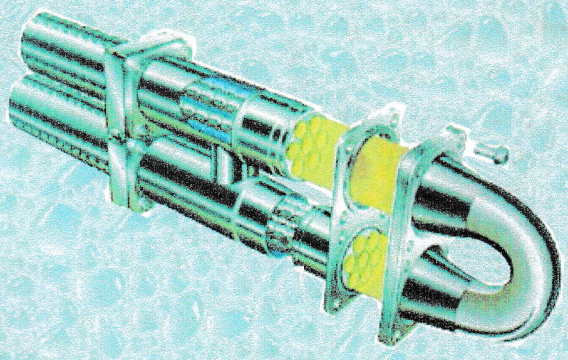
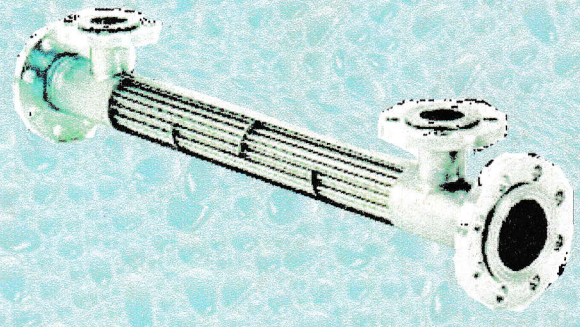
III 18 276.(2)

Nicuşor Vatachi Valeria Miron



UTILAJE TERMICE

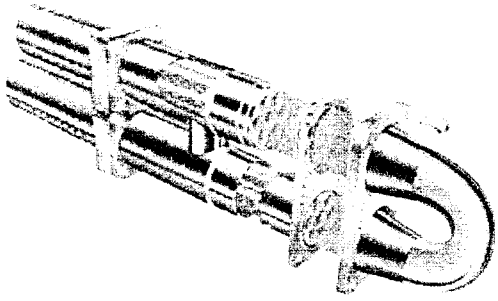
Volumul II



EDITURA FUNDAŢIEI UNIVERSITARE
"DUNĂREA DE JOS" DIN GALAŢI

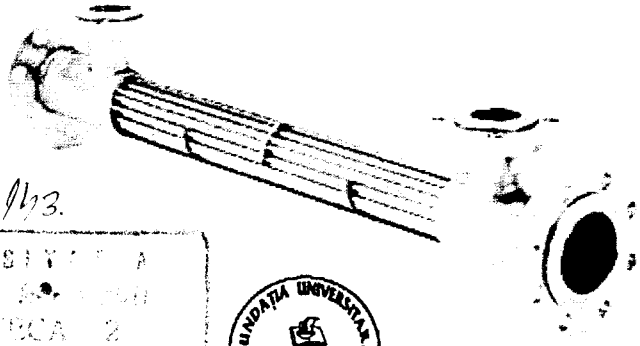
M 18.276(2)

Nicuşor Vatachi **Valeria Miron**



UTILAJE TERMICE

Volumul II



237.II/3.

UNIVERSITATEA
BIBLIOTECA

FUNDAŢIA UNIVERSITARĂ
EDITURA
"Dunărea de Jos"
GALAŢI

EDITURA FUNDATIEI UNIVERSITARE
„DUNAREA DE JOS" DIN GALATI - 2005

C-237143P

UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS" DIN GALAȚI
FACULTATEA DE MECANICĂ

Editura Fundației Universitare "Dunărea de Jos" din Galați
este acreditată de CNCSIS

Recenzia științifică:
Prof.dr.ing.Ion IONIȚĂ
Prof.dr.ing.Tănase PANAIT

©Editura Fundației Universitare
"Dunărea de Jos", Galați, 2005
ISBN 973-627-206-0
ISBN 973-627-208-7 Volumul II

