

Obsah

Předmluva	iv
Obsah	vi
Seznam použitých označení	x
1 Úvod do modelování spalování paliv	1
1.1 Proces spalování v různých aplikacích	1
1.2 Metody řešení spalování	1
1.3 Základní definice a pojmy	3
2 Přenos, bilanční rovnice, řešení	6
2.1 Přenos a jeho řešení	6
2.1.1 Difúzní přenos	7
2.1.2 Konvektivní přenos	10
2.1.3 Celkový přenos	12
2.2 Bilanční rovnice přenosu	12
2.2.1 Okrajové podmínky	13
2.3 Numerické metody řešení	14
2.3.1 Metoda konečných objemů	14
2.3.2 Aplikace MKO na proudění vody mezi deskami	17
2.3.3 Vytvoření geometrie, prvky sítě	43
2.3.4 Výběr interpolačního schématu	49
2.3.5 Konvergence a residuály	50
2.3.6 Urychlení konvergence	51
2.3.7 Relaxace	51
3 Přenos hmoty - difuze	53
3.1 Rovnice kontinuity a přenosu hmoty difuzí	53
3.2 Okrajové podmínky na hranici	53
3.3 Fickův zákon binární difuze (molekulový přenos hmoty)	54
3.3.1 Analytické řešení	54
3.3.2 Numerické řešení	56
4 Přenos tepla kondukcí	65
4.1 Rovnice přenosu tepla kondukcí	65
4.2 Okrajové podmínky	65
4.3 Fourierův zákon - vedení tepla v tyči	66
5 Přenos hmoty a hybnosti - konvekce	74

5.1	Rovnice kontinuity	74
5.2	Navierova-Stokesova (momentová, pohybová) rovnice	75
5.3	Podmínky vstupu a výstupu pro stlačitelné médium	76
5.4	Řešení laminárního proudění vzduchu v trubce	79
6	Přenos tepla konvekcí a kondukcí	88
6.1	Rovnice energie	88
6.2	Řešení konduktce a konvekce při laminárním proudění	89
6.3	Řešení teplotního pole při proudění v trubce	90
7	Přenos koncentrace při proudění plynů	101
7.1	Fyzikální vlastnosti směsí plynů	101
7.2	Transportní rovnice pro přenos příměsí	102
7.3	Definice zdroje příměsí	102
8	Turbulence	108
8.1	Reynoldsovo časové středování	108
8.2	$k-\varepsilon$ dvourovnicový model turbulence	109
8.3	Okrajové podmínky pro $k-\varepsilon$ turbulentní model	111
8.3.1	Stěnové funkce, možnosti zpřesnění výpočtu	112
8.3.2	Výběr stěnové funkce pro různé modely turbulence	113
8.3.3	Výběr turbulentního modelu pro zpřesnění výpočtu	114
8.4	Turbulentní proudění v trubce	115
9	Hoření plynů	126
9.1	Modelování hoření s chemickou reakcí za generace tepla a chemických látek. ...	127
9.1.1	Matematický model přenosu chemických látek s chemickou reakcí	127
9.1.2	Modely popisující rychlosti produkce chemických látek	129
9.1.3	PDF model nepředmíseného (non – premixed) hoření	131
9.1.4	Fyzikální vlastnosti plynů (kinetická teorie)	132
9.2	Modelování laminárního hoření metanu	134
9.3	Modelování turbulentního hoření metanu	139
9.3.1	Modelování turbulentního hoření metanu užitím stechiometrických rovnic	139
9.3.2	Modelování turbulentního hoření metanu užitím – non–premixed model pdf.	143
9.3.3	Porovnání výsledků – model chemických reakcí vs. PDF model	146
10	Hoření uhlénoho prachu - diskrétní fáze	151
10.1	Matematický model diskrétní fáze (DPM)	151
10.1.1	Matematický model primární fáze	152
10.1.2	Matematický model sekundární fáze	152
10.1.3	Model diskrétní fáze PDF (non – premixed) hoření	156

