

Spis treści

Przedmowa do trzeciego wydania / 10

Wykaz ważniejszych oznaczeń / 13

1. Teoretyczne podstawy chłodnictwa / 14

1.1. Pojęcia podstawowe / 14

1.2. Teoretyczne podstawy chłodnictwa / 17

2. Obiegi sprężarkowych chłodziarek i pomp ciepła / 25

2.1. Chłodziarki gazowe / 25

2.2. Parowe chłodziarki i pompy ciepła / 31

2.2.1. Teoretyczne obiegi chłodziarek i pomp ciepła / 31

2.2.2. Metody zmniejszania strat dławienia / 37

2.2.3. Rzeczywiste obiegi chłodziarek i pomp ciepła / 46

2.2.4. Obiegi kaskadowe i nadkrytyczne / 48

2.2.5. Obiegi ze sprężarkami strumienicowymi / 54

2.3. Komputerowe wspomaganie obliczeń obiegów chłodniczych / 60

3. Sorpcyjne chłodziarki i pompy ciepła / 62

3.1. Podstawy teoretyczne / 62

3.2. Amoniakalne, absorpcyjne chłodziarki i pompy ciepła / 68

3.3. Bromolitowe, absorpcyjne chłodziarki i pompy ciepła / 77

3.4. Chłodziarki adsorpcyjne / 82

4. Inne technologie chłodzenia i ogrzewania / 84

4.1. Termoelektryczne chłodziarki i pompy ciepła / 84

4.2. Inne technologie chłodziarek i pomp ciepła / 88

4.3. Układy poligeneracyjne / 92

5. Czynniki chłodnicze, nośniki chłodu i oleje smarowe / 107

5.1. Czynniki chłodnicze / 107

5.1.1. Historia rozwoju czynników chłodniczych i ich oznaczanie / 108

5.1.2. Wybrane właściwości czynników chłodniczych / 113

5.1.3. Wpływ czynników chłodniczych na środowisko globalne i lokalne / 118

5.1.4. Regulacje prawne dotyczące stosowania czynników chłodniczych / 126

5.1.5. Wpływ polityki energetyczno-klimatycznej UE na technikę chłodniczą / 130

5.2. Nośniki chłodu / 136

5.3. Oleje smarowe / 144

6. Elementy składowe chłodziarek i pomp ciepła / 149

6.1. Sprężarki / 149

6.1.1. Rozwiązania konstrukcyjne / 149

6.1.2. Napędy sprężarek i regulacja prędkości obrotowej wału / 171

6.2. Wymienniki ciepła / 176

6.2.1. Wpływ procesów wymiany ciepła w wymiennikach na efektywność energetyczną chłodziarek i pomp ciepła / 176

6.2.2. Klasyfikacja i konstrukcja wymienników ciepła / 179

- 6.2.3. Charakterystyki statyczne wymienników ciepła / 198
- 6.3. Elementy rozprężne / 202
- 6.4. Przewody: materiały, połączenia i prowadzenie rur, wykrywanie nieszczelności / 211
- 6.5. Armatura i urządzenia pomocnicze / 225
 - 6.5.1. Armatura / 225
 - 6.5.2. Filtry-odwilżacze czynnika chłodniczego / 228
 - 6.5.3. Wzierniki / 230
 - 6.5.4. Odolejające / 232
 - 6.5.5. Zbiorniki ciekłego czynnika / 233
 - 6.5.6. Wyłączniki ciśnieniowe i temperaturowe (presostaty i termostaty) / 234
 - 6.5.7. Filtry / 235
 - 6.5.8. Tłumiki drgań i hałasów / 236
- 6.6. Regulatory i sterowniki / 238

7. Regulacja sprężarkowych urządzeń chłodniczych i pomp ciepła / 249

- 7.1. Samoregulacja w sprężarkowych urządzeniach chłodniczych / 249
- 7.2. Regulacja wydajności sprężarek chłodniczych i grzejnych / 251
 - 7.2.1. Regulacja dwustanowa (włącz/wyłącz) / 251
 - 7.2.2. Regulacja przez zmianę liczby pracujących cylindrów w sprężarkach tłokowych lub liczby sprężarek w zespołach wielosprężarkowych / 255
 - 7.2.3. Regulacja przez zmianę prędkości obrotowej wału sprężarek / 256
 - 7.2.4. Regulacja upustowa / 262
 - 7.2.5. Regulacja przez dławienie ciśnienia pary w przewodzie ssawnym / 262
 - 7.2.6. Inne metody regulacji wydajności / 264
 - 7.2.7. Porównanie metod regulacji wydajności pod względem energetycznym / 265
- 7.3. Regulacja wymienników ciepła / 266
 - 7.3.1. Parowacze / 266
 - 7.3.2. Skraplacze / 267

8. Zespoły (agregaty) chłodnicze/grzewcze / 270

- 8.1. Sprężarkowe zespoły (agregaty) chłodnicze / 270
- 8.2. Sprężarkowe zespoły (agregaty) skraplające / 272
- 8.3. Kompletne zespoły (agregaty) chłodnicze/grzewcze / 275
 - 8.3.1. Sprężarkowe wytwornice wody lodowej / 276
 - 8.3.2. Absorpcyjne wytwornice wody lodowej / 292
 - 8.3.3. Ocena cech użytkowych wytwornic wody lodowej / 294

9. Systemy chłodzenia/ogrzewania obiektów / 300

- 9.1. Systemy bezpośrednie / 301
 - 9.1.1. Urządzenia do bezpośredniego chłodzenia/ogrzewania / 301
 - 9.1.2. Systemy VRV (VRF) / 313
 - 9.1.3. Ograniczenia w stosowaniu bezpośrednich systemów chłodzenia/ogrzewania / 322
- 9.2. Systemy pośrednie / 323
- 9.3. Systemy z pętlą wodną (WLHP – WET) / 334
- 9.4. Instalacje nośników chłodu / 336

