

Spis treści

Przedmowa / 15

1. Fizyczne podstawy chłodnictwa / 17

- 1.1. Jednostki miar / 17
- 1.2. Podstawy termodynamiki / 21
 - 1.2.1. Temperatura / 21
 - 1.2.2. Ciśnienie / 24
 - 1.2.3. Prawo Boyle'a-Mariotte'a / 29
 - 1.2.4. Prawo Gay-Lussaca / 30
 - 1.2.5. Prawo Charlesa / 31
 - 1.2.6. Prawo Clapeyrona / 31
 - 1.2.7. Objętość właściwa, gęstość, ciężar właściwy / 32
 - 1.2.8. Prawo Daltona / 33
 - 1.2.9. Gaz i para / 34
 - 1.2.10. Powietrze wilgotne / 34
- 1.3. Energia / 37
 - 1.3.1. Energia wewnętrzna / 38
 - 1.3.2. Energia wewnętrzna właściwa / 38
- 1.4. Praca / 38
- 1.5. Ciepło / 39
 - 1.5.1. Ciepło właściwe / 40
- 1.6. Entalpia / 41
 - 1.6.1. Entalpia właściwa / 42
- 1.7. Moc / 42
- 1.8. Zmiany stanu skupienia / 43
 - 1.8.1. Topnienie i krzepnięcie / 44
 - 1.8.2. Parowanie i skraplanie / 44
 - 1.8.3. Sublimacja i resublimacja / 47

- 1.8.4. Temperatura krytyczna / 48
- 1.8.5. Punkt potrójny / 48
- 1.9. Wymiana ciepła / 48
- 1.9.1. Przewodzenie / 49
- 1.9.2. Konwekcja / 51
- 1.9.3. Przenikanie ciepła / 52
- 1.9.4. Promieniowanie / 53

2. Sposoby uzyskiwania obniżonych temperatur / 56

- 2.1. Chłodzenie termoelektryczne / 56
- 2.2. Chłodzenie przez rozprężanie / 63
- 2.3. Chłodzenie wykorzystujące zmianę stanu skupienia / 65
- 2.3.1. Topnienie / 65
- 2.3.2. Sublimacja / 66
- 2.3.3. Parowanie i wrzenie / 67
- 2.4. Uproszczone urządzenie chłodnicze / 70

3. Zasady działania chłodziarek sprężarkowych / 71

- 3.1. Schemat sprężarkowego urządzenia chłodniczego / 71
- 3.2. Zmiany ciśnienia podczas obiegu chłodniczego / 72
- 3.3. Zmiany temperatury podczas obiegu chłodniczego / 74
- 3.4. Bilans cieplny obiegu chłodniczego / 75
- 3.5. Zmiany stanu skupienia czynnika chłodniczego podczas obiegu w urządzeniu sprężarkowym / 77

4. Absorpcyjne urządzenia chłodnicze / 79

- 4.1. Zasady działania absorpcyjnych urządzeń chłodniczych / 79
- 4.2. Absorpcyjna chłodziarka domowa / 82
- 4.3. Regulacja wydajności chłodniczej chłodziarek absorpcyjnych / 85

5. Czynniki chłodnicze / 87

- 5.1. Wstęp / 87
- 5.2. Oznaczanie czynników chłodniczych / 89
- 5.3. Wpływ czynników chłodniczych na atmosferę ziemską. Ekologiczne wskaźniki oceny czynników chłodniczych / 92
- 5.3.1. Degradacja ozonu stratosferycznego / 92
- 5.3.2. Tworzenie efektu cieplarnianego / 93
- 5.3.3. Redukcja zużycia substancji zubożających warstwę ozonową wg zaleceń Protokołu Montrealskiego (z poprawkami) / 94

