

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń	XI
---------------------------------------	----

Wstęp	XII
-----------------	-----

CZĘŚĆ A

1. Wprowadzenie	3
1.1. Pojęcia elementarne	3
1.2. Zasada działania parowych sprężarkowych urządzeń chłodniczych – zagadnienia elementarne	9
1.3. Pompy ciepła – zagadnienia elementarne	12
2. Podstawy termodynamiczne działania urządzeń chłodniczych	14
2.1. Odwracalność przemian	14
2.2. Zasady termodynamiki	15
2.3. Właściwości fizyczne i termodynamiczne substancji	17
2.4. Przemiany fazowe czynników	21
2.5. Przemiany termodynamiczne	30
2.5.1. Przemiana izobaryczna	31
2.5.2. Przemiana izochoryczna	35
2.5.3. Przemiana izotermiczna	40
2.5.4. Przemiana izentropowa	44
2.5.5. Przemiana izentalpowa	51
2.6. Wymiana ciepła	52
Literatura	56
3. Czynniki chłodnicze i nośniki ciepła	58
3.1. Czynniki chłodnicze	58
3.1.1. Informacje ogólne	58

3.1.2. Systematyka czynników chłodniczych	60
3.1.3. Oznaczenia kodowe czynników chłodniczych	75
3.1.4. Charakterystyka wybranych czynników chłodniczych	76
3.2. Oleje chłodnicze	86
3.3. Nośniki ciepła	90
Literatura	93
4. Budowa i zasada działania urządzeń chłodniczych sprężarkowych	95
4.1. Urządzenia sprężarkowe jednostopniowe	95
4.2. Obiegi dwustopniowe	102
4.2.1. Obieg dwustopniowy z chłodzeniem pary w chłodnicy mokrej i jednostopniowym dławieniem	103
4.2.2. Obieg dwustopniowy z chłodnicą międzystopniową i dwustopniowym dławieniem	105
4.2.3. Obieg dwustopniowy z chłodzeniem cieczy w wężownicy i jednostopniowym dławieniem	107
4.2.4. Obieg z chłodzeniem cieczy w wężownicy i podwójnym dławieniem	109
4.3. Układy kaskadowe	111
4.4. Elementy wyposażenia urządzeń chłodniczych – ich funkcja, sposób działania i zasada doboru	117
4.5. Zastosowanie naturalnych czynników roboczych w układach sprężarkowych – uwagi	119
4.5.1. Dinitlenek węgla (R744)	119
4.5.2. Propan	124
4.5.3. Amoniak	129
Literatura	132
5. Efektywność energetyczna urządzeń chłodniczych	134
5.1. Chłodnicze obiegi porównawcze	134
5.2. Wpływ parametrów pracy obiegu chłodniczego Lindego na efektywność energetyczną	138
5.3. Straty dławienia	148
5.4. Niedoskonałość termodynamiczna sprężarkowych urządzeń chłodniczych i pomp ciepła	151
5.4.1. Zagadnienia podstawowe	151
5.4.2. Analiza egzergetyczna urządzenia chłodniczego	154
5.4.3. Analiza egzergetyczna pompy ciepła	161
5.4.4. Analiza egzergetyczna urządzeń chłodniczo-grzejnych	164
5.4.5. Obliczenia strat egzergetycznych sprężarkowych urządzeń chłodniczych	164
5.5. Możliwości zmniejszenia strat egzergetycznych w sprężarkowych urządzeniach chłodniczych i pompach ciepła	173
5.5.1. Ograniczenie nieodwracalności wymiany ciepła	173

