

Prof. Ing. Miroslav Balda, DrSc., FEng.
Kardinála Berana 10
301 00 Plzeň

Oponentní posudek disertační práce

Ing. Jiřího Dolejše

Metoda multikriteriální optimalizace konstrukčních návrhů výkonových převodovek

K posouzení byla předložena práce o 98 stranách textu, tabulek a obrázků a 13 stranách podpurných informací. Práce pojednává o významné problematice průmyslové praxe – optimalizaci velkých převodovek. Navazuje tak na práci k doktorské zkoušce, která proběhla v roce 2011.

a) Význam disertace pro obor

Optimalizace návrhu jakéhokoliv průmyslového zařízení je činnost výrazně efektivní, protože vede nejen ke kvalitativní změně daného objektu, ale i k úsporám materiálu, výrobních nákladů, energie a stává se tak významným prostředkem k dosahování příznivé ceny a tím i konkurenčního potenciálu výrobku.

Literatura o optimálních návrzích převodovek je dosti bohatá, vždyť i seznam literárních pramenů uvedených v disertaci má 79 položek. Přesto by bylo vhodné jej doplnit o alespoň 3 další, snadno získatelné prameny:

- Rao H.R., Eslampour: Multistage Multiobjective Optimization of Gearboxes. J.of Mech. Trans., Dec. 1986, Vol. 108, Issue 4, p. 461
- Hajžman M., Byrtus M., Zeman V.: Dynamická analýza a optimalizace převodových ústrojí. Závěr. zpráva projektu FRVŠ 2282/2003/G1. ZČU-FAV-KEM, leden 2004
- Abraham A., Jain L., Goldberg L, editors: Evolutionary Multiobjective Optimization. Springer 2005.

Zejména poslední kniha, která je volně na webu, obsahuje popisy nových metod (GA, Swarm, ...) a může být inspirativní.

S ohledem na pečlivost a komplexnost zpracování daného tématu hodnotím téma práce za velmi významné pro obor, shrnující všechny požadavky kladené na konstrukční návrhy převodových zařízení.

b) Postup řešení, použité metody a splnění cíle

Úvod práce je věnován vysvětlení základních pojmů, definicím konstrukčního návrhu výkonných převodovek a rozboru současného stavu v optimalizaci návrhů převodovek. Zde je i definován velice stručný cíl disertační práce:

"Cílem práce je předestřít šíři a obsáhlost zpracovávaného tématu, zdůraznit možné úhly pohledu na rozmanitost cest a postupů potenciálně použitých k řešení problematiky."

Naštěstí se ve druhé kapitole původně vágně definovaný cíl práce rozšiřuje o navrhované metody, které se detailně rozpracovávají do 9 bodů – dílčích cílů – v následujících kapitolách. V nich se pro dílčí parametry využívá kromě přesných výrazů i množství neprůhledných empirických vztahů z literatury.

S ohledem na pečlivou analýzu tématu a prezentaci zkušebního příkladu nemám vůbec žádné pochybnosti o tom, že se deklarovaných cílů podařilo dosáhnout.

c) Výsledky disertační práce a původní přínos disertanta.

Výsledky disertační práce jsou významné pro technickou praxi, jak již bylo konstatováno výše. Autor v ní zhodnotil výsledky svých předchozích prací, a využitelné partie použil pro sestavení vlastní metodiky, kterou sám naprogramoval v tabulkovém kalkulátoru MS Excel. V celé práci deklaruje vlastní přínos k dosaženým výsledkům označením původních výsledků vlastním jménem. I když je jasné, že moderní výzkum je obvykle kolektivním dílem, které by bez příspěvku autora nevzniklo, je vždy zřejmé, jakou částí se na výsledku podílel.

Autor důkladně analyzoval všechny části převodovek s přímým ozubením a na základě tohoto rozboru vytvořil funkcionály, s nimiž vstupuje do optimalizačního procesu. Jako nástroj k optimalizaci použil vlastní program využívající modul ŘEŠITEL systému MS Excel. Výhodou tohoto přístupu je snadná dosažitelnost v prostředí MS Office. Nevýhodou pak omezené možnosti MS Excel, který je původně určen pro jinou třídu úloh.

