

Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta,
Matematický ústav UK

Posudek na PhD práci v oboru F11 „Matematické a počítačové modelování“
Název práce: **Interactions of a Fluid Flow with an Elastic Body**

Autor práce: Martin Mádlík

Pana RNDr. Martina Mádlíka znám od r. 2004 kdy jsem se stal vedoucím jeho diplomové práce s názvem Viscous flow in elastic tubes (Fluid-Structure interaction). Již z této práce bylo patrné, že má o studovanou problematiku velký zájem a že dosáhne v této oblasti pozoruhodných výsledků. S diplomovou prací se zúčastnil Mezinárodní studentské soutěže SVOČ kde získal první cenu.

Předkládaná doktorská práce se zabývá matematickou formulací a návrhem výpočtového algoritmu pro numerické simulování interakce proudového pole tekutiny s elastickým tělesem. Vypracovaná metoda umožňuje modelovat velké deformace pevného nestlačitelného materiálu Neo-Hookeova typu v interakci s nestlačitelnou vazkou tekutinou s mocninným modelem viskozity. Problém je formulován v pojmech moderní mechaniky kontinua a termodynamiky. Problém interakce dvou kontinuí o řádově různých elastických parametrech je formulován tzv. monolitickým přístupem. Tímto unikátním postupem je vyřešen problém komplikovaných okrajových podmínek na kontaktu obou kontinuí. Všechny potřebné zákony bilance jsou vyjádřeny pomocí tzv., ALE (Arbitrary Lagrange Euler) souřadnic. Tyto souřadnice dovolují realizovat vhodnější numerickou diskretizaci než dovoluje formulace v pevných souřadnicích.

Možnosti metody ALE souřadnic jsou ukázány na řadě numerických 3D experimentů, které většinou směřují do biologických aplikací, např. vývoj aneurysma, proudění kolabující tepny či vyfukující balónek.

Nestacionární nelineární problém je metodou slabé formulace převeden na nelineární soustavu algebraických rovnic, která je řešena (Newtonovou metodou) v každém časovém kroku. Soustava nelineárních algebraických rovnic vniklá diskretizací je řešena přímou Newtonovou iterační metodou a následná soustava lineárních algebraických rovnic je pak řešena přímo s využitím paralelního programování.

Vlastním přínosem autora je jednak obecná formulace ALE metody pro libovolnou soustavu zákonů bilance a jednak konkrétní aplikace této metody na řešení 3D problému interakce tekutiny a tuhého tělesa. Dalším přínosem je sestavení a odladění vlastního výpočtového programu umožňujícího operativně měnit materiálové vlastnosti, okrajové podmínky a geometrii řešené oblasti a velmi názorné zobrazení výsledků. Provedené numerické výsledky ukazují na mimořádný rozsah práce a na vhodnost navržených postupů.

K dokumentaci složitosti uvedeného problému bych rád poznamenal, že v této obecnosti není dosud ve světové literatuře uvedeno ani numerické řešení ani jeho matematická analýza. Pokud je mi známo neexistují ani komerční programy, které by byly schopny řešit uvedený problém tak, aby byla explicitně zahrnuta vzájemná interakce tekutiny a elastického tělesa.

Hodnocení

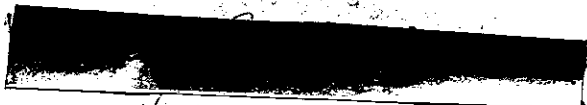
Předložená doktorská práce ukazuje, že pan *RNDr. Martin Mádlík* ovládá potřebné oblasti fyziky a numerické matematiky tak že, dokáže úspěšně matematicky modelovat i složité fyzikální problémy. Je schopen aktivně pracovat s odbornou literaturou a je schopen využívat

nejen moderní výpočetní techniku ale i všechny dostupné použitelné programy patřící do třídy *free-ware*.

Výsledky své práce publikoval jak v impaktovaných mezinárodních časopisech tak i na domácích i mezinárodních konferencích.

Vzhledem k velmi dobrým morálním vlastnostem, dobrým odborným znalostem a výše uvedeným výsledkům samostatné práce jsem přesvědčen, že podaná práce má úroveň doktorské práce a po jejím řádném obhájení přísluší *Martinovi Mádlíkovi* titul *PhD*.

V Praze dne 24. 5. 2010



Prof. Ing. František Maršík, DrSc.
Ústav termomechaniky AV ČR
školitel