dále na základě dynamické analýzy optimalizován za účelem dosažení nízkých vibračních hodnot na drždlech při minimalizaci hmotností daného zařízení.

Třetí, poměrně rozsáhlejší, kapitola je obecně stručně věnována vibracím a jejich účinkům – vlivům na lidský organismus, kde dochází k vzájemným interakcím s nepříjemnými subjektivními vjemy nepohody atd. Dále je zde věnována, na základě zde citovaných norem, pozornost snímačům pro měření vibrací, umístění a orientaci snímačů, kde např. při měření vibrací může být orientace soustavy souřadnic stanovena vzhledem k „biodynamické“ či „bazicentrické“ soustavě souřadnic, jejichž počátek je např. na vibrujícím zařízení, rukojeti nebo ovládacím zařízení sevřeném rukou.

Dále je pozornost věnována filtrům pro frekvenční vážení a omezení pásma, frekvenční analýze, době trvání měření vibrací, ..., účinkům vibrací přenášených na ruce a paže obsluhy a dalším fyziologickým účinkům na lidský organismus.

Pro pochopení popsat pohyb soustavy ruka – paže při kinematickém buzení jako její odezvy na kmitající sílu působící na ruku byla podle citované normy [10] zavedena tzv. volná vstupní mechanická impedance obecně komplexní vztahem (7) v rozmezí přibližně jistého rozsahu podmínek síly stisku ruky, síly přtlaku vyvíjeného rukou a dalších.

Dále jsou podle této normy uvedeny tzv. simulační matematické modely systému ruka – paže pro modely se třemi a čtyřmi stupni volnosti. Nejsou však uvedeny při takové diskretizaci hmotností jejich vztahy k příslušným fyzikálním modelům ruka – paže.

Dalším citovaným a zavedeným pojmem této kapitoly je tzv. absorbovaný výkon, definovaný vztahem (8) s příslušnými definovanými podmínkami jeho průběhu, tj. maximum a nula.

Čtvrtá kapitola pojednává obecně o opatřeních ke snížení – minimalizaci vibrací držadel vzhledem k tzv. hygienickým limitům.

Kapitola pátá a šestá je pak již konkrétně zaměřena na ruční stroje a zařízení s dominantní složkou vibrací jako jsou např. ručně vedené stroje, nazývané „harvestory“. Je zde popsána konstrukce typu STIHL SP 480 s dynamickým vyvažovacím mechanismem dvou vzájemně proti sobě se pohybujících klikových mechanismů včetně modelu větve olivovníku ve směru Z zavedeného souřadnicového systému. Jako elastické členy s prvky jsou v tomto modelu uvažovány pouze držadlo a větev stromu.

Sedmá kapitola je věnována antivibračnímu opatření držadel harvestorů. To lze realizovat různými způsoby.

Autorem disertační práce bylo navrženo nové původní řešení s eliminačním mechanismem vibrací držadel u harvestoru typového označení STIHL SP 400. Vytvořené mechanické modely jednotlivých variant antivibračních metod spočívají pouze ve vzájemné interakci všech hlavních komponent výše jmenovaného typu stroje včetně interakce těchto systémů s okolím při provozu (tj. např. se stromem), avšak pouze ve směru rovnoběžném s osou Z zavedeného souřadnicového systému, tj. dominantní složkou kmitání.

Pro vlastní analýzu byl aplikován v oblasti malých kmitů lineární výpočtový model jako zvláštní případ obecného nelineárního modelu v okolí pracovní polohy. Rázové jevy byly zanedbány. Pojem „malé“ amplitudy kmitání, tj. kmitání v nerezonančních oblastech, by měl být blíže definován.

Analýza pak vyplývala ze zjednodušených diferenciálních rovnic typu (46) a numerických simulačních řešení v prostředí MathCad s řešičem rkfixed, založeným na metodě Runge – Kutta s konstantním krokem. Takové řešení lze pak chápat pouze jako „nultá“ aproximační řešení přesnějších modelových simulací nelineárních soustav aproximačními metodami řešení integrodiferenciálních rovnic s řešícími jádry ve tvaru rozštěpených Greenových rezolvent.

Dynamické výpočty a jejich hodnocení byly prováděny pro tři typy variant, tj. tenké, střední a silné větve olivovníku. V textu chybí definice fázových posunů φ_D , φ_M , φ_H a φ_V , tj. držadla, motoru, háku a větve.

V další podoblasti této kapitoly byla věnována pozornost minimalizaci primárních dynamických sil stroje, tj. vyvážení rotujících hmot na klikovém hřídeli, vyvážení posuvných hmot dvěma a čtyřmi vyvažovacími hřídeli, vyvážení posuvných hmot pístem na stejnohlé straně a vyvážení posuvných hmot pístem na protilehlé straně.

