

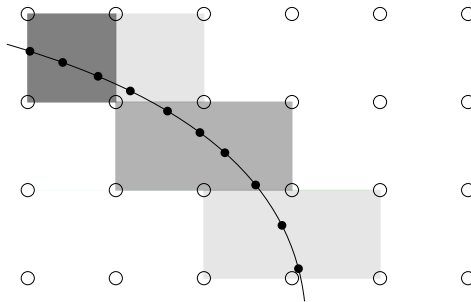
Modelování interakce nestlačitelné vazké tekutiny s tuhým tělesem pomocí lattice Boltzmannovy metody

Eliška Blažková¹

1 Metodika

Úloha interakce tělesa a kolem proudící tekutiny postihuje reálné situace, kdy je pevné těleso ponořeno v tekutině, či kdy naopak je tekutina protéká pevnou strukturou. Zvláště v posledních letech se simulace takovýchto interakcí rozvíjí a přibývá možností, jak modelovat složitější problémy. Obtékaná tělesa již zdaleka nemusí být statická, ale novými metodami postihnout i jejich dynamiku či pružnost, a lze řešit i tok geometricky složitými (příp. časově proměnnými) oblastmi. Řešení problému interakce lze pak aplikovat na nepřebernou škálu problémů biomechaniky (průtok krve pulsující cévou, interakce tekutiny s elastickou membránou), sedimentace částic, zjišťování aerodynamických vlastností obtékaných objektů např. v automobilovém či leteckém průmyslu nebo proudění porézními materiály.

K modelování proudění byla použita lattice Boltzmannova metoda (LBM). Zakládá se na prin-



Obrázek 1: Působení bodů na povrchu tělesa (černě) na uzly pravidelné mřížky tekutiny.

cipu buněčných automatů, tedy nevychází prvotně z řešení Navierových-Stokesových rovnic, ale z řešení dynamiky modelových částic pohybujících se po pravidelné mřížce. Modelové částice jsou svou velikostí na mezoskopické úrovni, protože lze LBM použít k modelování jak mikroskopického tak makroskopického proudění. Její výhodou je snadná implementace, vysoká variabilita (základní metodu lze rozšířit např. pro řešení právě interakce s tělesem, řešení vícefázového proudění,) a hlavně možnost masivní paralelizace výpočtu [Succi (2009)]. Nevýhodou je nestabilita pro vysoká Reynoldsova čísla, kterýžto problém je do určité míry řešitelný. Dále je LBM limitována pravidelnou krychlovou sítí, která se hůře přizpůsobuje nepravidelným geometriím.

Pro interakci tekutiny s tělesem poddajným či pohyblivým se nejčastěji používá tzv. metoda vnořené hranice (Immersed boundary method, IBM) [Yang a kol. (2013)]. Těleso je re-

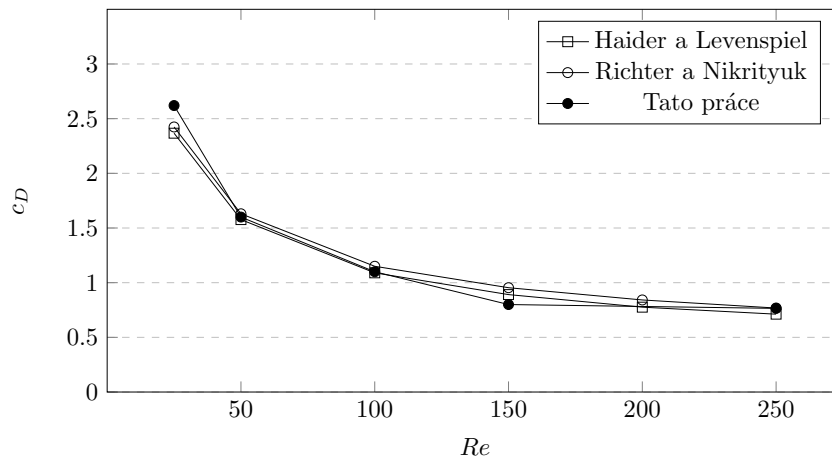
¹ student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Dynamika konstrukcí a mechatronika, e-mail: blazkove@students.zcu.cz

prezentováno sítí bodů na jeho povrchu, které kolem sebe vyvolávají silové pole stejné, jaké by vyvolávalo i těleso. Sílové pole pak dále působí na tekutinu a ovlivňuje tak její rychlost proudění v okolí tělesa.

2 Výsledky

Bylo zkoumáno využití kombinace právě LBM a IBM k simulaci interakce tekutiny a pevného tělesa. V rámci IBM bylo zkoumáno využití kombinace předešlých dvou přístupů, tedy aplikace kinematických okrajových podmínek na povrchu pohyblivého tělesa reprezentovaného pohyblivou sítí bodů jeho povrchu, kdy tekutině je u jeho povrchu nucena kinematická okrajová podmínka. Výsledky ukazují, že tento přístup dává výsledky srovnatelné s jinými metodikami a je o něco méně výpočetně náročný než původní IBM.

Správné fungování použité metodiky je ověřeno například porovnáním odporového koeficientu koule pro různá Reynoldsova čísla s referenčními hodnotami (Richter a Nikrityuk (2012)).



Literatura

- Yang, J., Wang, Z., Qian, Y., 2013. A Momentum Exchange-based Immersed Boundary-Lattice Boltzmann Method for Fluid Structure Interaction. *APCOM & ISCM*.
- Succi, S., 2009. The Lattice Boltzmann equation for fluid dynamics and beyond. *Oxford University Press*.
- Richter, A., Nikrityuk, P. A., 2012. Drag forces and heat transfer coefficients for spherical, cuboidal and ellipsoidal particles in cross flow at sub-critical Reynolds numbers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 55.