

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. Odolejacze	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

oprac. BPK