- 5.4. Termodynamiczna ocena czynników chłodniczych / 96
- 5.5. Wycofywane czynniki chłodnicze / 97
 - 5.5.1. Czynnik R11 (CFC11) / 97
 - 5.5.2. Czynnik R12 (CFC12) / 97
 - 5.5.3. Czynnik R502 / 98
 - 5.5.4. Czynnik R22 (CHFC22) / 99
- 5.6. Zamienniki wycofywanych czynników chłodniczych / 100
 - 5.6.1. Czynnik R123 (CHFC123) / 101
 - 5.6.2. Czynnik R134a (HFC134a) / 102
 - 5.6.3. Czynnik R401A / 103
 - 5.6.4. Czynnik R402A / 103
 - 5.6.5. Czynnik R407C / 103
 - 5.6.6. Czynnik R507 / 104
- 5.7. Naturalne czynniki chłodnicze / 105
 - 5.7.1. Amoniak R717 (NH_3) / 105
 - 5.7.2. Dwutlenek węgla R744 (CO_2) / 106
 - 5.7.3. Propan R290 (C_3H_8) / 107
 - 5.7.4. Izobutan R600a ($(\text{CH})_3\text{—CH}$) / 108
- 5.8. Wymiana nieekologicznych czynników chłodniczych w eksploatowanych urządzeniach / 109
 - 5.8.1. Metoda drop-in / 109
 - 5.8.2. Retrofit / 110
 - 5.8.3. Odzyskiwanie czynników chłodniczych / 111

6. Rurociągi chłodnicze / 113

- 6.1. Rury miedziane / 113
- 6.2. Rury stalowe / 119
- 6.3. Łączenie rur metodą Lokringa / 120

7. Sprężarki / 121

- 7.1. Wstęp / 121
- 7.2. Klasyfikacja i zakresy stosowania sprężarek / 121
- 7.3. Zasada działania sprężarki tłokowej / 124
- 7.4. Budowa sprężarki tłokowej / 126
- 7.5. Smarowanie sprężarek / 129
 - 7.5.1. Smarowanie sprężarek freonowych / 129
 - 7.5.2. Smarowanie sprężarek amoniakalnych / 130
- 7.6. Chłodzenie sprężarek / 130
- 7.7. Napęd sprężarek / 131
- 7.8. Sprężarki hermetyczne i półhermetyczne / 131

- 7.9. Sprężarki rotacyjne / 135
- 7.10. Sprężarki śrubowe / 138
- 7.11. Agregaty sprężarkowe i skraplające / 139

8. Parowniki i skraplacze małych i średnich urządzeń chłodniczych / 141

- 8.1. Funkcjonowanie parowników i chłodnic powietrza / 141
 - 8.1.1. Wydajność chłodnicy powietrza / 143
 - 8.1.2. Praktyczny sposób uwzględniania wpływu wilgoci na wydajność chłodnicy powietrza / 144
- 8.2. Przegląd konstrukcji parowników i chłodnic powietrza / 146
 - 8.2.1. Parowniki produkcji PPUCh Tarczyn do mebli chłodniczych / 146
 - 8.2.2. Chłodnice wentylatorowe produkcji PPUCh Tarczyn / 148
 - 8.2.3. Parowniki domowego sprzętu chłodniczego / 151
- 8.3. Funkcjonowanie skraplaczy domowych i handlowych urządzeń chłodniczych / 154
- 8.4. Przegląd konstrukcji skraplaczy powietrznych / 156
 - 8.4.1. Skraplacze chłodziarek domowych / 156
 - 8.4.2. Wentylatorowe skraplacze powietrzne produkcji PPUCh Tarczyn / 157
- 8.5. Parowniki, chłodnice wentylatorowe i skraplacze renomowanych firm / 159

9. Uniwersalne wymienniki ciepła / 160

- 9.1. Uniwersalne wymienniki płytowe firmy Alfa Laval / 161
- 9.2. Glikolowe chłodnice powietrza / 164
- 9.3. Parowniki – wymienniki pośrednie do komór chłodniczych produkcji Mostostal Wrocław SA / 165

10. Aparatura pomocnicza urządzeń chłodniczych / 167

- 10.1. Uwagi ogólne / 167
- 10.2. Odolejające / 167
- 10.3. Osuszacze pary / 170
- 10.4. Zbiorniki / 171
- 10.5. Odwadniacze (filtry chemiczne) / 171
- 10.6. Wzierniki / 178
- 10.7. Filtry ciekłego czynnika / 180
- 10.8. Filtry pary czynnika (ssawne) / 181
- 10.9. Wymienniki ciepła / 181

