

Obsah

Predhovor	3
1. ZÁKLADNÉ POJMY TERMODYNAMIKY	5
1.1 Termodynamika a energia	5
1.2 Termodynamický systém a okolie	6
1.3 Stav a rovnováha	7
1.4 Termodynamické veličiny	8
1.4.1 Základné stavové veličiny	10
1.4.2 Formy energie, vnútorná energia	13
1.4.3 Odvozené stavové veličiny	15
1.5 Postulát o stave	19
1.6 Termodynamické procesy a cykly	20
2. VLASTNOSTI ČISTÝCH LÁTKOK	22
2.1 Čistá látka	22
2.2 Fázy čistej látky	22
2.3 Opis vlastností čistej látky v termodynamickom systéme	23
2.4 Stavová rovnica ideálneho plynu	24
2.5 Zmesi ideálnych plynov	27
2.5.1 Zloženie zmesi plynov - hmotnostné a mólové zlomky	28
2.5.2 Určenie mólovej hmotnosti a plynovej konštanty zmesi	29
2.5.3 Parciálne objemy, objemová analýza zmesi plynov	30
3. ZÁKON ZACHOVANIA ENERGIE - PRVÝ ZÁKON TERMODYNAMIKY	31
3.1 Prvý zákon termodynamiky pre uzatvorený systém	31
3.1.1 Teplo	31
3.1.2 Práca	32
3.1.3 Objemová práca	34
3.1.4 Vnútorná energia	36
3.1.5 Matematická formulácia prvého zákona termodynamiky pre uzavretý systém	37
3.1.6 Špecifické tepelné kapacity plynov	41
3.1.7 Vnútorná energia ideálnych plynov	43
3.2 Prvý zákon termodynamiky pre otvorený systém	45
3.2.1 Zákon zachovania hmotnosti pre otvorený systém	45
3.2.2 Zákon zachovania energie pre otvorený systém	47
3.2.3 Technická práca	53
3.2.4 Entalpia ideálneho plynu	54
4. ENERGETICKÁ ANALÝZA ZÁKLADNÝCH TERMODYNAMICKÝCH PROCESOV	57
4.1 Základné vratné procesy	58

5. DRUHÝ ZÁKON TERMODYNAMIKY	70
5.1 Úvod do druhého zákona termodynamiky	70
5.2 Zásobníky tepelnej energie	71
5.3 Tepelné termodynamické obehý a ich rozdelenie	72
5.3.1 Tepelné motory a ich hodnotenie	74
5.3.2 Chladiace stroje a tepelné čerpadlá a ich hodnotenie	77
5.4 Vratné a nevratné procesy a cykly	82
5.5 Vratný Carnotov cyklus	83
5.6 Carnotov chladiaci stroj a tepelné čerpadlo	88
5.7 Carnotové princípy	89
6. ENTROPIA	91
6.1 Clausiusova nerovnosť.....	91
6.2 Entropia	94
6.3 Princíp vzrastu entropie	96
6.4 Čo je vlastne entropia?	105
6.5 Všeobecné rovnice zmien entropie	106
6.5.1 Zmena entropie ideálneho plynu	108
6.6 Vlastnosti entropických diagramov ideálnych plynov	110
6.7 Príčiny zmeny entropie a jej určovanie pri nevratných procesoch	116
6.8 Termodynamická účinnosť zariadení stacionárneho prúdenia	122
7. ANALÝZA TECHNICKÝCH SYSTÉMOV PODĽA DRUHÉHO ZÁKONA TERMODYNAMIKY ...	127
7.1 Exergia - maximum potenciálnej práce	127
7.1.1 Exergia tepla	129
7.1.2 Exergia prúdu pracovnej látky (hmotnostného toku)	131
7.2 Vratná práca, užitočná práca a strata nevratnosťou	134
7.3 Exergetická analýza uzavretých systémov	136
7.4 Exergetická analýza otvorených stacionárnych systémov	143
7.5 Exergetická analýza otvorených nestacionárnych systémov	147
7.6 Účinnosť podľa druhého zákona, exergetická účinnosť	154
8. VLASTNOSTI SKUTOČNÝCH (REÁLNYCH) PLYNOV A PÁR	158
8.1 Pary a reálne plyny	158
8.2 T-s diagram pre oblasť kvapalín a pár	161
8.3 Tabuľky vlastností fáz čistej látky	163
8.4 h-s diagram vodnej pary	164
8.5 Určovanie stavu sytej kvapaliny	165
8.6 Určenie stavu zmesi sytej kvapaliny a sytej pary	167
8.7 Základné termodynamické procesy v oblasti kvapalín a pár	169
8.8 Stavové správanie sa reálnych plynov	175
8.8.1 Súčiniteľ stlačiteľnosti	175
8.8.2 Stavové rovnice reálnych plynov	178
8.9 Vzťahy termodynamických vlastností reálnych plynov	181
8.9.1 Maxwelllove vzťahy	182
8.9.2 Všeobecné vzťahy pre du , dh , ds , c_v a c_p	183