www.editura.ugal.ro
editura@ugal.ro

CUPRINSUL VOLUMULUI I

1. Introducere 1
2. Legile de bază ale transmiterii căldurii 4
2.1. Mărimi de bază şi definiţii 4
2.2. Analogia electrică a transferului de căldură. Conceptul de rezistenţă termică 7
2.3. Modurile fundamentale de transfer al căldurii. Legi de bază 8
2.4. Procese combinate de transfer de căldură 16
2.5. Conducţia termică unidirecţională în regim constant 21
2.5.1. Peretele plan 23
2.5.2. Peretele cilindric 31
2.6. Convecţia termică 40
2.7. Radiaţia termică 42
2.8. Schimbul de căldură prin suprafeţe nervurate 43
2.8.1. Nervuri longitudinale 44
2.8.2. Nervuri radiale 54
2.8.3. Nervuri aciculare (bară) 57
2.8.4. Transferul de căldură printr-un perete plan nervurat 58
3. Schimbătoare de căldură 60
3.1. Consideraţii generale 60
3.1.2. Clasificarea schimbătoarelor de căldură 61
3.1.3. Proprietăţile agenţilor termici 63
3.1.4. Principalele condiţii pe care trebuie să le îndeplinească un schimbător de căldură 64
3.2. Calculul termic al schimbătoarelor de căldură recuperative 64
3.2.2. Mărimile care intervin în calculul termic 64
3.3. Temperaturile fluidelor şi diferenţa medie de temperatură 69
3.3.2. Diagrame de temperatură 69
3.3.3. Diferenţa medie de temperatură 72
3.3.4. Metoda eficienţă termică ε-Număr de unităţi de transfer de căldură NTC 83
3.3.5. Metoda θ-P-R-NTC 89
3.3.6. Depuneri în schimbătoarele de căldură 94
3.3.7. Calculul termic al schimbătoarelor de căldură recuperative 97
3.3.8. Indici de calitate ai schimbătoarelor de căldură 101
4. Dimensionarea economică şi optimizarea schimbătoarelor de căldură 105
4.1. Consideraţii generale 105
4.2. Analiza pierderilor exergetice 108
4.2.1. Calculul pierderilor de exergie datorită frecării 109
4.2.2. Calculul pierderilor de exergie datorită diferene de temperatură între cele două fluide 110
4.2.3. Calculul pierderilor de exergie datorită amestecării fluidelor 112
4.3. Date necesare dimensionării economice 114
4.3.1. Preţul de cost al schimbătorului de căldură 114
4.3.2. Expresia simplificată a coeficientului global de schimb de căldură 115
4.2.3. Expresia simplificată pentru căderea de presiune la curgerea unui fluid prin schimbătorul de căldură 118
Bibliografie 120

CUPRINS VOLUMUL II

Introducere ... 1
Clasificarea aparatelor schimbătoare de căldură ... 1
Alegerea tipului de aparat schimbător de căldură ... 3
Criterii de comparare şi de alegere a aparatelor schimbătoare de căldură ... 5
1. **Aparate schimbătoare de căldură tubulare** ... 7
1.1. Generalităţi ... 7
1.2 Recomandări privind calculul constructiv al aparatelor schimbătoare de căldură tubulare ... 8
1.3 Recomandări privind calculul termic al aparatelor schimbătoare de căldură tubulare ... 17
1.3.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 17
1.3.2. Calculul debitelor de fluide ... 21
1.3.3. Calculul coeficientului de convecţie ... 21
A. Convecţia forţată la curgerea fluidelor prin conducte (ţevi) ... 22
B. Convecţia forţată la curgerea fluidelor prin canale inelare ... 27
C. Convecţia forţată la curgerea fluidelor prin spaţiul dintre corpul aparatului si fascicului de ţevi ... 28
D. Convecţia forţată la curgerea transversală a fluidelor peste o ţeavă verticală ... 28
E. Convecţia forţată la curgerea fluidelor transversal peste un fascicul de ţevi în coridor... ... 29
F. Convecţia forţată la curgerea peliculară a lichidelor pe suprafeţe verticale ... 29
G. Convecţie termică la condensare ... 30
H. Convecţia termică la fierbere sau vaporizare ... 33
1.3.4. Calculul coeficientului total de transfer de căldură ... 35
1.3.5. Calculul densităţilor de flux termic ... 39
1.3.6. Calculul suprafeţei de transfer de căldură ... 40
2. **Schimbătoare de căldură cu ţevi coaxiale (tip ţeavă in ţeavă)** ... 41
Algoritm de calcul ... 44
2.1. Calculul termic ... 44
2.1.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 44
2.1.2. Calculul debitului de apă de răcire ... 45
2.1.3. Stabilirea regimului de curgere ... 45
2.1.4. Calculul coeficientului de convecţie de partea lichidului cald ... 47
2.1.5. Calculul coeficientului de convecţie de partea apei de răcire ... 47
2.1.6. Calculul coeficientului total de transfer de căldură ... 47
2.1.7. Calculul suprafeţei de transfer de căldură ... 48
2.2. Calculul constructiv ... 48
2.2.1. Lungimea totală a ţevilor ... 48
2.2.2. Calculul numărului de elemente ... 48