10.2	Model hoření částic s chemickou reakcí a Non-premixed model.....	157
10.2.1	Model proudění částic s chemickou reakcí (finite-rate/eddy dissipation)	159
10.2.2	Model proudění částic s chemickou reakcí (PDF model)	160
10.2.3	Porovnání výsledků obou variant modelujících spalování uhelného prachu ..	161
11	Hoření kapalných paliv	164
12	Aplikace	167
12.1	Modelování hoření jako zdroje tepla a zplodin.....	167
12.1.1	Matematický model zdroje energie a spalin.....	167
12.1.2	Matematické modelování obecného požáru v rodinném domě	168
12.1.3	Výpočet výkonu zdroje v závislosti na době požáru	172
12.1.4	Definice materiálových vlastností plynů, jejich směsi a stěn	175
12.1.5	Porovnání výsledků matematického modelu s experimentem.....	177
12.2	Matematické modelování explozivního hoření metanu v rodinném domě	183
12.2.1	Definice geometrie a výpočetní sítě v řešené oblasti	183
12.2.2	Okrajové podmínky	184
12.2.3	Definice porézní vrstvy	185
12.2.4	Definice materiálových vlastností	187
12.2.5	Simulace výbuchu plynu s chemickou reakcí	188
12.2.6	Porovnání výsledků	195
12.3	Matematický model proudění v pádové trubce	196
12.3.1	Experimentální zařízení pádové trubky k stanovení termokinetických vlastností práškového uhlí	197
12.3.2	Geometrie pádové trubky, výpočetní síť, okrajové podmínky a fyzikální vlastnosti	198
12.3.3	Matematický model primární fáze	201
12.3.4	Matematický model sekundární fáze	201
12.3.5	Vliv aktivační energie kineticko/difúzního modelu spalování fixního uhlíku na průběh úbytku hmotnosti	202
12.3.6	Vliv pre-exponenciálního faktoru kineticko/difúzního modelu spalování fixního uhlíku na průběh úbytku hmotnosti	203
12.3.7	Vliv změny vstupní teploty plynné fáze a teploty stěny pádové trubky na úbytek hmotnosti částice	204
12.3.8	Porovnání matematických modelů spalování fixního uhlíku práškového uhlí v programu ANSYS Fluent.....	204
12.3.9	Vliv „indexu puchnutí“ (swelling coefficient) na úbytek hmotnosti uhelného prášku	207

12.3.10	Vliv přebytku kyslíku definovaného pomocí stechiometrického koeficientu kyslíku	208
12.3.11	Porovnání vlivu zvoleného turbulentního modelu proudění na průběh úbytku hmotnosti částice práškového uhlí	209
12.3.12	Vliv změny množství prchavé hořlaviny (prchavky) a fixního uhlíku na průběh úbytku hmotnosti částice práškového uhlí	210
12.3.13	Úprava „Intrinsic“ modelu spalování fixního uhlíku	211
12.3.14	Vliv změny pórovitosti částic uhlí na úbytek hmotnosti	212
12.3.15	Vliv změny středního poloměr póru a specifické vnitřní plochy povrchu částice na úbytek hmotnosti	213
12.3.16	Vliv změny difúzní konstanty na úbytek hmotnosti částice	213
12.3.17	Závěr	214
12.4	Spalování dřeva v krbových kamnech	215
12.4.1	Technický popis kamen	215
12.4.2	Matematický model	216
12.4.3	Popis geometrie	220
12.4.4	Experiment	223
12.4.5	Model s tlakovou podmínkou	225
12.4.6	Model s průtokovou podmínkou	234
12.4.7	Závěr	242
12.5	Model spalování uhlí v granulačním kotli	243
12.5.1	Model spalování uhlí	243
12.5.2	Stručný popis granulačního kotle	247
12.5.3	Okrajové podmínky	252
12.5.4	Geometrie kotle K4	259
12.5.5	Volba modelu turbulence a termické radiace	260
12.5.6	Vyhodnocovací body a roviny	262
12.5.7	Výsledky modelování spalování v granulačním kotli	263
12.5.8	Závěr	272
13	Seznam obrázků	274
14	Přílohy	281
14.1	Vektory a skaláry	281
14.2	Souřadné systémy	283
14.3	Pole rychlosti a zrychlení	284
14.4	Bezrozměrná kritéria	284
15	Literatura	288