

UNIVERSITATEA DIN BACĂU
FACULTATEA DE INGINERIE
SPECIALIZAREA ENERGETICĂ INDUSTRIALĂ

ANETA HAZI

INSTALAȚII
TERMOENERGETICE



Editura ALMA MATER
BACĂU - 2002

CUPRINS

Prefață.....5

1. Mărimi fizice și unități de măsură.....6

2. Elemente de bază de transfer de căldură și masă.....8

 2.1. Modurile de transfer de căldură.....8

 2.2. Mărimi de bază și definiții.....9

 2.3. Analogia electrică a transmisiei căldurii.....10

 2.4. Conducția termică.....10

 2.4.1. Conducția termică prin corpuri solide, omogene, fără surse interioare căldură.....11

 2.4.2. Conducția termică prin corpuri cu straturi compuse. Rezistențe termice de contact.....13

 2.5. Radiația termică.....17

 2.5.1. Definiții. Legi.....17

 2.5.2. Schimbul de căldură prin radiație între corpuri solide separate prin medii transparente.....19

 2.5.3. Schimbul de căldură prin radiație în prezența ecranelor.....20

 2.6. Convecția termică.....23

 2.6.1. Definiții. Legi.....23

 2.6.2. Convecția liberă.....25

 2.6.3. Convecția forțată monofazică în țevi și canale.....26

 2.6.4. Schimbul de căldură la fierbere și condensare.....28

 2.6.4.1. Clasificarea proceselor de fierbere.....28

 2.6.4.2. Regimurile de fierbere.....29

 2.6.4.3. Schimbul de căldură la condensare.....31

 2.7. Procese complexe de schimb de căldură.....32

 2.8. Elemente fundamentale de transfer de masă.....34

 2.8.1. Modurile de transfer de masă.....34

 2.8.2. Transfer de masă prin difuzie moleculară.....35

 2.8.3. Transfer de masă prin convecție.....36

3. Calitatea proceselor energetice.....38

 3.1. Considerații generale.....38

 3.2. Exergia și anergia căldurii.....39

 3.3. Exergia și anergia agenților termici în curgere staționară.....41

 3.4. Pierderi de exergie.....42

 3.5. Randamentul exergetic.....44

 3.6. Studiul exergetic al proceselor de transfer de căldură.....45

4. Instalații termice industriale bazate pe transferul de căldură.....47

Cuprins

4.1. Schimbătoare de căldură recuperatoare.....	47
4.1.1. Noțiuni de bază. Clasificare.....	47
4.1.2. Calculul termic.....	48
4.1.2.1. Ecuații de bază.....	49
4.1.2.2. Diagrame de temperatură. Diferența medie de temperatură.....	51
4.1.2.3. Metode de calcul termic.....	53
4.1.2.3.1. Metoda F.....	53
4.1.2.3.2. Metoda ϵ -NTC.....	54
4.1.2.3.3. Metoda θ -P-R-NTC.....	56
4.2. Schimbătoare de căldură în regim nestaționar.....	57
4.3. Regeneratoare de căldură.....	62
4.3.1. Tipuri constructive reprezentative.....	62
4.3.2. Calculul regeneratoarelor ceramice cu funcționare intermitentă.....	64
4.4. Condensatoare.....	67
4.5. Schimbătoare de căldură cu plăci.....	70
4.5.1. Considerații generale.....	70
4.5.2. Calculul termic	73
4.5.3. Comparația între schimbătoarele de căldură cu plăci și cele tubulare.....	75
4.6. Schimbătoare de căldură cu tuburi termice.....	76
4.7. Calculul constructiv a schimbătoarelor de căldură.....	79
4.7.1. Alegerea principalelor elemente constructive.....	79
4.7.2. Calculul unor elemente constructive.....	82
4.8. Calculul hidraulic al schimbătoarelor de căldură.....	88
4.8.1. Calculul pierderilor de presiune în țevi.....	88
4.8.2. Calculul pierderilor de presiune în spațiul dintre țevi.....	90
4.9. Indici de calitate ai schimbătoarelor de căldură.....	92
4.10. Depunerile în schimbătoarele de căldură.....	95
4.10.1. Clasificarea depunerilor.....	95
4.10.2. Rezistența termică a depunerilor.....	96
4.10.3. Evoluția în timp a depunerilor.....	96
4.10.3. Prevenirea și reducerea depunerilor.....	98
4.11. Vaporizatoare.....	99
4.11.1. Clasificare.	99
4.11.2. Tipuri constructive.....	101
4.11.3. Calculul termic	102
4.11.3.1. Determinarea sarcinii termice.....	102
4.11.3.2. Calculul vaporizatoarelor într-o treaptă.....	104
4.11.3.3. Calculul vaporizatoarelor în mai multe trepte.....	105