K práci mám několik poznámek, příp. otázek:

- V kapitole 9 se používá termín *zátěžové spektrum*, patrně pod vlivem českých norem pro únavu materiálů, ČSN 42 0362, ČSN 42 0363 a ČSN 42 0368. Jde o nešťastný termín, který nemá nic společného s frekvenční oblastí, v níž se termín spektrum používá. Co se zde označuje jako "spektrum" je v podstatě histogram zatížení.
- Termín "Wöhlerova křivka" se běžně užívá pro zobrazení životností zkušebních těles harmonicky zatěžovaných s nulovou střední hodnotou zatížení. V disertační práci se mlčky předpokládá, že tento termín platí i pro křivku životnosti při míjivém zatěžování při němž střední hodnota je právě rovna amplitudě zatížení.
- V závěru v bodě 12.1.1.1b se tvrdí, že bylo *dokázáno*, že lze normalizovat kritéria hodnotou lokálního minima téhož kritéria. To jistě lze, ale nikde není řečeno, že by mělo jít o jediné možnou normalizaci. Pokud by se normalizovalo podílem $\Phi_{(*)}(X_k)/\Phi_{(*)}(X_0)$, kde X_0 je vektor počátečních (návrhových) parametrů, bude tento podíl také bezrozměrný a jeho konečná hodnota pro $X_k = X_{opt}$ bude vyjadřovat účinnost optimalizačního procesu v daném kritériu. Výhodou tohoto přístupu by bylo zjednodušení celého procesu optimalizace spočívající v odstranění všech jednokriteriálních optimalizací.
- Otázkou zůstává, zda je účelné směřovat různá kritéria do jednoho cílového funkcionálu, anebo všechna kritéria převést na cenu – náklady –

a ty pak optimalizovat. Toho lze také dosáhnout pečlivým výběrem vah, které se zatím volí subjektivně.

Otázky na disertanta:

- V jaké formě vystupují optimální výsledná řešení (diagramy, protokoly,...), případně varování při nesplnění jisté podmínky?
- Jak dlouho trvá vyřešení nejsložitější (nelineární) multikriteriální úlohy pro testovací příklad? Jaký byl z toho podíl jednokriteriálních optimalizací?
- Jaké metody využívá ŘEŠITEL pro lineární a nelineární optimalizace?

d) Systematicnost, přehlednost, formální úprava a jazyková úroveň
Struktura práce má logický řád. Obsahuje rozsáhlý popis použitého označení, což významným způsobem přispívá ke snadnosti jejího čtení. Práce je přehledná, dobře strukturovaná a její formální úprava je příkladná. Ani po stránce jazykové jsem v práci neshledal významných závad.

e) Publikace disertanta

Seznam publikací disertanta obsahuje 24 položek, z toho jsou

- 4 písemné práce k předmetům
- 2 expertní posudky
- 2 technická zpráva
- 2 výzkumná zpráva pro zahraničního zákazníka
- 2 zprávy k projektům
- 11 užitných vzorů, vynálezů

Z výčtu je patrné, že žádná ze zveřejněných prací nebyla publikována v časopise, nebo knižně. Zato ale výsledky tvůrčí činnosti "publikoval" autor ve formě vynálezů, případně užitných vzorů, což je nejvyšší forma publikace, o jejíž původnosti nemůže být pochyb.

f) Vyjádření oponenta

Navzdory některým nejasnostem jsem přesvědčen i v souladu s výše uvedeným hodnocením, že předložená disertace je kvalitní, že v ní autor prokázal schopnost tvořivě vědecky pracovat a přinesl nové původní poznatky do konstruování těžkých převodových zařízení s přímým ozubením. Doporučuji proto, aby byla obhajována před příslušnou komisí pro obhajoby doktorských disertačních prací a v případě její úspěšné obhajoby souhlasím s udělením titulu

doktor – Ph.D.



V Plzni, dne 30. 6. 2013

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 *Stavba strojů a zařízení*

Ing. Jiří DOLEJŠ

Název práce :

„ Metoda multikriteriální optimalizace konstrukčních návrhů výkonových převodovek “

Škola : Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta strojní

Řešená problematika disertační práce se týká problematiky převodových mechanismů, konkrétně ve fázi jejich vzniku (návrhu).

