

Posudek školitele na disertační práci
Mgr. Jana Česenka
”Nespojitá Galerkinova metoda pro řešení
stlačitelného vazkého proudění”

Disertační práce je věnována vysoce aktuální problematice numerického řešení nelineárních konvektivně-difuzních rovnic nespojitou Galerkinovou metodou, jejím aplikacím na řešení vazkého stlačitelného proudění v časově závislých oblastech a simulacím interakce stlačitelného proudění s vibrujícím leteckým profilem.

Disertace sestává ze dvou částí. První část je teoretická a zabývá se analýzou časoprostorové nespojité Galerkinovy metody pro řešení nestacionární konvektivně-difuzní rovnice s nelineární konvekcí a nelineární difuzí a počátečními a okrajovými podmínkami. Hlavním cílem bylo odvození odhadů chyby této metody. Zde bylo dosaženo nových, originálních výsledků, které jsou založeny na hluboké teoretické analýze využívající znalosti řady oblastí numerické matematiky, funkcionální analýzy a teorie prostorů funkcí.

V druhé, praktické části se autor zabývá interakcí dvourozměrného stlačitelného vazkého proudění s leteckým profilem. Skutečnost, že oblast vyplněná proudícím plynem je závislá na čase, je vzata v úvahu pomocí ALE (arbitrary Lagrangian-Eulerian) metody. Numerické řešení stlačitelného proudění popsaného systémem stlačitelných Navierových-Stokesových rovnic (obsahujících celkovou energii) je realizováno pomocí dvou metod. Jednak jde o prostorovou semidiskretizaci nespojitou Galerkinovou metodou kombinovanou s aproximací časové derivace pomocí zpětných diferencí (metoda BDF - backward difference formula). Druhou technikou je nespojitá Galerkinova metoda v čase i v prostoru (úplná časoprostorová Galerkinova metoda). Vibrace profilu jsou popsány soustavou dvou obyčejných diferenciálních rovnic 2. řádu pro posunutí profilu ve vertikálním směru a úhel rotace profilu kolem tzv. elastické osy. Tyto rovnice jsou diskretizovány pomocí Runge-Kuttovy metody. Problém proudění je sdružen s problémem pohybu profilu prostřednictvím vyjádření aerodynamických sil působících na profil, které jsou definovány pomocí rychlosti, tlaku a hustoty v proudící tekutině. Do formulace diskrétního problému je zahrnuta i vhodná umělá vazkost zamezující vznik nefyzikálních oscilací přibližného řešení v okolí vnitřních a hraničních vrstev (tj. v okolí rázových vln, kontaktních nespojitostí, úplavů a mezních vrstev). Numerické experimenty dokazují robustnost vyvinuté metody vzhledem k velikosti Ma-

chova a Reynoldsova čísla. Metoda umožňuje numerické řešení uvažovaného problému pro velký rozsah těchto čísel, s nimiž se setkáváme v praktických aplikacích.

Během práce na tématu disertační práce se ukázalo, že se jedná o velmi obtížnou problematiku, jak v teoretické části, tak i z hlediska aerodynamické. To je důvodem, proč nemohla být disertace dokončena během 4 let a práce se protáhla o jeden rok, přestože J. Česenek na disertaci pracoval velmi intenzívně. Ukazuje se však, že toto zpoždění nebylo na škodu. J. Česenek získal vynikající teoretické výsledky. Navíc, metodu, kterou vypracoval pro řešení interakce stlačitelného proudění s vibrujícím profilem, lze považovat za špičkovou, umožňující řešení obtížných praktických situací, s nimiž se setkáváme při praktické analýze vibrací křidel subsonických i supersonických letadel. Výsledkem je rovněž rozsáhlý systém programů v jazyku *C* umožňujících dokonce paralelizaci numerických procesů. Tyto programy budou použity i dalšími postgraduálními studenty.

Vzhledem ke kvalitě předložené práce a jejím výsledkům lze konstatovat, že práce splňuje požadavky kladené na doktorské disertační práce. Autor prokázal, že má předpoklady pro samostatnou tvořivou vědeckou práci.

Na základě získaných výsledků doporučuji, aby byla předložená práce uznána za disertační práci a aby po její úspěšné obhajobě byl Mgr. Janu Česenkovi udělen titul PhD.

V Praze 20. 7. 2011


Prof. RNDr. Miloslav Feistauer, DrSc., Dr.h.c.,
školitel