

Oponentský posudek diplomové práce Vojtěcha Moldy
Flow Simulation Through Multiorifice Using Boltzmann Kinetic Equation

Diplomová práce se zabývá numerickým simulováním výtoku řídkého plynu malým otvorem a vzájemným vlivem několika výtokových otvorů uspořádaných do prstýnku. Práce je motivována experimentem prováděným Gronychem a Peksou na katedře fyziky povrchů a plasmatu a přispívá k optimalizaci tokoměru s konstantním tlakem.

Kapitola 2 popisuje experimentální uspořádání, zavádí základní pojmy a charakteristická čísla (Knudsenovo a Machovo) pro popis systémů se sklonem k turbulenci. Kapitola 3 ukazuje hydrodynamický popis takovýchto systémů.

Vlastní teoretická náplň práce začíná kapitolou 4, která pokrývá hned několik podstatných kroků. Autor nejprve popíše Boltzmannovu rovnici v její nejjednodušší podobě vhodné pro řídké plyny. Pak rozebírá vhodné okrajové podmínky modelující povrch nádoby. Nakonec rovnici přeškáluje do bezrozměrných veličin, takže základními parametry zůstanou Machovo číslo pro časovou škálu a inverzní Knudsenovo číslo pro četnost srážek.

Kapitola 5 otevírá numerické problémy a zavádí přiblížení, bez nichž by numerické řešení nebylo dostupné. Jedná se o přiblížení srážkového integrálu relaxačním časem nazývané autorem BGK přiblížení, diskretizaci prostoru rychlostí a vyjádření prostorové závislosti na mřížce bodů. Z hlediska numerické simulace tyto kroky nejsou nezávislé a autor rozebírá jejich vzájemné vztahy a zdůvodňuje optimální volbu. Podobným problémem jsou hraniční podmínky v rámci těchto přiblížení.

Kapitola 6 přináší popis důležitých částí výpočetního programu a numerické výsledky pro dvoudimenzionální model. Pro tři hodnoty Knudsenova čísla (0.01, 0.1, 1.0) ukazuje, že je-li vzdálenost otvorů přibližně rovna jejich průměru, výtoková rychlost narůstá a pro vzdálenost překračující dva a půl průměru se ustálí na asymptotické hodnotě. Na serii devíti obrázků pak ukazuje, že tento jev se projeví shodně jak za přítomnosti vírů pro nejmenší Knudsenovo číslo, tak i v laminárním režimu pro hodnoty větší.

V závěrečné kapitole 7 autor vyjádřil skepsi, že jeho cílů nebylo dosaženo. Vedla ho k tomu skutečnost, že při diskretizaci rychlostního prostoru se musel omezit na velmi malý počet rychlostí, což jej neopravňuje nazývat výsledek skutečnou distribucí rychlostí. Toto omezení je platné v blízkosti hydrodynamického režimu, ze kterého autor vycházel. Při výpočtu pak autor nemůže studovat experimentální hodnoty tlaků nad a pod otvorem, ale musí se omezit na podstatně menší tlakový rozdíl.

Přes autorův pesimistický závěr, že plná simulace Boltzmannovy rovnice nebyla dosažena, věřím, že práce přináší zajímavý vhled do výtoku plynu otvorem a především do vzájemného působení výtoků blízkými otvory.

Práci doporučuji k obhajobě.

V Praze 6.9.2011

doc. Pavel Lipavský, CSc.

Mám jednu otázku: Uvažoval jste o simulaci na trojúhelníkové mřížce?