V poslední části této sedmé kapitoly je věnována pozornost vibroizolačním systémům, tj. pružně tlumící vazbě držadla a eliminačnímu mechanismu vibrací držadel obsluhy stroje. Jsou uváděny jejich náhradní dynamické modely, amplitudové a fázové charakteristiky držadel motorů, háků a větví stromu a jejich hodnocení.

V osmé kapitole pak bylo na základě hodnocení v kapitole sedmé vypracováno pět variant konstrukčních návrhů harvestorů s eliminačním mechanismem vibrací držadel obsluhy stroje a provedeno jejich hodnocení. Jako optimální konstrukční řešení byla vyhodnocena varianta e .

Devátá a desátá kapitola je pak věnována experimentálnímu výzkumu, tj. měření vibrací, účinnosti vibroizolace a to na dvou variantách harvestoru s vibroizolačním a bez vibroizolačního systému. Z měření vypracované grafy vibrací motoru a držadla v různých časových a frekvenčních oblastech bylo možno usuzovat na vibroizolační účinnosti jednotlivých konstrukčních variant.

Závěrem byla za účelem ověření naměřených hodnot vibrací jak na harvestoru bez, tak i s vibroizolačním mechanismem, provedeny dynamické výpočty chování těchto zařízení a plastové tyče z materiálu PA6.

Původní řešení vibroizolačního mechanismu je chráněno užitným vzorem Pešík L., Vančura M.: „Antivibrační rukojeť“. Česká republika. Užitný vzor 17786. 2007-09-05.

Z formálních prepisových připomínek k disertaci uvádím např.:

- str. IX V obsahové části je uveden 2x „Seznam tabulek XXIV“,
 str. XIX $\dot{z}$ - je vektor rychlosti výchylky [m/s], nikoliv vektor výchylky,
 str.142 odvolávka 82. Více o těchto metodách uvádí např. Vašina [76] nikoliv [62].

ZÁVĚR:

K oponování předložená disertační práce z oboru vibroizolačních systémů ručně vedených strojů a zařízení s dominantní složkou vibrací tvoří z hlediska optimalizace dimanzí a hmot významnou aktuální teoreticko – experimentální studii z oblasti dynamiky soustav.

Teoretické počáteční zjednodušující předpoklady např. o linearizaci, nulových rázových jevech apod. a numerickém řešení výsledných pohybů pouze ve směru osy Z zavedeného souřadnicového systému je v závěru práce doplněna upřesňujícími podmínkami pro další prohlubující nelineární analytický výzkum, což je velikým přínosem pro studie a analýzy v daném oboru.

Teoretické zaměření disertace doplněné širokými náročnými ověřujícími experimentálními měřicími metodami svědčí o hlubokých autorových znalostech a symbióze teoretických a experimentálních dovedností. To dokazuje i spoluautorství užitného vzoru „Antivibrační rukojeť“.17786. 2007-09-05 v dané oblasti výzkumu.

Doporučuji proto připustit autorovu doktorskou disertační práci „Vibroizolační systém ručně vedených strojů a zařízení s dominantní složkou vibrací“ k obhajobě a v případě kladného výsledku řízení udělení titulu Ph.D.



Ing. Milan HORTEL, DrSc.

Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.
 Dolejškova 5, 182 00 Praha 8
 tel.: 266053803,
 e-mail: hortel@it.cas.cz

Praha, 16.4.2012

OPONENTNÍ POSUDEK

Disertační práce: **Vibroizolační systém ručně vedených strojů a zařízení s dominantní složkou vibrací**
Autor: **Ing. Martin VANČURA**
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 snižování vibrací a jejich účinku na ruce a paže obsluhy ručně vedených strojů a zařízení a uvádí původní konstrukční návrh vibroizolačního systému. Práce je rozdělena do několika kapitol podle chronologie návrhu tohoto nového vibroizolačního systému. U reprezentativních vzorků harvestorů byla provedena specifikace charakteru vibrací a následné měření vibrací na jejich držadlech. Pro dynamické analýzy a výpočtové simulace harvestorů byly určeny důležité dynamické parametry větve olivovníku evropského (*Olea europaea*) a uvedeny optimální podmínky při mechanické sklizni oliv harvestory. Výsledky vyhodnocení minimalizace vibrací na základě měření kinematických veličin na držadlech funkčního vzorku zvoleného zařízení zhotoveného podle návrhu optimalizovaného řešení vibroizolačního systému jsou taktéž součástí této práce.

