

Obsah

1 Úvod	7
2 Základní systémy rovnic	9
2.1 Základní vztahy	9
2.1.1 Zákon zachování	9
2.1.2 Konstituční vztahy	10
2.2 Fyzikální a matematický model	12
2.3 Středování pohybových rovnic	14
2.3.1 Středování turbulentních veličin	14
2.3.2 Středované rovnice zachování hmotnosti a hybnosti	16
2.3.3 Středovaná rovnice zachování energie	17
2.3.4 Rovnice pro kinetickou energii středního pohybu	18
2.3.5 Transportní rovnice pro Reynoldsova napětí a turbulentní energii	18
2.3.6 Transportní rovnice pro rychlost disipace turbulentní energie	20
2.4 Způsoby uzavření středovaných Navier-Stokesových rovnic	21
3 Modely turbulence s turbulentní vazkostí	24
3.1 Algebraické modely	24
3.1.1 Základní varianta pro mezní vrstvu	24
3.1.2 Modifikace algebraického modelu pro řešení Navier-Stokesových rovnic	25
3.2 Jednorovnicový model	28
3.3 Dvourovnicové modely	32
3.3.1 Model $k-\epsilon$	32
3.3.2 Model $k-\omega$	39
3.4 Modely s transportní rovnicí pro turbulentní vazkost	45
4 Modely turbulence s rovnicemi pro Reynoldsova napětí	49
4.1 Modely turbulence s transportními rovnicemi pro Reynoldsova napětí	49
4.2 Modely turbulence s algebraickými rovnicemi pro Reynoldsova napětí	54
5 Okrajové podmínky	60
5.1 Zadání okrajových podmínek na stěně	60
5.2 Zadání okrajových podmínek ve vstupu	64
5.3 Zadání okrajových podmínek na výstupu a otevřené hranici	64
6 Numerické řešení	65
6.1 Výběr metody	65
6.2 Řešení rovnice se zdrojovým členem	67

6.2.1	Systém rovnic modelu turbulence	69
6.3	Bodově implicitní metoda	70
6.4	Logaritmický tvar modelu turbulence	71
7	Příklady numerických simulací	72
7.1	Vyvinuté proudění kanálem	72
7.1.1	Rovinný kanál	73
7.1.2	Kanál obdélníkového průřezu	80
7.2	Impaktní proudění	83
7.3	Proudění kanálem s náhlým rozšířením	89
7.3.1	2D proudění	89
7.3.2	3D proudění	91
7.4	Transonické proudění turbínovou mříží	100
8	Závěr	103
	Literatura	105