

SPIS TREŚCI

Przedmowa 11

Wykaz ważniejszych oznaczeń 13

1. Wprowadzenie i podstawy termodynamiki 15

1.1. Wprowadzenie 15

1.2. Własności fizyczne płynów 16

1.3. Stan fizyczny substancji 18

1.4. Własności gazów i par 23

1.5. Zasady termodynamiki i przemiany termodynamiczne 26

1.6. Roztwory czynników chłodniczych 36

2. Obieg chłodniczy sprężarkowy 39

2.1. Obieg Carnota 39

2.2. Obieg Lorenza 40

2.3. Obieg Lindego 42

2.4. Obieg Joule'a 44

3. Czynniki chłodnicze i chłodziwa 47

3.1. Czynniki chłodnicze 47

3.1.1. Systematyka czynników chłodniczych	48
3.1.2. Wskaźniki ekologicznej oceny czynników chłodniczych	51
3.1.3. Regulacje ograniczające stosowanie czynników chłodniczych	57
3.1.4. Ocena własności termodynamicznych czynników chłodniczych	60
3.1.5. Charakterystyka wybranych czynników chłodniczych	66
3.2. Chłodziwa	81
3.2.1. Solanki	82
3.2.2. Chłodziwa pochodzenia organicznego	85
3.2.3. Lód zawieszinowy	86
3.3. Oleje chłodnicze	87
4. Analiza urządzeń chłodniczych sprężarkowych	93
4.1. Urządzenia jednostopniowe	93
4.2. Urządzenia dwustopniowe	98
4.2.1. Sprężanie dwustopniowe	98
4.2.2. Urządzenia dwustopniowe z jednostopniowym dławieniem	99
4.2.3. Urządzenia dwustopniowe z dwustopniowym dławieniem	102
4.3. Urządzenia kaskadowe	103
4.4. Pompy ciepła	104
5. Urządzenia chłodnicze niskotemperaturowe	109
5.1. Obieg Lindego	109
5.2. Obieg Claude'a	111
5.3. Obieg Kapicy	112
6. Urządzenia absorpcyjne	115
6.1. Podstawy termodynamiki roztworów	115
6.2. Obieg urządzenia absorpcyjnego	120
7. Analiza pracy absorpcyjnych i strumienicowych urządzeń chłodniczych	123
7.1. Wielokrotność cyrkulacji roztworu	123

7.1.1. Bilans strumieni masy roztworu dwóch cieczy	123
7.1.2. Bilans strumieni masy roztworu soli w cieczy	124
7.2. Urządzenie absorpcyjne amoniakalno-wodne	125
7.3. Urządzenie absorpcyjne amoniakalno-wodne z gazem wyrównawczym	129
7.4. Urządzenie absorpcyjne bromolitowe	130
7.5. Absorpcyjne pompy ciepła	134
7.6. Transformator ciepła	136
7.7. Urządzenie chłodnicze strumienicowe	140
8. Powietrze wilgotne	145
8.1. Wilgotność bezwzględna	145
8.2. Zawartość wilgoci	146
8.3. Wilgotność względna	146
8.4. Entalpia powietrza wilgotnego	147
8.5. Ciepło właściwe powietrza wilgotnego	147
8.6. Objętość właściwa powietrza wilgotnego	148
8.7. Wykres własności powietrza wilgotnego	148
8.8. Temperatura termometru mokrego	149
8.9. Temperatura punktu rosy	149
9. Procesy wymiany ciepła i masy w powietrzu wilgotnym	151
9.1. Konstrukcja wykresu Molliera $h-X$	151
9.2. Charakterystyczne przemiany powietrza wilgotnego na wykresie Molliera	155
9.3. Ogrzewanie oraz ochładzanie powietrza przez powierzchnie suche	156
9.4. Ogrzewanie oraz ochładzanie powietrza przez powierzchnie wilgotne	157
9.5. Nawilżanie izotermiczne powietrza	160
9.6. Nawilżanie adiabatyczne powietrza	161
9.7. Liczba Lewisa	162
9.8. Adiabatyczne chemiczne procesy osuszania powietrza	165

