

# Obsah

Předmluva . . . . .	iii
Seznam tabulek . . . . .	ix
Seznam obrázků . . . . .	xi
Seznam hlavních symbolů . . . . .	xii
<b>1 Stavové chování plynů a kapalin</b> . . . . .	<b>1</b>
1.1 Tabele dat o stavovém chování . . . . .	1
1.2 Stavová rovnice ideálního plynu . . . . .	1
1.3 Viriální stavová rovnice . . . . .	2
1.3.1 Závislost viriálních koeficientů na složení . . . . .	5
1.3.2 Výpočet druhého viriálního koeficientu na základě párového potenciálu . . . . .	6
1.3.3 Empirické odhady druhého a třetího viriálního koeficientu . . . . .	6
1.3.4 Výpočet viriálních koeficientů směsi na základě viriálních koeficientů čistých látek . . . . .	9
1.4 Stavové rovnice . . . . .	10
1.4.1 Podmínky kladené na stavové rovnice . . . . .	10
1.4.2 Kubické stavové rovnice . . . . .	12
1.4.3 Víceparametrové stavové rovnice . . . . .	15
1.4.4 Optimalizované stavové rovnice . . . . .	17
1.4.5 Výpočet objemu (hustoty), teploty či látkového množství ze stavové rovnice . . . . .	19
1.4.6 Aplikace stavových rovnic na směsi . . . . .	21
1.4.7 Klasická kombinační či směšovací pravidla . . . . .	21
1.4.8 Doporučené závislosti parametrů jednotlivých stavových rovnic na složení . . . . .	24
1.4.9 Koncentračně a hustotně závislá kombinační pravidla . . . . .	26
1.5 Teorém korespondujících stavů (TKS) . . . . .	28
1.5.1 Dvoupárametrový TKS . . . . .	28
1.5.2 Tříparametrový TKS . . . . .	29
1.5.3 Anderkova–Pitzerova rovnice . . . . .	30
1.5.4 Leeova–Keslerova rovnice . . . . .	31
1.5.5 Pseudokritické veličiny . . . . .	33
1.5.6 TKS s jednou či dvěma referenčními látkami . . . . .	35
1.5.7 Čtyřparametrový TKS . . . . .	36
1.6 Stavové chování kapalin . . . . .	39
1.6.1 Koeficient roztažnosti, stlačitelnosti a rozpínavosti . . . . .	39
1.6.2 Metody pro odhad objemu (hustoty) nasycených kapalin . . . . .	40
1.6.3 Závislost hustoty kapalin na složení (při konstantní teplotě a tlaku) . . . . .	40

1.7	Empirické vztahy pro odhad stavového chování směsí . . . . .	41
1.8	Rámcová doporučení . . . . .	42
<b>2</b>	<b>Základní termodynamické vztahy</b>	<b>45</b>
2.1	První věta termodynamická . . . . .	45
2.1.1	Technická práce . . . . .	45
2.1.2	Přeměna tepla na práci . . . . .	46
2.2	Druhá a třetí věta termodynamická . . . . .	48
2.2.1	Další termodynamické funkce, jejich vlastnosti a využití . . . . .	49
2.3	Závislost termodynamických veličin na $T, p$ a $T, V$ . . . . .	51
2.4	Extenzivní kritéria rovnováhy . . . . .	52
2.4.1	Vyrovnávání teplot u dvou podsystémů . . . . .	54
2.4.2	Podmínky termodynamické stability systému . . . . .	57
<b>3</b>	<b>Výpočet termodynamických veličin ideálního plynu</b>	<b>59</b>
3.1	Termodynamické veličiny čistých plynů . . . . .	59
3.1.1	Vztahy pro termodynamické veličiny s různými závislostmi $C_{pm}^0 = f(T)$ . . . . .	60
3.1.2	Použití bezrozměrné Helmholtzovy energie ideálního plynu . . . . .	63
3.2	Termodynamické veličiny ideální směsi ideálních plynů . . . . .	64
3.3	Výpočet rovnovážného stavu za $[T, p]$ a $[H, p]$ . . . . .	67
<b>4</b>	<b>Termodynamické veličiny reálných čistých plynů</b>	<b>71</b>
4.1	Doplňkové a reziduální veličiny . . . . .	71
4.1.1	Výpočet doplňkových veličin na základě stavových rovnic . . . . .	74
4.1.2	Výpočet doplňkových a reziduálních termodynamických funkcí pomocí $Q$ -veličin . . . . .	76
4.1.3	Výpočet termodynamických veličin na základě bezrozměrné Helmholtzovy energie . . . . .	78
4.2	Výpočet termodynamických veličin čistých plynů na základě TKS . . . . .	81
4.2.1	Anderkova–Pitzerova rovnice . . . . .	82
4.2.2	Leeova–Keslerova rovnice . . . . .	83
<b>5</b>	<b>Termodynamické veličiny reálné plynné směsi</b>	<b>85</b>
5.1	Tradiční aplikace stavových rovnic . . . . .	85
5.2	Klasické metody založené na teorému korespondujících stavů . . . . .	87
5.2.1	Anderkova–Pitzerova rovnice aplikovaná na směsi . . . . .	88
5.2.2	Leeova–Keslerova rovnice aplikovaná na směsi . . . . .	88
5.3	Aplikace empirických zákonů u směsí . . . . .	90
5.3.1	Varianta A - Amagatův zákon . . . . .	91
5.3.2	Varianta B - Bartlettovo pravidlo . . . . .	93
5.3.3	Varianta C - modifikovaný Amagatův zákon . . . . .	95
5.3.4	Varianta D - Daltonův zákon . . . . .	97
5.3.5	Malé shrnutí . . . . .	99
5.3.6	Varianta E - Joffeho pravidlo . . . . .	100
5.3.7	Varianta F - modifikované Joffeho pravidlo . . . . .	103
5.3.8	Varianta G - postup podle Lemmona a Jacobsena . . . . .	107
5.4	Rámcová doporučení . . . . .	109