Cuprins

4.12. Expandoare.....	108
4.13. Instalații de distilare și rectificare.....	111
4.13.1. Considerații generale.....	111
4.13.2. Instalații de distilare.....	113
4.13.3. Instalații de rectificare.....	115
5. Instalații termice bazate pe transferul de căldură și masă.....	118
5.1. Degazoare.....	118
5.1.1. Considerații generale.....	118
5.1.2. Teoria degazării termice.....	119
5.1.3. Cinetica absorbției.....	120
5.1.4. Tipuri constructive de degazoare.....	123
5.1.5. Calculul degazoarelor termice.....	126
5.2. Instalații de reducere răcire.....	129
5.2.1. Clasificare. Tipuri constructive.....	129
5.2.2. Calculul de dimensionare.....	130
5.3. Turnuri de răcire.....	134
5.3.1. Clasificare. Tipuri constructive.....	134
5.3.2. Mărimi de stare ale aerului umed.....	135
5.3.3. Diagramele aerului umed.....	141
5.3.4. Specificul răcirii prin evaporare.....	143
5.3.5. Calculul termodinamic al turnurilor de răcire.....	144
5.3.6. Aerodinamica turnurilor de răcire.....	147
5.3.7. Hidraulica turnurilor de răcire.....	149
5.4. Instalații de uscare.....	151
5.4.1. Umiditatea de echilibru.....	151
5.4.2. Cinetica uscării.....	152
5.4.3. Clasificare.....	154
5.4.4. Instalații de uscare prin convecție.....	155
5.4.5. Calculul instalațiilor de uscare cu ajutorul diagramei i-x.....	159
5.4.6. Tipuri de instalații de uscare utilizate în industrie.....	160
6. Instalații industriale bazate pe transferul de impuls.....	164
6.1. Curgerea gazelor prin ajutaje.....	165
6.1.1. Ajutajul convergent.....	165
6.1.1. Ajutajul convergent divergent.....	170
6.2. Bilanțul energetic al ejectoarelor.....	172
6.2.1. Bilanțul energetic global.....	172
6.2.2. Bilanțul energetic al ejectorului subsonic cu gaze perfecte.....	174
6.2.3. Bilanțul energetic al ejectorului subsonic cu gaze reale.....	176
6.2.4. Fenomene în camera de amestec.....	178
6.2.5. Bilanțul energetic al ejectorului supersonic cu gaze	

Cuprins

perfecte.....	183
6.2.6. Bilanțul energetic al ejectorului supersonic cu gaze reale.....	185
6.3. Ejectorul cu abur.....	188
7. Instalații termice industriale cu ciclu invers.....	189
7.1. Instalații frigorifice.....	189
7.1.1. Instalații frigorifice cu compresie.....	189
7.1.1.1. Ciclul procesului ideal.....	189
7.1.1.2. Instalația frigorifică reală cu comprimare de vapori într-o singură treaptă.....	191
7.1.1.3. Instalația frigorifică reală cu comprimare de vapori în două trepte.....	193
7.1.1.4. Instalația frigorifică în cascadă.....	195
7.1.2. Instalația frigorifică cu absorbție.....	196
7.2. Pompe de căldură.....	199
7.2.1. Principiul de funcționare.....	199
7.2.2. Pompe de căldură cu aer.....	200
7.2.3. Pompe de căldură cu vapori.....	204
7.2.4. Utilizări ale pompei de căldură.....	207
<i>Bibliografie</i>	209