Obsah

I. Termodynamika plynů 3
1.0 Základní určující veličiny 3
2.0 Základní určující tepelné pojmy 5
2.1 Teplo 5
2.2 Měrná tepelná kapacita 5
2.3 Isobarická roztažnost látek teplem 7
2.4 Isochorická teplotní rozpínavost plynů 9
2.5 Isotermická stlačitelnost plynů 10
2.6 Vzájemná závislost roztažnosti, rozpínavosti a stlačitelnosti 11
2.7 Skupenská tepla 11
3.0 Ideální plyny 12
3.1 Stavová rovnice ideálního plynu 13
3.2 Normální kubický metr 17
3.3 Měrné tepelné kapacity ideálních plynů 18
3.4 Vnitřní energie a objemová (vnější, absolutní) práce plynu 20
3.5 První hlavní věta termodynamická 22
3.6 Entalpie plynů 22
3.7 Vztah mezi objemovou (vnější, absolutní) a tlakovou (vnitřní, technickou) prací plynu 23
3.8 Entropie plynů 25
3.9 První zákon termodynamiky pro otevřené systémy 27
4.0 Základní změny stavu plynu 29
4.1 Rovnovážný stav 29
4.2 Děje vratné a nevratné 29
4.3 Změny stavu plynu 30
4.3.1 Změna stavu při stálém objemu – isochorická změna 31
4.3.2 Změna stavu při stálém tlaku – isobarická změna 33
4.3.3 Změna stavu při stálé teplotě – isotermická změna 36
4.3.4 Změna stavu při stálé entropii – adiabatická, isoentropická změna 38
4.3.5 Změna při stálé měrné tepelné kapacitě – polytropická změna 45
5.0 Druhá hlavní věta termodynamická 51
5.1 Kruhový proces – cyklus 52

5.2 Carnotův cyklus 54
5.3 Obrácený Carnotův cyklus 55
5.4 Zvýšení účinnosti Carnotova přímého a obráceného cyklu 56
5.5 Účinnost nevratného Carnotova cyklu 57
5.6 Matematická a verbální formulace II. hlavní věty termodynamiky 58
5.7 Absolutní termodynamická stupnice teplot 61
5.8 Nernstova věta – III. věta termodynamická 62
5.9 Skutečné termodynamické děje 63
5.10 Degradace tepla a stupeň nevratnosti 64
5.11 Typicky nevratné děje 65
5. 11.1 Tření 65
5.11.2 Sdílení tepla 66
5.11.3 Škrcení plynu 67
5.11.4 Difúze plynů 68
5.12 Entropie pracovní látky při nevratné změně 69
5.13 Tepelná smrt vesmíru 71

II. Termomechanika směsi plynů, par a vlhkého vzduchu 72
1.0 Směsi plynů 72
1.1 Poměr složek směsi plynů 72
1.2 Měrný objem a měrná hmotnost směsi 73
1.3 Stavová rovnice směsi 74
1.4 Parciální tlak složek směsi 75
1.5 Měrná tepelná kapacita směsi 75
1.6 Směšování tekutin o různých teplotách 75
2.0 Skutečné plyny 76
2.1 Rovnice Van der Waalsova 78
3.0 Páry 79
3.1 Určující veličiny syté vody 80
3.2 Určující veličiny syté páry 82
3.3 Určující veličiny mokré páry 83
3.4 Určující veličiny přehřáté páry 84