3. **Schimbătoare de căldură cu elemente** ... 49
Algoritm de calcul ... 50
3.1. Calculul termic ... 50
3.1.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 50
3.1.2. Calculul debitului de lichid rece ... 51
3.1.3. Stabilirea regimului de curgere ... 51
3.1.4. Calculul coeficientului de convecție de partea lichidului cald ... 52
3.1.5. Calculul coeficientului de convecție de partea lichidului rece ... 52
3.1.6. Calculul coeficientului total de transfer de căldură ... 52
3.1.7. Calculul suprafeței de transfer de căldură ... 53
3.2. Calculul constructiv ... 53
3.2.1. Lungimea totală a țevilor... ... 53
3.2.2. Calculul numărului de elemente ... 53
4. **Schimbătoare de căldură multitubulare fără schimbarea stării de agregare** ... 54
Algoritm de calcul ... 58
4.1. Calculul termic ... 58
4.1.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 58
4.1.2. Calculul debitului de fluid rece ... 59
4.1.3. Stabilirea regimului de curgere ... 59
4.1.4. Calculul coeficientului de convecție de partea fluidului cald ... 60
4.1.5. Calculul coeficientului de convecție de partea fluidului rece ... 60
4.1.6. Calculul coeficientului total de transfer de căldură ... 61
4.1.7. Calculul suprafeței de transfer de căldură ... 61
4.2. Calculul constructiv ... 61
4.2.1. Lungimea totală a țevilor... ... 61
4.2.2. Calculul numărului de treceri a fluidului cald prin aparat ... 61
5. **Schimbătoare de căldură multitubulare cu schimbarea stării de agregare** ... 62
A). Condensatoare multitubulare orizontale ... 63
Algoritm de calcul ... 65
5.1. Calculul termic ... 65
5.1.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 65
5.1.2. Calculul debitului de apa de racire ... 66
5.1.3. Stabilirea regimului de curgere ... 66
5.1.4. Calculul coeficientului de convecție de partea fluidului cald ... 66
5.1.5. Calculul coeficientului de convecție de partea apei de răcire ... 67
5.1.6. Calculul densităților de flux termic, raportate la suprafața interioară de transfer de căldură ... 67
5.1.7. Calculul suprafeței de transfer de căldură ... 67
5.2. Calculul constructiv ... 68
5.2.1. Lungimea totală a țevilor... ... 68
5.2.2. Calculul numărului de treceri a fluidului cald prin aparat ... 68
B). Condensatoare multitubulare verticale ... 69
Algoritm de calcul ... 69
5.3. Calculul termic ... 69
5.3.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 69
5.3.2. Calculul debitului de apa de racire ... 70
5.3.3. **Varianta1.** Stabilirea regimului de curgere ... 70
5.3.4. Calculul coeficientului de convecție de partea fluidului cald ... 71
5.3.5. Calculul coeficientului de convecție de partea apei de răcire ... 71

5.3.6. Calculul densităților de flux termic, raportate la suprafața interioară de transfer de căldură ... 71
5.3.7. Calculul suprafeței de transfer de căldură ... 73
5.3.8. **Varianta 2**. Stabilirea regimului de curgere ... 73
5.3.9. Calculul coeficientului de convecție de partea fluidului cald ... 73
5.3.10. Calculul coeficientului de convecție de partea apei de răcire ... 73
5.3.11. Calculul densităților de flux termic, raportate la suprafața interioară de transfer de căldură ... 74
5.3.12. Calculul suprafeței de transfer de căldură ... 75
C). Vaporizatoare frigorifice ... 76
Algoritm de calcul ... 78
5.4. Calculul termic ... 78
5.4.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 78
5.4.2. Calculul debitului de fluid cald ... 79
5.4.3. Stabilirea regimului de curgere ... 79
5.4.4. Calculul coeficientului de convecție de partea fluidului cald ... 80
5.4.5. Calculul coeficientului de convecție de partea fluidului rece ... 80
5.4.6. Calculul densităților de flux termic, raportate la suprafața interioară de transfer de căldură ... 80
5.4.7. Calculul suprafeței de transfer de căldură ... 81
5.5 Calculul constructiv ... 81
5.5.1. Lungimea totală a țevilo ... 81
5.5.2. Calculul numărului de treceri a fluidului cald prin aparat ... 81
6. **Schimbătoare de căldură tip panou (grătar)** ... 83
A). Vaporizatoare de tip panou ... 83
Algoritm de calcul ... 89
6.1. Calculul termic ... 89
6.1.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 89
6.1.2. Calculul debitului agentului intermediar ... 90
6.1.3. Stabilirea regimului de curgere ... 90
6.1.4. Calculul coeficientului de convecție de partea agentului intermediar ... 90
6.1.5. Calculul coeficientului de convecție de partea amoniacului ... 90
6.1.6. Calculul densităților de flux termic ... 91
6.1.7. Calculul suprafeței de transfer de căldură ... 92
6.1.8. Alegerea bazinului de racire ... 92
B).Condensatoare atmosferice (tip panou) ... 93
Algoritm de calcul ... 95
6.2. Calculul termic ... 95
6.2.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 95
6.2.2. Stabilirea regimului de curgere ... 96
6.2.3. Calculul coeficientului de convecție de partea amoniacului ... 96
6.2.4. Calculul coeficientului de convecție de partea apei de răcire ... 96
6.2.5. Calculul densităților de flux termic ... 97
6.2.6. Calculul suprafeței de transfer de căldură ... 100
6.3. Calculul constructiv ... 101
7. **Aparate schimbătoare de căldură cu plăci** ... 102
7.1. Recomandări privind calculul constructiv al aparatelor schimbătoare de căldură cu plăci ... 103
7.2 Recomandări privind calculul termic al aparatelor schimbătoare de căldură cu plăci ... 113