11. Urządzenia regulujące dopływ czynnika chłodniczego do parowników i ich podział / 183

12. Automatyzacja urządzeń chłodniczych / 185

- 12.1. Zakres automatyzacji / 185
- 12.2. Automatyczne zasilanie parowników / 187
 - 12.2.1. Rurka kapilarna (kapilara) / 187
 - 12.2.2. Automatyczny zawór rozprężny / 189
 - 12.2.3. Termostatyczny zawór rozprężny / 194
 - 12.2.4. Termostatyczny zawór rozprężny z zewnętrznym wyrównaniem ciśnienia / 201
 - 12.2.5. Zamocowanie czujnika termostatycznego zaworu rozprężnego / 204
 - 12.2.6. Rozdzielacze czynnika chłodniczego / 206
 - 12.2.7. Dobór zaworu termostatycznego / 207
 - 12.2.8. Elektroniczne zawory rozprężne / 210
- 12.3. Automatyczne regulowanie ciśnienia i temperatury / 215
 - 12.3.1. Zasada działania regulatorów ciśnienia i regulatorów temperatury / 215
 - 12.3.2. Regulatory temperatury chłodziarek domowych / 221
 - 12.3.3. Instalowanie presostatów / 222
 - 12.3.4. Instalowanie termostatów / 226
- 12.4. Automatyczne regulowanie ciśnienia parowania i skraplania – zawory stałego ciśnienia / 230
- 12.5. Zawory odcinające przepływ czynnika chłodniczego lub wody / 231
 - 12.5.1. Zawór zwrotny / 231
 - 12.5.2. Zawór upustowy (regulator wydajności – by-pass) / 233
 - 12.5.3. Zawory elektromagnetyczne / 235
- 12.6. Programy komputerowe stosowane przy doborze elementów automatyki / 237

13. Symbole stosowane na schematach chłodniczych / 243

14. Obieg oleju w urządzeniach chłodniczych / 244

- 14.1. Przyczyny przedostawania się oleju do obiegu / 244
- 14.2. Powrót oleju do sprężarki amoniakalnej / 244
- 14.3. Powrót oleju do sprężarki z freonowych parowników węzownicowych / 245
- 14.4. Powrót oleju do sprężarki z freonowych parowników płaszczowo-rurowych / 246

15. Odszranianie parowników / 248

- 15.1. Odszranianie parowników małych komór / 248
- 15.2. Odszranianie parowników urządzeń przemysłowych / 251
- 15.3. Metody i czujniki do sterowania procesem odszraniania / 252

16. Kontrola pracy urządzeń chłodniczych / 253

- 16.1. Automatyka chłodnicza / 254
- 16.2. System NEWEL / 254
- 16.3. Kontrola pracy zespołów sprężarkowych i wentylatorów skraplaczy / 257
- 16.4. Programowanie / 258
- 16.5. System monitoringu i automatycznego przesyłania danych / 259

17. Izolacje zimnochronne / 261

- 17.1. Funkcjonowanie izolacji cieplnych / 261
- 17.2. Cechy materiałów izolacyjnych / 262
- 17.3. Przegląd ważniejszych materiałów izolacyjnych / 264
- 17.4. Materiały hydroizolacyjne (parochronne i przeciwwilgociowe) / 270
 - 17.4.1. Materiały hydroizolacyjne do gruntowania podłoży / 270
 - 17.4.2. Materiały na bezspoinowe powłoki hydroizolacyjne – masy i lepiki asfaltowe / 271
 - 17.4.3. Powłoki hydroizolacyjne – papy i folie / 271
 - 17.4.4. Inne materiały hydroizolacyjne / 272
- 17.5. Płyty warstwowe – uniwersalny i nowoczesny element konstrukcyjno-izolacyjny / 273
- 17.6. Komory chłodnicze z płyt warstwowych. Kontenery, drzwi chłodnicze i kurtyny / 274

18. Przechowywanie chłodnicze żywności / 281

- 18.1. Temperatury przechowywania produktów schłodzonych i zamrożonych / 284
- 18.2. Zalecane warunki przechowywania żywności / 285
- 18.3. Przechowywanie owoców i warzyw / 285
- 18.4. Przechowywanie mięsa i drobiu / 287
- 18.5. Chłodnicze przechowywanie jaj / 289

