

OBSAH	5
ÚVOD	9
SEZNAM SYMBOLŮ	11
INDEXY	15
1. MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ V AERODYNAMICE	17
1.1 Matematické modelování . Základní filozofie	17
1.2 Empirická data v matematickém modelování	20
1.3 Matematické modelování a experiment	21
2. TEKUTINA A VÝCHOZÍ TERMODYNAMICKÉ VZTAHY	25
2.1 Tekutina	25
2.2 Síly a napětí v tekutině	26
2.3 Termodynamický stav tekutiny. Ideální a reálný plyn	28
2.4 Základní termodynamické veličiny a vztahy	31
2.5 Stlačitelnost tekutiny a rychlost zvuku	35
3. PROUDOVÉ POLE A VÝCHOZÍ ROVNICE DYNAMIKY TEKUTIN	37
3.1 Pojem proudového pole	37
3.2 Tekutina v proudovém poli	38
3.3 Bilanční rovnice	42
3.4 Výchozí systém rovnic v bezrozměrovém tvaru	51
3.5 Okrajové podmínky a uzavřenost základní soustavy rovnic	53
3.6 Bernoulliho rovnice	55
3.7 Jednorozměrné proudění	57
3.8 Zjednodušené matematické modely	64
3.8.1 $Re \rightarrow 0$ (velmi malá Re)	65
3.8.2 $Re \rightarrow \infty$ (velmi velká Re)	66
4. IDEÁLNÍ TEKUTINA JAKO MODEL	69
4.1 Zjednodušené matematické modely pro ideální tekutinu	69
4.2 Model potenciálního proudění	71
4.3 Model vířivého proudění	78
4.4 Sekundární proudění a vírové struktury	88

5. PROUDĚNÍ VAZKÉ TEKUTINY	95
5.1 Oblasti proudění s výrazným vlivem vazkosti	95
5.1.1 Proudění vazké tekutiny při vysokých Re	95
5.1.2 Mezní vrstva	96
5.1.3 Úplavy a volné proudy	104
5.2 Odtržení proudu	107
5.2.1 Základní charakteristiky odtržení proudu	107
5.2.2 Kriteria odtržení proudu	109
5.3 Slabá a silná interakce nevazkého proudu	112
5.4 Turbulentní proudění	118
5.4.1 Základní vlastnosti turbulentního proudění	118
5.4.2 Reynoldsovy rovnice. Reynoldsova napětí	120
5.4.3 Struktura turbulentních proudů	125
5.4.4 Modely turbulence	129
5.5 Stabilita proudění. Přechod do turbulence	134
6. ŠÍŘENÍ INFORMACE V TEKUTINĚ. VLNY	141
6.1 Šíření informace v tekutině	141
6.2 Nestacionární šíření malé poruchy v ideální stlačitelné tekutině	142
6.3 Šíření poruchy konečné velikosti v ideální stlačitelné tekutině a vznik rázové vlny	146
6.4 Rázové vlny	148
7. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI OBTÉKÁNÍ TĚLES VE VNĚJŠÍ A VNITŘNÍ AERODYNAMICE	155
7.1 Síly působící na obtékaný profil, popř. profilovou mříž	155
7.2 Obtékání těles	162
7.2.1 Obtékání rovinné desky	162
7.2.2 Obtékání kruhového válce	164
7.3 Proudění při vysokých rychlostech ve vnitřní a vnější aerodynamice	170
8. FORMULACE ZÁKLADNÍCH ÚLOH V E2	175
8.1 Systém Navierových-Stokesových rovnic v E2	176
8.2 Systém Eulerových rovnic	179

8.3 Úplná potenciální rovnice	180
8.4 Některé matematické vlastnosti užitých rovnic	181
8.5 Příklady matematické formulace některých problémů proudění	185
9. ZÁKLADY NUMERICKÉHO ŘEŠENÍ PARCIÁLNÍCH DIFERENCIÁLNÍCH ROVNIC	193
9.1 Úvodní příklad	193
9.1.1 Chování stabilního a nestabilního řešení	197
9.1.2 Definice užívaných diferenčních operátorů	198
9.2 Aproximace, stabilita a konvergence diferenční úlohy	200
9.2.1 Definice pojmů	200
9.2.2 Spektrální kritérium stability diferenčního řešení	207
9.3 Základní diferenční schémata pro lineární rovnice nestacionárního typu	212
9.3.1 Rovnice vedení tepla	213
9.3.2 Rovnice vlnová	217
9.4 Rozšíření 1D schémat na případ více prostorových proměnných	222
9.5 Úlohy stacionárního typu	228
9.5.1 Úvodní poznámky	228
9.5.2 Iterační metody řešení soustav lineárních rovnic	229
9.5.3 Metoda ustalování	235
9.6 Některé příklady numerické realizace základních úloh	241
10. NUMERICKÉ ŘEŠENÍ ZÁKLADNÍCH ROVNIC	249
10.1 Řešení potenciálního modelu	249
10.1.1 Rovnice pro potenciál malých poruch	249
10.1.2 Úplná potenciální rovnice	256
10.2 Systém Eulerových rovnic	267
10.2.1 Jediná skalární rovnice	267
10.2.2 Systém Eulerových rovnic v E1	281
10.2.3 Eulerovy rovnice v E2	295
10.3. Systém Navierových - Stokesových rovnic	298
10.3.1 Jednorozměrný lineární skalární model	298
10.3.2 Jednorozměrný vektorový model	300
10.3.3 Systém Navierových-Stokesových rovnic v E2	302

10.3.4	Systém Navierových-Stokesových rovnic pro nestlačitelné proudění	305
10.4	Řešení na více sítích (multigradní řešení)	307
11.	NĚKTERÁ NUMERICKÁ ŘEŠENÍ KONKRÉTNÍCH ÚLOH PROUDĚNÍ	311
11.1	Užití potenciálního modelu v E2	311
11.1.1	Rovnice malých poruch v E2	311
11.1.2	Úplná potenciální rovnice	316
11.1.3	Třírozměrné stacionární proudění řešené s užitím potenciálního modelu	321
11.1.4	Nestacionární úlohy řešené užitím poruchové teorie	323
11.2	Systém Eulerových rovnic	327
11.2.1	Stacionární řešení	327
11.2.2	Nestacionární řešení v E2	334
11.3	Navierovy-Stokesovy rovnice	336
11.3.1	Navierovy-Stokesovy rovnice pro proudění nestlačitelné tekutiny	336
11.3.2	Navierovy-Stokesovy rovnice pro proudění stlačitelné tekutiny	345
	LITERATURA	351