7.2.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 113
7.2.2. Calculul debitelor de lichide ... 114
7.2.3. Stabilirea regimului de curgere ... 114
7.2.4. Calculul coeficientului de convecție ... 115
7.2.5. Calculul coeficientului total de transfer de căldură ... 116
7.2.6. Calculul suprafeței de transfer de căldură ... 116
Algoritm de calcul ... 116
7.3. Calculul termic ... 117
7.3.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 117
7.3.2. Calculul debitelor de agent de încălzire și agent de răcire ... 122
7.3.3. Stabilirea regimului de curgere ... 122
7.3.4. Calculul coeficienților de convecție ... 125
7.3.5. Calculul coeficientului total de transfer de căldură ... 125
7.3.6. Calculul suprafețelor de transfer de căldură ... 125
8. **Aparate schimbătoare de căldură nervurate...** ... 127
8.1. Recomandări privind calculul constructiv al aparatelor schimbătoare de căldură nervurate ... 128
A). Baterii de incălzire ... 128
B). Baterii de racire ... 142
C). Condensatoare răcite cu aer ... 144
D). Răcitoare de aer ... 146
8.2. Recomandări privind calculul termic al aparatelor schimbătoare de căldură nervurate ... 156
8.2.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 156
8.2.2. Calculul debitului de fluid ... 158
8.2.3. Calculul coeficientului de convecție ... 158
A. Convecția forțată la curgerea fluidelor prin conducte (țevi) 159
B. Convecție termică la condensare 162
C. Convecția termică la fierbere sau vaporizare 162
D. Convecția termică la curgerea aerului peste un fascicul de țevi nervurate ... 163
8.2.4. Calculul coeficientului total de transfer de căldură ... 167
8.2.5. Calculul densităților de flux termic ... 168
8.2.6. Calculul suprafeței de transfer de căldură ... 168
8.3. Algoritmi de calcul pentru diferite schimbătoare de căldură nervurate ... 168
A). Baterie de încălzire cu abur ... 168
8.3.1. Calculul termic ... 169
8.3.2. Calculul constructiv ... 171
B). Condensator răcit cu aer ... 172
8.3.3. Calculul termic ... 172
8.3.4. Calculul constructiv ... 175
C). Baterii de racire cu apă ... 176
8.3.5. Calculul termic ... 176
8.3.6. Calculul constructiv ... 179
D). Baterii de încălzire cu apă caldă sau cu apă supraîncălzită ... 179
8.3.7. Calculul termic ... 180
8.3.8. Calculul constructiv ... 183
E). Răcitor de aer cu saramură ... 184
8.3.9. Calculul termic ... 184
8.3.10.Calculul constructiv ... 190

F). Răcitor de aer cu amoniac ... 191
8.3.11.Calculul termic ... 191
8.3.12.Calculul constructiv ... 196
9. **Aparate schimbătoare de căldură cu manta** ... 198
9.1. Recomandări constructive ... 199
9.2. Recomandări privind calculul termic ... 200
9.2.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 200
9.2.2. Calculul debitelor de agent de încălzire sau răcire ... 202
9.2.3. Calculul coeficienților de convecție ... 203
9.2.4. Calculul coeficientului total de transfer de căldură ... 205
9.2.5. Calculul suprafeței de transfer de căldură ... 206
9.2.6. Calculul duratei procesului de încălzire sau răcire ... 206
Algoritm de calcul ... 206
9.3. Calculul termic ... 206
9.3.1. Stabilirea regimului de temperaturi ... 206
9.3.2. Calculul debitului de abur de încălzire ... 207
9.3.3. Calculul coeficientului de convecție de partea aburului ... 207
9.3.4. Calculul coeficientului de convecție de partea produsului alimentar ... 207
9.3.5. Calculul coeficientului total de transfer de căldură ... 207
9.3.6. Calculul suprafeței de transfer de căldură ... 207
Bibliografie ... 208