10. Wyparne chłodzenie wody i powietrza / 339

- 10.1. Wyparne chłodzenie wody / 339
 - 10.1.1. Obliczenia cieplne otwartej chłodni wieżowej / 339
 - 10.1.2. Budowa chłodni wieżowych / 343

- 10.1.3. Jakość wody w układach chłodzenia i metody jej korekcji / 349
- 10.2. Wyparne chłodzenie powietrza / 352

11. Pompy ciepła / 355

- 11.1. Chłodziarka a pompa ciepła – podobieństwa i różnice / 355
- 11.2. Klasyfikacja, oznaczanie, budowa i charakterystyki pomp ciepła / 359
 - 11.2.1. Klasyfikacja i oznaczanie / 359
 - 11.2.2. Budowa pomp ciepła / 361
 - 11.2.3. Charakterystyki sprężarkowych pomp ciepła / 367
- 11.3. Pompy ciepła w systemach ogrzewania i klimatyzacji / 377
 - 11.3.1. Dolne źródła pomp ciepła i instalacje do pozyskiwania ciepła niskotemperaturowego / 378
 - 11.3.2. Współpraca sprężarkowych pomp ciepła z instalacjami odbiorczymi / 398
- 11.4. Energetyczne, ekologiczne i ekonomiczne aspekty stosowania pomp ciepła / 406
 - 11.4.1. Aspekty energetyczne / 407
 - 11.4.2. Aspekty ekologiczne / 409
 - 11.4.3. Aspekty ekonomiczne / 425
- 11.5. Pompy ciepła w Polsce / 434

12. Niezawodność i trwałość instalacji chłodniczych i pomp ciepła / 447

- 12.1. Informacje ogólne i podstawowe definicje / 447
- 12.2. Niezawodność i trwałość instalacji chłodniczych i pomp ciepła / 450
 - 12.2.1. Informacje ogólne / 450
 - 12.2.2. Agregaty sprężarkowe / 452
 - 12.2.3. Wymienniki ciepła / 458
 - 12.2.4. Elementy rozprężne / 460
 - 12.2.5. Rurociągi czynnika chłodniczego / 461
 - 12.2.6. Czynniki chłodnicze / 465
 - 12.2.7. Urządzenia sterujące (sterowniki) / 466
- 12.3. Niezawodność i trwałość mebli chłodniczych / 467
- 12.4. Ogólne zalecenia dotyczące zapewnienia niezawodności i trwałości instalacji chłodniczych i pomp ciepła / 468
- Bibliografia do rozdz. 12 / 470

13. Wybrane aspekty wymiany ciepła w przepływowych wymiennikach urządzeń chłodniczych i pomp ciepła / 472

- 13.1. Uwagi ogólne / 472
- 13.2. Sprawność wymienników ciepła / 472
- 13.3. Intensyfikacja procesów wymiany ciepła / 478
 - 13.3.1. Intensyfikacja konwekcyjnych procesów wymiany ciepła / 483
 - 13.3.2. Intensyfikacja wymiany ciepła w procesach przemian fazowych / 489
- 13.4. Skutki intensyfikacji procesów w wymiennikach ciepła / 506
- Bibliografia do rozdz. 13 / 508

14. Wybrane zagadnienia eksploatacji oraz obsługi instalacji chłodniczych i pomp ciepła / 510

- 14.1. Definicje i zagadnienia ogólne / 510
- 14.2. Bezpieczeństwo eksploatacji urządzeń/instalacji chłodniczych i pomp ciepła / 513
- 14.3. Eksploatacja i obsługa urządzeń chłodniczych w systemach klimatyzacji / 522

14.3.1. Ogólne zasady obsługi, eksploatacji i kontroli urządzeń chłodniczych /	522
14.3.2. Rozruch, eksploatacja i obsługa sprężarkowych wytwornic wody lodowej (WWL) oraz instalacji wody lodowej /	524
14.4. Czynniki chłodnicze/robocze i oleje w instalacjach chłodniczych /	535
14.5. Eksploatacja i obsługa elementów instalacji wody lodowej i obiegowej /	541
14.5.1. Rurociągi /	541
14.5.2. Armatura odcinająca, odpowietrzniki, zawory spustowe, filtry, separatory /	543
14.5.3. Urządzenia i armatura zabezpieczająca /	543
14.5.4. Sprzęgła hydrauliczne i zbiorniki buforowe /	545
14.5.5. Pompy obiegowe /	546
14.6. Okresowa kontrola bezpośrednich systemów chłodzenia budynków /	548
14.6.1. Procedura kontroli /	550
14.6.2. Zalecenia dotyczące zakresu kontroli /	556
14.6.3. Kontrola urządzeń chłodniczych i klimatyzacyjnych /	558
14.7. Instalacje z pompami ciepła – najczęstsze zakłócenia w eksploatacji, ich prawdopodobne przyczyny i sposoby usuwania /	560
14.7.1. Informacje wstępne /	560
14.7.2. Zakłócenia spowodowane błędnym doбором mocy grzewczej pompy ciepła /	563
14.7.3. Zakłócenia w eksploatacji instalacji dolnego źródła ciepła /	564
Bibliografia do rozdz. 14 /	569

15. Przykłady obliczeniowe / 571

Bibliografia / 598

Załączniki: wykresy i tablice właściwości czynników chłodniczych, roztworów roboczych i nośników chłodu/ciepła / 604

Wykaz firm oraz instytucji, których materiały techniczne wykorzystano w książce / 642