9.9. Potencjał entalpii	165
10. Jakość powietrza w systemach klimatyzacji	169
11. Obiegi klimatyzacyjne powietrza wilgotnego	173
11.1. Obiegi klimatyzacyjne o przeważających zyskach wilgoci	173
11.2. Obiegi klimatyzacyjne o przeważających zyskach ciepła jawnego	177
12. Systemy klimatyzacji	183
12.1. Systemy wielostrefowe z podgrzewem wtórnym	183
12.2. Systemy o zmiennym strumieniu objętości powietrza	184
12.3. Systemy zdecentralizowane	185
12.4. Systemy jednostrefowe	186
13. Obliczanie obciążenia chłodniczego	189
13.1. Strumień ciepła przenikający przez przegrodę budowlaną	190
13.2. Zyski ciepła pochodzące od promieniowania słonecznego	192
13.2.1. Strumień ciepła pochodzący od bezpośredniego promieniowania słonecznego	193
13.2.2. Strumień ciepła pochodzący od promieniowania słonecznego przekazywany przez okna	200
13.3. Zyski ciepła pochodzące od ochładzanych towarów	204
13.4. Zyski ciepła spowodowane wentylacją	207
13.5. Zyski ciepła spowodowane infiltracją powietrza zewnętrznego	207
13.6. Zyski ciepła wytwarzane przez silniki elektryczne	209
13.7. Zyski ciepła wytwarzane przez oświetlenie elektryczne	209
13.8. Zyski ciepła pochodzące od ludzi	210
13.9. Zyski ciepła utajonego spowodowane odprowadzaniem wilgoci	211
14. Sprężarki chłodnicze	213
14.1. Sprężarki tłokowe	213
14.2. Sprężarki śrubowe	221
14.3. Sprężarki łopatkowe	224

14.4. Sprężarki spiralne 225

14.5. Sprężarki odśrodkowe 227

15. Wymienniki ciepła 235

15.1. Skraplacze 235

15.1.1. Skraplacze chłodzone wodą 235

15.1.2. Skraplacze natryskowo-wyparne 236

15.1.3. Skraplacze chłodzone powietrzem 237

15.2. Parowniki 239

15.2.1. Parowniki suche 240

15.2.2. Parowniki zalane 241

15.2.3. Parowniki mokre 242

15.2.4. Wężownice chłodzące 245

15.3. Absorbery 245

15.3.1. Absorbery zalane 245

15.3.2. Absorbery z wypełnieniem 246

15.3.3. Absorbery zroszeniowe 246

15.4. Warniki 247

15.5. Przegrzewacze pary 249

15.6. Wodne nawilżacze powietrza 250

15.7. Chłodnie wieżowe wody 251

16. Agregaty skraplające i chłodnicze 257

17. Zasilanie parowników chłodniczych 261

17.1. Elementy rozprężne 261

17.1.1. Termostatyczne zawory rozprężne 261

17.1.2. Automatyczne zawory rozprężne 265

17.1.3. Rurki kapilarne 266

17.1.4. Pływakowe zawory rozprężne 268

17.1.5. Ręczne zawory rozprężne	269
17.1.6. Dobór zaworu rozprężnego	270
17.2. Systemy zasilania parowników	270
17.2.1. Zasilanie parowników suchych	270
17.2.2. Zasilanie oddzielnicy cieczy	272
18. Przewody chłodnicze	279
18.1. Przewody cieczowe	279
18.2. Przewody parowe	280
18.3. Spadki ciśnienia w przewodach chłodniczych	283
19. Przewody powietrzne	293
19.1. Obliczanie spadku ciśnienia statycznego	294
19.2. Wymiarowanie przewodów powietrznych	298
19.3. Moc napędowa wentylatora i podobieństwo dynamiczne wentylatorów	302
19.4. Optymalizacja układów rozprowadzania powietrza	302
19.5. Rozdział powietrza w pomieszczeniach	305
Literatura	309
Załącznik	313
1. Własności termodynamiczne powietrza wilgotnego nasyconego	313
2. Własności termodynamiczne czynników chłodniczych	318
2.1. Woda (R718)	318
2.2. Amoniak (R717)	321
2.3. Propan (R290)	325
2.4. Izobutan (R600a)	329
2.5. Dwutlenek węgla (R744)	333
2.6. Czynnik R134a	336
2.7. Czynnik R410A	340
2.8. Czynnik R134a	343

2.9. Czynnik R32 347

2.10. Czynnik R1336mzzZ 351

3. Roztwory stosowane w absorpcyjnych urządzeniach chłodniczych 355

4. Wybrane zależności do obliczania własności termodynamicznych czynników chłodniczych 358