<b>6</b>	<b>Výpočet tepla a práce při různých dějích</b>	<b>111</b>
6.1	Obecné základy výpočtu tepla, objemové a technické práce . . . . .	111
6.2	Určení konečného stavu při vybraných dějích . . . . .	112
6.2.1	Typ 0. Neřešíme žádnou nelineární rovnici . . . . .	112
6.2.2	Typ 1. Řešíme jednu nelineární rovnici . . . . .	115
6.2.3	Typ 2. Řešíme dvě nelineární rovnice . . . . .	117
6.3	Výpočet tepla u heterogenního systému . . . . .	118
6.3.1	Výpočet tlaku nasycených par $p^s$ a výparné entalpie čisté látky ze stavové rovnice . . . . .	119
6.4	Izoentalpický děj a $\mu_{JT}$ . . . . .	122
6.4.1	Jouleův-Thomsonův koeficient a inverzní křivka . . . . .	122
6.5	Exergie . . . . .	126
<b>7</b>	<b>Parciální molární veličiny a chemický potenciál</b>	<b>129</b>
7.1	Výpočet parciálních molárních veličin z $Y_m(T, p, \mathbf{x})$ . . . . .	130
7.1.1	Parciální molární veličiny ideálního plynu za konstantní teploty a tlaku . . . . .	131
7.1.2	Parciální molární veličiny u reálné plynné směsi za konstantní teploty a tlaku . . . . .	132
7.2	Parciální molární veličiny založené na $Y_m(T, V_m, \mathbf{x})$ či $Y_m(T, \rho, \mathbf{x})$ . . . . .	134
7.2.1	Parciální molární veličiny ideálního plynu za dané teploty a hustoty . . . . .	136
7.2.2	Obecné vztahy pro výpočet parciálních molárních veličin pro proměnné $T, V_m, \mathbf{x}$ či $T, \rho, \mathbf{x}$ . . . . .	138
7.2.3	Výpočet parciálních molárních veličin ze stavových rovnic pomocí $Q$ -veličin . . . . .	139
7.3	Výpočet parciálních molárních veličin na základě TKS . . . . .	143
7.3.1	Výpočet parciálního molárního objemu pomocí TKS . . . . .	143
7.3.2	Vztahy pro výpočet parciálních molárních pseudokritických veličin . . . . .	145
7.3.3	Výpočet parciálních molárních veličin na základě TKS pro proměnné $T, p, \mathbf{x}$ . . . . .	146
7.3.4	Výpočet parciálních molárních veličin podle Anderkovy a Pitzerovy rovnice . . . . .	147
7.3.5	Výpočet parciálních molárních veličin podle Leeovy–Keslerovy rovnice . . . . .	150
7.4	Výpočet parciálních molárních veličin na základě empirických vztahů . . . . .	152
7.4.1	Varianta A - Amagatův zákon . . . . .	154
7.4.2	Varianta B - Bartlettovo pravidlo . . . . .	155
7.4.3	Varianta C - modifikovaný Amagatův zákon . . . . .	156
7.4.4	Varianta D - Daltonův zákon . . . . .	159
7.4.5	Varianta E - Joffeho pravidlo . . . . .	160
7.4.6	Varianta F - modifikované Joffeho pravidlo . . . . .	163
7.4.7	Varianta G - postup Lemmona a Jacobsena . . . . .	167
7.5	Výpočet maximálního obsahu vody v plynu . . . . .	169
7.6	Rámcová doporučení . . . . .	172
	<b>Přílohy</b>	<b>173</b>
<b>A</b>	<b>Termodynamické veličiny pro polynomickou závislost <math>C_{pm}^0</math></b>	<b>173</b>

---

<b>B</b>	<b>Termodynamické veličiny pro <math>C_{pm}^0(T)</math> podle Bureše [24]</b>	<b>175</b>
<b>C</b>	<b>Kompresibilitní faktor a <math>Q</math>-veličiny u BWR rovnice</b>	<b>177</b>
<b>D</b>	<b>Kompresibilitní faktor a <math>Q</math>-veličiny u Benderovy rovnice</b>	<b>179</b>
<b>E</b>	<b>Amagatův zákon (Varianta A)</b>	<b>181</b>
<b>F</b>	<b>Bartlettovo pravidlo (Varianta B)</b>	<b>183</b>
<b>G</b>	<b>Daltonův zákon (Varianta D)</b>	<b>185</b>
<b>H</b>	<b>Joffeho pravidlo (Varianta E)</b>	<b>189</b>
<b>I</b>	<b>Modifikované Joffeho pravidlo (Varianta F)</b>	<b>193</b>
<b>J</b>	<b>Doporučené vícekonstantové rovnice</b>	<b>197</b>
	<b>Seznam literatury</b>	<b>203</b>
	<b>Index</b>	<b>219</b>