

## Posudek dizertační práce Ing. Jana Zapletala

### „The Boundary Element Method for Shape Optimization in 3D“

Předložená práce se zabývá řešením úloh tvarové optimalizace pomocí metody hraničních prvků. Jedná se o přirozené a žádoucí pokračování výzkumu na VŠB-TU Ostrava.

Práce se skládá ze 3 hlavních kapitol. V první kapitole je předložena matematická teorie řešitelnosti eliptické úlohy s volnou hranicí, tzv. Bernoulliho úloha, na níž lze nahlížet jako na úlohu tvarové optimalizace. V této kapitole je dále odvozena tvarová derivace cenového funkcionálu s využitím hraničních integrálních rovnic.

Ve druhé kapitole autor připomíná základní techniky geometrického modelování hranice tělesa, např. Bézierovy plochy nebo NURBS. V závěru kapitoly se autor zabývá více-úrovňovým zjemňováním povrchů, tj. přidáváním kontrolních bodů tak, aby se nezměnil tvar plochy.

Ve třetí kapitole autor popisuje diskretizaci hraničních integrálních rovnic metodou hraničních prvků. Jsou zde připomenuty dva způsoby sestavení hraničně-prvkových matic – regularizovaná Gaussova kvadratura autorů Sautera a Schwaba a semi-analytická integrace navržená prof. Steinbachem. Využívá se vektorizace kódu pro architektury multi-jádrových procesorů. V kapitole se dále popisuje implementace tvarové optimalizace do knihovny BEM4I. Na závěr jsou prezentovány numerické výsledky s využitím více-úrovňové reprezentace hledaného tvaru hranice. Jsou řešeny akademické úlohy, ale také průmyslová úloha optimalizace vypínače vysoko-napětových obvodů.

Práce je psaná v angličtině na velmi vysoké jazykové úrovni. Na základě výsledků práce již byly publikovány 4 články v časopisech s IF, z toho jeden v Q1, 3 články v indexovaných sbornících z mezinárodních konferencí a zmíněný software BEM4I. Autor je spoluautorem dvou dalších článků v časopisech s impakt faktorem.

Autor uvádí svůj hlavní přínos v kombinaci metody hraničních prvků a surface subdivision. Vedle toho spatřuji přínos práce také v následujícím:

- Ve druhé kapitole je podána teorie existence řešení tvarově-optimalizační formulace Bernoulliho úlohy. Byť je zřejmé, že se autor inspiroje v práci prof. Haslingera, považuji teorii předloženou v dizertaci za původní. Autor zobecňuje klasické výsledky 2d úlohy na 3d tvary popsané atlasem  $C^{1,1}$  listů. Tento popis autor potřebuje k odvození tvarové derivace spojité úlohy.
- Dalším přínosem dizertace je implementace metody hraničních prvků s využitím vektorizace a MIC architektury. Optimalizovaný kód je na 64-jádrovém procesoru až 100-krát rychlejší ve srovnání s konvenčním kódem. Výsledná softwarová knihovna BEM4I je společným dílem autora a Ing. Michala Merty, Ph.D.
- Čtvrtým přínosem autora je jeho významný podíl na průmyslové aplikaci ve spolupráci s Univerzitami ve Štýrském Hradci, v Cambridge a s firmou ABB.

V předloženém textu jsem nenašel žádný nedostatek, pouze několik překlepů. Zajímá mne autorův názor na alternativní přístup k tvarové optimalizaci autorů Hiptmaira a Paganini.

Ing. Zapletal patří již od svých bakalářských studií mezi nejlepší studenty našeho oboru. Bakalářské i magisterské studium absolvoval s vyznamenáním. Se svou bakalářskou prací v roce 2009 obsadil 1. místo v soutěži studentských prací na mezinárodní konferenci „International Conference on Interdisciplinary Mathematical and Statistical Techniques“ pořádané v Plzni. Se svou magisterskou prací obsadil v roce 2011 2. místo v soutěži SVOČ a v témže roce skončil třetí v soutěži o Babuškovu cenu. V roce 2013 byl oceněn děkanem FEI za výsledky dosažené v doktorském studiu. V letech 2013-2015 mu byla udělována Cena katedry aplikované matematiky pro nejlepší studenty doktorského studia. Na základě své diplomové práce jej prof. Steinbach přijal do mezinárodního výzkumného projektu při TU Graz. S kolegy z TU Graz spolupracuje dodnes. V současnosti se podílí na řešení společného projektu Mobility, který na české straně poskytuje MŠMT.

Autor v práci prokazuje matematickou erudici, programátorskou zručnost, hlubší znalost současných počítačových architektur a schopnost řešit průmyslové úlohy. Dle mého názoru je předložená práce nejlepší, která na našem oboru vznikla.

**S potěšením doporučuji, aby komise práci přijala a udělila Ing. Zapletalovi vědeckou hodnost Ph.D.**

V Ostravě, 3. dubna 2017



doc. Ing. Dalibor Lukáš, Ph.D.,  
VŠB-TU Ostrava