

Obsah

1 Úvod

2 Základní systémy rovnic	6
2.1 Systém Navierových-Stokesových rovnic pro nestlačitelnou tekutinu	6
2.2 Prandtlovy rovnice mezní vrstvy	8
2.3 Boussinesqova aproximace	9
2.4 Aproximace mezní vrstvy atmosféry	10
Simulace a modelování	11
3.1 Modely středovaného turbulentního pole (RANS)	13
3.1.1 Modely turbulence pro RANS	15
3.2 Středované pole mezní vrstvy atmosféry	17
3.2.1 Modelování turbulence	18
3.2.2 Středované rovnice	18
3.2.3 Algebraický model turbulence	19
3.2.4 Jednorovnicový model turbulence	20
3.2.5 Dvourovnicový model k - ϵ	21
3.2.6 Okrajové podmínky	22
Metody řešení	24
4.1 Metoda umělé stlačitelnosti	24
4.2 Metody s Poissonovou rovnicí pro tlak	25
4.2.1 Metoda tlakových korekcí	26
Numerické řešení	28
5.1 Metoda konečných objemů	28
5.1.1 Okrajové podmínky	30
5.1.2 Metody časové diskretizace	31
5.2 Semiimplicitní metoda konečných diferencí	32
5.3 Modelové rovnice	36
5.4 Modifikovaná rovnice	38
5.5 Schémata typu upwind pro skalární rovnici v 1D	38
5.5.1 Fourierova analýza konvektivního členu	40
5.6 Rozšíření upwind schémat na NS rovnice	43
5.7 Souvislost rychlostního a tlakového pole	44

Příklady numerických simulací	47
6.1 Impaktní proudění	47
6.2 Proudění kanálem s náhlým rozšířením	54
6.2.1 Laminární případy	57
6.2.2 Turbulentní případy	59
Modelování mezní vrstvy atmosféry	62
7.1 Fyzikální aspekty MVA	64
7.1.1 Gravitace, Coriolisova síla	64
7.1.2 Viskozita a turbulence	64
7.1.3 Proměnná hustota, stlačitelnost a stratifikace	64
7.1.4 Boussinesqova aproximace	65
7.2 Matematické modelování MVA	66
7.2.1 Modely proudění	66
7.3 Aplikace a řešené případy	70
7.3.1 Tunelové případy	70
7.3.2 Validace RANS modelu s algebraickým modelem turbulence	80
7.3.3 Reálné případy	80
7.3.4 Skládky	83
8 Závěr	95
Literatura	97