5.5.2. Ograniczenie nieodwracalności procesu sprężania	174
5.5.3. Ograniczenie nieodwracalności wywołanej procesem dławienia	174
5.5.4. Ograniczenie innych nieodwracalności w obiegach chłodniczych	177
5.6. Ekologiczna ocena urządzeń chłodniczych	177
Literatura	180
6. Sprężarki	184
6.1. Podstawy teoretyczne pracy sprężarek wyporowych	184
6.2. Sprężarki tłokowe	192
6.2.1. Sprężarki hermetyczne	192
6.2.2. Sprężarki półhermetyczne	193
6.2.3. Sprężarki tłokowe dławnicowe	194
6.3. Sprężarki spiralne	195
6.4. Sprężarki śrubowe	197
6.5. Dobór sprężarki	199
Literatura	207
7. Wymienniki ciepła	208
7.1. Parowniki	208
7.1.1. Uwagi ogólne	208
7.1.2. Parowniki suche	210
7.1.3. Parowniki zalane	214
7.1.4. Parowniki mokre	214
7.2. Skraplacze	217
7.3. Intensyfikacja wymiany ciepła	225
7.4. Wymiana ciepła w pośrednich systemach chłodzenia	228
Literatura	232
8. Przyrządy regulacyjne i zabezpieczające instalacji chłodniczych	234
8.1. Urządzenia obniżające ciśnienie w instalacjach chłodniczych	234
8.1.1. Termostatyczne zawory regulacyjne (rozprężne)	234
8.1.2. Elektroniczne zawory regulacyjne	238
8.1.3. Rurki kapilarne	240
8.2. Urządzenia zabezpieczające	241
8.3. Odszranianie parowników	246
Literatura	249
9. Aparatura pomocnicza urządzeń chłodniczych	250
9.1. Układ regulacji poziomu oleju w sprężarkach	250
9.2. Separatory oleju	252
9.3. Oddzielacze cieczy	254
9.4. Zbiorniki cieczy	255

9.5. Odwadniacze (filtry chemiczne)	256
9.6. Filtry mechaniczne	258
9.7. Dochładzacz	258
9.8. Wzierniki	258
9.9. Zawory bezpieczeństwa	259
9.10. Zawory elektromagnetyczne	260
9.11. Zawory kulowe odcinające	260
9.12. Wymiarowanie przewodów rurowych	261
Literatura	264
10. Agregaty chłodnicze	265
10.1. Agregaty skraplające	265
10.2. Sprężarkowe schładzacz cieczy	269
10.3. Agregaty sprężarkowe	276
Literatura	279
11. Absorpcyjne urządzenia chłodnicze	280
11.1. Uwagi ogólne	280
11.2. Amoniakalno-wodne urządzenia absorpcyjne	281
11.2.1. Zasada działania i obieg	281
11.2.2. Obliczenia obiegu amoniakalno-wodnego	290
11.2.3. Obliczenia obiegu z wymiennikami regeneracyjnymi	298
11.3. Urządzenia absorpcyjne bromolitowe	303
Literatura	307
12. Chłodnicze urządzenia strumienicowe	308
12.1. Informacje ogólne	308
12.2. Podział strumienic	308
12.3. Budowa i zasada działania chłodniczych układów strumienicowych	310
12.4. Aspekty fizyczne działania strumienicy parowej jednofazowej	315
12.5. Efektywność energetyczna urządzeń strumienicowych	317
Literatura	322

CZĘŚĆ B

13. Przygotowanie do uzyskania certyfikatu	327
13.1. Wstęp	327
13.2. Zakres wiedzy i umiejętności określony w Rozporządzeniu Komisji (WE) Nr 303/2008 z 2 kwietnia 2008 r.	337
13.3. Wybrane Polskie Normy	402
Literatura	404

14. Informacje uzupełniające	406
14.1. Najnowsze regulacje prawne w sprawie fluorowanych gazów cieplarnianych	406
14.2. Wybrane zagadnienia w zakresie etykietowania urządzeń	410

CZĘŚĆ C

15. Właściwości termodynamiczne i termokinetyczne czynników roboczych	415
15.1. Modelowanie wybranych właściwości termodynamicznych i termokinetycznych czynników chłodniczych	415
15.2. Nośniki ciepła stosowane w technice chłodniczej	432
15.2.1. Ergolidy	432
15.2.2. Pekasol	434
15.2.3. Antifrogen	434
15.2.4. Tyfocor	435
15.2.5. Tyfoxit	435
15.3. Tabele właściwości termodynamicznych i termokinetycznych wybranych czynników chłodniczych	436
Literatura	545