Práce je rozčleněna do těchto částí:

- úvodní, ve které je popsána řešená problematika a stanoveny cíle, které se mají v práci vyřešit
- analýza a popis hodnoceného objektu
- charakteristika stavebních prvků převodovky
- rozbor přípustné zatížitelnosti stavebních prvků
- sestavení funkcionálu vlastností převodovky, volba dílčích kritérií a váhových koeficientů
- sestavení optimalizační procedury
- použití pro konstrukční praxi a konkrétní řešení

Vyjádření k jednotlivým bodům disertační práce:

• **Dosažení v disertaci stanoveného cíle**

Cílem disertační práce bylo vytvoření metody, kterou lze optimalizovat konstrukční návrh výkonových převodovek. Optimalizace je tzv. multikriteriální, tj. optimalizační parametry jsou velikost, hmotnost, tuhost, životnost, provozuschopnost, náklady, apod. Jednotlivé prvky optimalizace jsou v disertační práci popsány rovnicemi, kritériálními funkcionály, které reprezentují pouze jedno hodnotící kritérium. Multikriteriální optimalizace využívá výsledky řešení soustav jedno kritériálních optimalizací kterým přiřadí váhové koeficienty. Toto považuji za hlavní splněný cíl disertační práce.

- **Úroveň rozboru současného stavu v disertaci řešené problematiky**
Pro vytvoření obecných závislostí bylo nutné provést komplexní rozbor problematiky v souvislosti s jednotlivými etapami „života“ technického produktu. Byly popsány funkce jednotlivých prvků, základní rozměrové a funkční závislosti. Dále byl proveden rozbor nákladů a sestavení jednotlivých nákladových polynomů. V rozboru parametrů jsem nezjistil žádné opomenutí, které by mělo vliv na výsledky řešení.
- **Teoretický přínos disertační práce**
Matematický popis funkčních závislostí (rozměrových, pevnostních, deformačních, nákladových atd.) považuji za přínos této práce. Rovněž rozbor jednotlivých stavebních prvků a popis jejich funkcí je přínosný.
- **Praktický přínos disertační práce**
Disertační práci, vytvoření metody multikriteriální optimalizace konstrukčního návrhu ve svém závěru považuji za velmi teoretickou. Pro praxi jsou velmi přínosné jednotlivé kapitoly, ale pro úspěšné aplikování metody v praxi je nutné popsat podrobněji stanovení vah jednotlivých kritérií a jaký vliv na celkovém výsledku mají jejich hodnoty. Pro větší využitelnost v praxi by bylo vhodné podrobněji popsat softwarové zpracování metody.
- **Vhodnost použitých metod řešení a způsob, jak byly použité metody aplikovány.**
Pro řešení daného úkolu bylo nutné vypracovat jeho matematický popis. Jedná se jak o obecně známe závislosti z oblasti částí strojů, mechaniky a pružnosti, tak méně obvyklý popis nákladových polynomů. Optimalizační procedura spočívá v řešení soustavy jedno kriteriální optimalizace a její řešení slouží, s použitím váhových koeficientů, pro řešení multikriteriální optimalizace. Konkrétní řešení bylo provedeno numericky pomocí příslušného software.
- **Prokázání znalostí v oboru**
V problematice převodových mechanismů prokázal doktorand potřebné znalosti. Popis jednotlivých prvků, jejich funkcí a funkčních závislostí bylo základem k vytvoření této disertační práce.
- **Formální úroveň práce**
Disertační práce je sestavena systematicky. Je zde analýza problému, popis jednotlivých stavebních prvků a jejich vlastností. V práci je jednoznačně uvedeno, které části jsou originální (tj. autorovo) a které citované. Určité připomínky mohou být formální, např. k seřazení geometrických parametrů a skrytě uvedenému jednoho důležitého parametru – účinnosti převodovky (je zmíněna pod termínem tepelný výkon).

Vysoce hodnotím množství literatury, kterou doktorand prostudoval a použil při tvorbě disertační práce (72 použitých zdrojů) a hlavně jeho publikační aktivity, která představuje 31 položek (příspěvků na konferencích, technických zpráv, užitečných vzorů a vynálezů).

Cílem disertační práce bylo vytvořit **metodu multikriteriální optimalizace konstrukčních návrhů výkonových převodovek**. Tento úkol byl splněn. Na základě toho

doporučuji

předloženou práci **Ing. Jiřího Dolejše** k obhajobě a po jejím úspěšném obhájení k udělení akademického titulu Ph.D. ve studijním oboru Konstrukce strojů a zařízení.

V Plzni, dne 13. 10. 2013

Doc. Ing. Jaroslav Krátký, Ph.D.