19. Zamrażanie żywności / 290

- 19.1. Chłodzenie produktów spożywczych / 291
- 19.2. Zamrażanie produktów spożywczych / 292
 - 19.2.1. Mrożona żywność / 292
 - 19.2.2. Proces zamrażania / 292
 - 19.2.3. Urządzenia zamrażalnicze (zamrażarki) / 295
- 19.3. Rozmrażanie produktów spożywczych / 299

20. Klimatyzacja / 302

- 20.1. Klimatyzacja bytowa / 302
- 20.2. Klimatyzacja przemysłowa / 304
- 20.3. Centrale klimatyzacyjne / 304
- 20.4. Klimatyzatory indywidualne / 310
- 20.5. Klimatyzacja pomieszczeń specjalnych / 318
- 20.6. Inne urządzenia klimatyzowanych pomieszczeń / 321

21. Sprężarkowe pompy ciepła / 324

- 21.1. Przeznaczenie i funkcjonowanie pomp ciepła / 324
- 21.2. Źródła ciepła i wymienniki dolnego poziomu temperatury / 326
- 21.3. Budowa małych sprężarkowych pomp ciepła / 328
- 21.4. Niektóre dane techniczne wybranych pomp ciepła / 331

22. Chłodzenie cieczy / 336

- 22.1. Chłodzenie cieczy do celów przemysłowych / 336
- 22.2. Chłodzenie napojów do celów spożywczych / 337
- 22.3. Chłodzenie mleka / 337
- 22.4. Chłodzenie piwa / 340

23. Chłodzenie lodem wodnym / 342

- 23.1. Lód naturalny / 342
- 23.2. Lód w blokach / 342
- 23.3. Lód łuskowy / 343
- 23.4. Lód rurkowy / 345
- 23.5. Lód śniegowy / 345
- 23.6. Lód w kostkach / 346

24. Meble chłodnicze / 347

- 24.1. Domowe chłodziarki (lodówki) i zamrażarki / 347
 - 24.1.1. Rys historyczny rozwoju chłodziarek (lodówek) / 347
 - 24.1.2. Konstrukcja chłodziarek / 348
 - 24.1.3. Temperatury i oznakowanie / 348
 - 24.1.4. Jak działa urządzenie chłodnicze w domowej chłodziarce? / 349
 - 24.1.5. Jak działa urządzenie chłodnicze w chłodziarko-zamrażarce? / 351
- 24.2. Chłodnicze urządzenia handlowe / 353
 - 24.2.1. Układ wentylacyjny w meblach chłodniczych / 355
 - 24.2.2. Instalowanie mebli chłodniczych / 358

25. Transport chłodniczy / 360

- 25.1. Łańcuch chłodniczy / 360
- 25.2. Transport kolejowy / 360
- 25.3. Transport drogowy / 361
- 25.4. Transport w kontenerach / 362
- 25.5. Transport morski / 363
- 25.6. Transport lotniczy / 363

26. Materiały stosowane w chłodnictwie / 364

- 26.1. Oleje / 364
- 26.2. Powietrze / 365
- 26.3. Chłodziwa / 366
- 26.4. Środki odwadniające / 367
- 26.5. Tworzywa sztuczne / 368
- 26.5.1. Rodzaje tworzyw sztucznych / 368
- 26.5.2. Zastosowanie tworzyw sztucznych w chłodnictwie / 369

27. Wyposażenie montera chłodniczego niezbędne do przeprowadzania napraw u użytkowników / 371

28. Opis niektórych przyrządów i czynności / 373

- 28.1. Oprawa manometrów / 373
- 28.2. Wykrywacze nieszczelności / 376
- 28.2.1. Wykrywacze palnikowe / 376
- 28.2.2. Wykrywacze elektronowe (halogenowe) / 377
- 28.3. Złącza błyskawiczne / 378
- 28.4. Lusterko powiększające / 378
- 28.5. Przycinanie rur / 379
- 28.6. Rozwalcowywanie końców rur miedzianych na stożek / 380
- 28.7. Wyginanie rur / 380
- 28.8. Lutowanie / 383

