

Posudek vedoucího diplomové práce

Název práce: Application of spectral element method in computations of incompressible turbulent flow

Autor: David Jiříček

Téma práce vzniklo z potřeby modelování proudění tekutin při vysokých rychlostech, kdy se v proudění objevují struktury označované jako turbulentní. Tato problematika je přes intenzivní výzkum dodnes otevřená a ve výsledcích simulací pomocí kombinace turbulentních modelů a numerických metod nízkých řádů lze sledovat značné rozdíly. Náplň práce je ojedinělá ve smyslu kombinace metod vyšších řádů, spectral/hp konečných prvků, s již známými modely turbulence.

Cílem byla implementace Kolmogorova dvou nebo jednorovnicového modelu turbulence do existujícího řešiče nestlačitelných Navier-Stokesových rovnic v knihovně Nektar++. Východiskem byl jednak již existující výsledek v oboru analýzy a podobnost se systémem rovnic Navier-Stokes-Fourier s proměnnými parametry, pro který existuje výpočetní algoritmus. Z důvodu formulace okrajových podmínek pro turbulentní veličiny, možnosti uplatnění v realistických situacích a samotném testování autor rozšířil implementaci na strukturou příbuzný model Wilcoxův.

Autor byl v průběhu vzniku práce vnímavý k pokynům vedoucího a projevil zájem o pochopení modelů turbulence, aspekty spektrálních elementů i pokročilých struktur kódu Nektar++ a prokázal schopnost orientace ve vědeckých textech. Samostatně implementoval poměrně rozsáhlé části vlastního kódu.

Na rozdíl od prací, které aplikují existující implementace programů, tato práce přinesla vznik originálního kódu, který splnil řadu testovacích úloh a přinesl nové poznatky o chování uvažovaných modelů.

Text se snaží o stručné uvedení všech aspektů výsledku, přitom detailní zpracování by značně přesáhlo rozsah diplomové práce. Je zavedeno velké množství symbolů a pojmenování, což snižuje přehlednost textu.

Kromě zadaného modelu (a jeho rozšíření) je popsána základní formulace spektrálních/p konečných prvků a text popisuje i poměrně komplikovanou strukturou General Linear Method, která v Nektar++ představuje obecný rámec pro implementaci jedno a více krokových metod integrace v čase. Čtvrtá kapitola definuje jednotlivé kroky algoritmu s vazbou na objekty knihovny Nektar++. Pátá kapitola uvádí testy konvergence ve smyslu prostorové i časové diskretizace a přináší výsledky 2D simulace nestlačitelného proudění v kanále při $Re=5600$, režimu, který je považován za plně turbulentní.

Použitý semi-implicitní algoritmus sestávající se ve 2D z pěti provázaných rovnic s proměnnými parametry je na implementaci velmi náročný, zejména kvůli dělení operátorů s proměnnými parametry na část extrapolovanou a implicitní. Problematická je pak i implementace Neumannovy podmínky vysokého řádu pro tlak.

Autor z vlastní iniciativy implementoval dokonce verzi algoritmu s prostorově proměnnou implicitní částí materiálových parametrů, která po vhodném počtu kroků přepočítá implicitní část systému dle vývoje proměnných parametrů, čímž aspiruje na zvýšení stability algoritmu.

Práce rozšířila uplatnění dříve navrženého algoritmu pro systémy s proměnnými parametry a položila základ pro další výzkum tématu.

Práci doporučuji uznat jako diplomovou.

RNDr. MgA. Jan Pech, Ph.D.
Institute of Thermomechanics
Czech Academy of Sciences
Dolejškova 1402/5
182 00 Praha 8
Czech Republic