8.9.3 Jouleov-Thomsonov súčiniteľ	191
8.9.4 Clapeyronova-Clausiusova rovnica	193
9. IDEÁLNE CYKLY TEPELNÝCH MOTOROV	196
9.1 Plynové cykly tepelných motorov - základné úvahy o analýze	197
9.1.1 Ottov cyklus - ideálny cyklus zážihových motorov	200
9.1.2 Dieselov cyklus - ideálny cyklus vznietových spaľovacích motorov	202
9.1.3 Stirlingov a Ericssonov cyklus	205
9.1.4 Vraytonov cyklus - ideálny cyklus plynových turbín	208
9.1.5 Braytonov cyklus s regeneráciou	212
9.1.6 Ideálny cyklus prúdového pohonu	214
9.1.7 Exergetická analýza plynových silových cyklov	217
9.2 Parné cykly tepelných motorov	218
9.2.1 Clausiusov-Rankinov parný cyklus	219
9.2.2 Ideálny Clausiusov-Rankinov cyklus s medziprehriatím pary	224
10. CHLADIACE CYKLY	226
10.1 Chladiace stroje a tepelné čerpadlá	226
10.2 Ideálny parný kompresorový chladiaci cyklus	228
10.3 Výber správneho chladiwa	231
11. PRACOVNÝ PROCES KOMPRESOROV	233
11.1 Pracovný proces skutočných piestových kompresorov	235
11.2 Viacstupňová kompresia s medzichladením	238
12. PLYNOVOPARNÉ ZMESI A KLIMATIZÁCIA	241
12.1 Suchý a vlhký vzduch	241
12.2 Vyjadrenie vlhkosti vzduchu	242
12.3 Entalpia vlhkého vzduchu	244
12.4 Teplota rosného bodu	245
12.5 Teplota adiabatického ochladenia a teplota mokrého teplomeru	246
12.6 Mollierov h-x diagram vlhkého vzduchu	249
12.7 Základné procesy úpravy vzduchu (klimatizácie)	250
12.8 Adiabatické miešanie dvoch prúdov vzduchu	252
13. TERMODYNAMIKA PRÚDENIA STLAČITEĽNÝCH TEKUTÍN PRI VYSOKÝCH RÝCHLOS- TIACH	254
13.1 Podmienky riešenia úloh prúdenia stlačiteľných tekutín	254
13.2 Rýchlosť zvuku a Machovo číslo	256
13.3 Statické vlastnosti prúdajúcej tekutiny a vlastnosti tekutiny adiabatického zabrzdeného prúdu	259
13.4 Jednorozmerné izoentropické prúdenie - zmena rýchlosti tekuti- ny s prierezovou plochou	260
13.4.1 Vzťahy vlastností ideálnych plynov v izoentropickom prúde	262

13.5	Izoentropické prúdenie v dýzach	264
13.5.1	Konvergujúce dýzy (zužujúce sa)	265
13.5.2	Lavalova dýza - vplyv protitlaku na prúdenie	268
13.6	Rázová vlna - kolmá rázová vlna	270
13.7	Základný návrh dýz	271
13.8	Skutočné prúdenie plynov a pár	274
14.	TERMODYNAMICKÉ SYSTÉMY S CHEMICKÝMI REAKCIAMI	278
14.1	Palivá a spaľovanie	278
14.2	Teoretické a skutočné procesy spaľovania	280
14.2.1	Spotreba kyslíka a vzduchu	282
14.3	Reakčné teplo, spaľovacie teplo, zlučovacie teplo	285
14.4	Prvý zákon pre analýzu reagujúcich systémov	287
14.4.1	Otvorený systém so stacionárnym procesom spaľovania ...	288
14.5	Teplota adiabatického plameňa	291
14.6	Zmena entropie v systémoch s chemickými reakciami	295
14.7	Analýza systémov s chemickými reakciami podľa druhého zákona termodynamiky	297
	Prílohy - Tabuľka P-1 - P-7	304
	Literatúra	312