29. Instalowanie sprężarkowych urządzeń chłodniczych / 386

- 29.1. Problemy związane z montażem / 386
- 29.1.1. Wilgoć / 386
- 29.1.2. Powietrze / 388

- 29.1.3. Zanieczyszczenia / 389
- 29.2. Kolejność instalowania / 390
- 29.2.1. Instalowanie chłodziń i parowników / 390
- 29.2.2. Instalowanie agregatu skraplającego / 391
- 29.2.3. Instalowanie rurociągów / 393
- 29.3. Test szczelności / 404
- 29.4. Opróżnianie (osuszanie) instalacji / 406
- 29.5. Dodawanie oleju / 408
- 29.6. Napełnianie czynnikiem / 409
- 29.7. Uruchamianie urządzenia chłodniczego / 411

30. Obsługa sprężarkowych urządzeń chłodniczych / 413

- 30.1. Sprawdzanie urządzeń chłodniczych / 413
- 30.2. Sprawdzanie sprężarki / 415
- 30.3. Sprawdzanie napełnienia czynnikiem chłodniczym / 416
- 30.4. Sprawdzanie skraplaczy / 417
- 30.5. Sprawdzanie przewodu ciekłego czynnika / 418
- 30.6. Sprawdzanie przewodu ssawnego / 420
- 30.7. Sprawdzanie presostatów i termostatów / 421
- 30.8. Ustalenie przyczyn nieprawidłowego działania sprężarkowych urządzeń chłodniczych / 421

31. Demontaż urządzenia chłodniczego / 429

- 31.1. Zasady obowiązujące przy demontażu / 429
- 31.2. Wymontowanie chłodziń powietrza / 430
- 31.3. Wymontowanie zaworu pływakowego wysokiego ciśnienia / 431
- 31.4. Wymontowanie chłodziń z pozostawionym w niej czynnikiem chłodniczym / 432
- 31.5. Wymontowanie chłodziń po spuszczeniu z niej czynnika / 433
- 31.6. Wymontowanie zaworu regulacyjnego / 434
- 31.7. Wymontowanie zaworu pływakowego niskiego ciśnienia / 434
- 31.8. Spuszczanie czynnika chłodniczego / 434
- 31.9. Wymontowanie skraplacza i zbiornika ciekłego czynnika / 436
- 31.10. Wymontowanie sprężarki / 436
- 31.11. Wymontowanie zaworów manipulacyjnych / 438

32. Obsługa chłodziarek absorpcyjnych / 439

- 32.1. Ustawienie / 439
- 32.2. Podłączenie źródła ciepła / 439
- 32.3. Uszkodzenia chłodziarki / 440

33. Naprawa elementów mebli chłodniczych / 444

34. Naprawa hermetycznych agregatów sprężarkowych / 446

- 34.1. Naprawy wymagające otwarcia (rozhermetyzowania) układu chłodniczego / 446
- 34.2. Naprawy w zakładzie naprawczym / 447

35. Naprawa agregatów absorpcyjnych / 453

36. Wyposażenie elektryczne urządzeń chłodniczych / 457

- 36.1. Elektryczność / 457
- 36.2. Wielkości elektryczne i ich jednostki / 458
- 36.3. Podstawowe prawa elektrotechniki / 460
- 36.4. Rodzaje prądów i zastosowanie / 465
- 36.5. Aparatura łączeniowa / 470
- 36.6. Maszyny elektryczne / 476
- 36.7. Grzejniki elektryczne / 492
- 36.8. Miernictwo elektryczne / 494
- 36.9. Elektryczne pomiary temperatury / 500
- 36.10. Kable i przewody elektroenergetyczne / 502
- 36.11. Schematy elektryczne / 507
- 36.12. Schematy wyposażenia elektrycznego urządzeń chłodniczych / 509
- 36.13. Bezpieczeństwo pracy przy obsłudze urządzeń elektrycznych / 517
- 36.13.1. Ochrona od porażeń według PN-92/E-05009 / 522
- 36.13.2. Układy sieci / 523
- 36.13.3. Uwagi końcowe / 526

37. Tablice pomocnicze / 528

Literatura / 559

Skorowidz / 561