3.5 Diagram par 86
3.5.1 Pracovní p-v diagram vodní páry 86
3.5.2 Tepelný – entropický T-s diagram vodní páry 87
3.5.3 Srovnání pracovního a tepelného diagramu páry 88
3.5.4 Diagram p-i 89
3.5.5 Změny stavu par 89
3.5.5.1 Isobarická změna páry 89
3.5.5.2 Isotermická změna páry 91
3.5.5.3 Isochorická změna páry 92
3.5.5.4 Adiabatická změna páry 93
3.5.6 Škrcení par 95
4.0 Vlhký vzduch 96
4.1 Vlhkost vzduchu 97
4.2 Stavová rovnice vlhkého vzduchu 99
4.3 Měrná hmotnost a měrný objem vlhkého vzduchu 100
4.4 Měrná tepelná kapacita vlhkého vzduchu 102
4.5 Entalpie vlhkého vzduchu 102
4.6 Mollierův i-x diagram vlhkého vzduchu 103
4.7 Změny stavu vlhkého vzduchu 105
4.7.1 Změny stavu vzduchu při x = konst. 105
4.7.2 Směšování dvou různých stavů vlhkého vzduchu 105
4.7.3 Vlhčení vlhkého vzduchu 106
4.7.3.1 Pračky vzduchu 107
4.8 Odpařování vody z volné hladiny do vzduchu 108
6.0 Termomechanika procesu sušení 109
6.1 Význam zpracování produktů sušením 110
6.2 Vyjádření vlhkosti a průběhu sušení sušeného materiálu 110
6.3 Rovnovážná vlhkost a sorpční isotermy 111
6.4 Výpočet teoretické sušárny 112
6.4.1 Výpočet množství sušícího media teoretické sušárny 114
6.4.2 Výpočet množství tepelné energie teoretické sušárny 115
6.5 Znázornění teoretické sušárny v i-x diagramu 116
7.0 Termomechanika a termokinetika procesu spalování 118

7.1 Adiabatická spalná teplota 121
7.2 i-t diagram kouřových plynů 122

III. Termodynamika proudících plynů a par 124
1.1 Jednorozměrné proudění 124
1.2 Laminární a turbulentní proudění 124
1.3 Proudění adiabatické a isoentropické 126
1.4 Machovo číslo 126
1.5 Zákon zachování hmoty a rovnice kontinuity 127
1.6 Zákon zachování energie 128
1.7 Expanze plynů při proudění – výtoku tryskou a otvorem 131
1.7.1 Expanze při výtoku tryskou – nátrubkem 131
1.7.2 Expanze při výtoku otvorem v nádobě 133

IV. Termomechanika tepelných oběhů 134
1.0 Porovnávací oběhy motorů 136
1.1 Porovnávací oběhy spalovacích motorů 136
1.1.1 Cyklus zážehových motorů 137
1.1.2 Rovnotlaký cyklus 139
1.1.3 Smíšený cyklus 141
1.2 Porovnávací oběhy turbín a proudových motorů 143
2.0 Kompresory 145
2.1 Princip činnosti kompresoru 145
2.2 Změny stavu kompresí v kompresoru 146
2.3 Kompresní práce kompresoru 147
2.3.1 Kompresní práce ideálního kompresoru 148
2.3.2 Kompresní práce skutečného kompresoru, vícestupňový kompresor 148
2.5 Objemová účinnost skutečného kompresoru 149
2.6 Mechanická účinnost kompresoru 151
3.0 Chladící oběhy 153
3.1 Ideální a skutečný chladící oběh 154
3.2 Výpočet chladícího oběhu 155
3.3 Druhy chladících zařízení 156
3.3.1 Kompresorové chladící zařízení 156

3.3.2 Absorbční chladící zařízení 156

V. Termomechanika a termokinetika sdílení tepla ve výměnících tepla 157
1.0 Druhy sdílení tepla 157
1.1 Vedení tepla v tělesech 158
1.2 Sdílení tepla prouděním 162
1.2.1 Bezrozměrná kritéria a jejich význam 164
1.2.2 Určení hodnoty součinitele přestupu tepla 166
1.3 Sdílení tepla sáláním 170
1.4 Prostup tepla 171
2.0 Výpočet výměníku tepla 174
2.1 Tekutinový výměník 174
2.2 Solární výměník – kolektor 178

Jihočeská vědecká knihovna
v Českých Budějovicích
(2)