Stanovené cíle

Hlavním cílem disertační práce byl komplexní návrh původního vibroizolačního systému ručně vedených strojů a zařízení s dominantní složkou vibrací.

Cíle disertační práce byly dále blíže specifikovány.

- Analýza charakteru vibrací některých ručně vedených strojů a zařízení s dominantní složkou vibrací.
- Návrh vibroizolačního systému a jeho implementace do zvoleného zařízení.
- Zhotovení funkčního vzorku pro ověření vlastností vibroizolačního systému.
- Provedení kvantitativní vyhodnocení minimalizace vibrací na základě měření kinematických veličin na držadle.

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 podstatu vibrací a jejich účinků na lidský organizmus a také popsal v současnosti používané stroje na sklízění ovoce tzv. harvestory. V rešeršní části disertační práce jsou uvedeny obecná opatření pro snížení vibrací držadel a je diskutováno nad vhodností jejich použití pro řešený případ.

Teoretický přínos

Doktorand sestavil teoretické modely mechanického chování větví olivovníků, držadel harvestoru, motoru harvestoru, háku harvestoru a stanovil jejich amplitudové a fázové 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 modelů mechanického chování pro řešení dané problematiky a tyto modely ověřil na provedených experimentech. Z jeho výsledků vyplývá možnost použití simulačních metod pro průmyslový návrh ručně vedených strojů pro sklízění ovoce.

Vyjádření k postupu řešení a použitým metodám

Postup řešení je logický a systematický. Autor formuluje v úvodu cíle své práce, které jsou postupně v dalších kapitolách práce splněny. Použité postupy a metody zcela odpovídají potřebám provedené rešerše a výzkumu. 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 jednoznačně 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 163 stran textu a je zpracována pečlivě, logicky, srozumitelně a na velmi dobré technické úrovni s velkým množstvím přehledných barevných grafů a obrázků. V textu disertační práce je také několik drobných formálních nesrovnalostí, například v textu na str. 13 je uvedeno „je způsobena jeho vahou“, váha však není veličina, ale zařízení pro stanovení hmotnosti, nebo na str. 35 se uvádí, že olivovník je strom, olivovník však může být i keřem. Autor se také v rešeršní části textu několikrát odvolává na již stanovené a známé výsledky experimentu či teorie bez uvedení vhodné citace v textu, například str. 23 „bylo zjištěno, že“. V této rešeršní části by mělo být lépe pracováno s citacemi použité literatury. Dle mého názoru by bylo vhodné práci doplnit o detailnější vzájemné porovnání jednotlivých systémů antivibračních opatření a jejich variant konstrukčních návrhů, v současně uvedené formě je toto porovnání hůře přehledné. V kapitole „Verifikace výsledků“ postrádám detailnější porovnání naměřených dat s daty stanovenými z mechanických modelů. Myslím si, že by bylo vhodné tuto část rozšířit o diskuzi a výsledky porovnat s již publikovanými informacemi uvedenými v seznamu literatury.

Hodnocení publikační činnosti

Doktorand se věnuje publikování výsledků svých vědeckých prací již od roku 2005. Své práce prezentoval na několika prestižních mezinárodních symposiích a publikoval v prestižních mezinárodních vědeckých časopisech.

Celkové zhodnocení

Doktorand prokázal schopnost samostatné vědecké práce, prokázal vysokou 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.

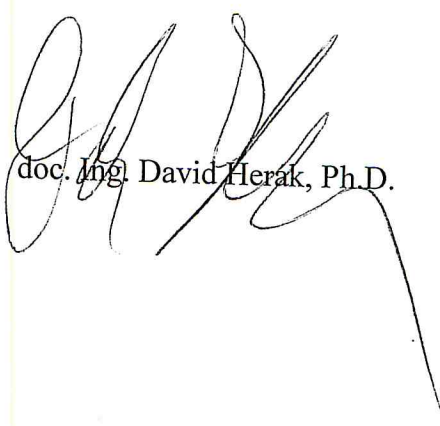
Otázky k obhajobě

1. Můžete blíže specifikovat experimentální postup stanovení dynamických parametrů větví olivovníku?
2. Můžete detailněji popsat MKP použitou pro stanovení dynamických parametrů větví olivovníku?
3. Při vyhodnocení a porovnání výsledků experimentů a simulací postrádám statistické hodnocení, bylo toto hodnocení prováděno? Jestliže ano s jakými výsledky?

Závěrečné vyjádření

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

V Praze dne 1.5.2012.



doc. Ing. David Herák, Ph.D.