

Posudek disertační práce od školitele

Název: Lagrangian methods for continuum dynamics
Lagrangeovské metody pro dynamiku kontinua

Autor: Ing. David Fridrich

Školitel: prof. Ing. Richard Liska, CSc.

Náplní disertační práce je vývoj nových numerických metod pro lagrangeovskou hydrodynamiku a elasto-plastickou dynamiku. Lagrangeovské metody používají pohyblivou výpočetní síťku spjatou s pohybujícím se kontinuem, kterým může být stlačitelný plyn nebo elasto-plastický materiál. Základem vyvinutých numerických metod je Richtmyerova dvou-kroková formulace Lax-Wendroffova lagrangeovského schématu, která je disperzní a pro numerické řešení rázových vln je nutné ho doplnit disipací. Pro disipační člen je použita disipativní část Harten-Lax-van Leerova schématu, která je v rovnici pro hybnost správně orientována ve směru rozdílu rychlostí sousedních buněk. Tato disipace v rovnici hybnosti odpovídá umělé vazkosti, která je standardně používána v řadě lagrangeovských metod. Zde je umělá disipativita použita i v rovnici energie, což zlepšuje chování metody, např. podstatně snižuje numerický efekt ohřívání stěny. Metoda je nejdříve vyvinuta pro hydrodynamiku ve 2D kartézské geometrii a potom rozšířena i do 2D cylindrické r, z geometrie. Metoda v obou geometriích splňuje geometrický zákon zachování, tj. objem buněk počítaný z rovnice zachování specifického objemu je stejný jako objem počítaný z pohybu výpočetní sítě. V cylindrické geometrii navíc zachovává symetrii řešení na polární síti s konstantním krokem v úhlu, což je velmi důležitá vlastnost. V kartézské geometrii je potom metoda rozšířena na hypoelastický model elasto-plastické dynamiky, kde skalární tlak je nahrazen tensorem Cauchyho napětí. Vývoj deviatrické části tensoru napětí je dán konstitučním vztahem, který musí být řešen spolu se zákony zachování. Vlastnosti vyvinutých numerických metod jsou demonstrovány na řadě testovacích problémů používaných pro lagrangeovské metody. Výsledky testů jsou velmi dobré, v některých ohledech i výborné, např. symetrie Nohova problému na počáteční čtvercové výpočetní síti. Samotná Lax-Wendroffova metoda je druhého řádu přesnosti.

Výsledky prezentované v disertační práci byly již publikovány ve třech článcích v impaktovaných časopisech, z čehož dva vyšly v časopise "Journal of Computational Physics", který je špičkovým časopisem v oboru numerických metod počítačové fyziky. V disertační práci autor ještě vylepšuje metody prezentované v těchto článcích. V kartézské geometrii používá vylepšené vážení v prediktoru nebo jednodušší úpravu na rozhraní, tj. na kontaktní nespojitosti. Zavádí limitování umělé disipace, tj. vypínání umělé disipace mimo nespojitosti řešení, které přináší lepší rozlišení druhého řádu přesnosti v oblastech spojitého řešení.

Z formálního typografického hlediska je práce na velmi vysoké úrovni. Předkládanou práci doktorand prokázal schopnost samostatné vědecké práce na velmi vysoké úrovni.

Práce splňuje všechny předpoklady kladené na disertační práci a jakožto školitel ji hodnotím jako výbornou a doporučuji ji k obhajobě.

V Praze 23.9.2020

prof. Ing. Richard Liska, CSc.
školitel
KFE·EJFI ČVUT