

# Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń . . . . .	XI
Wstęp . . . . .	XII

## CZĘŚĆ A

<b>1. Wprowadzenie . . . . .</b>	<b>3</b>
1.1. Pojęcia elementarne . . . . .	3
1.2. Zasada działania parowych sprężarkowych urządzeń chłodniczych – zagadnienia elementarne . . . . .	9
1.3. Pompy ciepła – zagadnienia elementarne . . . . .	12
<b>2. Podstawy termodynamiczne działania urządzeń chłodniczych . . . . .</b>	<b>14</b>
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
<b>3. Czynniki chłodnicze i nośniki ciepła . . . . .</b>	<b>58</b>
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
<b>4. Budowa i zasada działania urządzeń chłodniczych sprężarkowych . . . . .</b>	<b>95</b>
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 węzownicy i jednostopniowym dławieniem . . . . .	107
4.2.4. Obieg z chłodzeniem cieczy w węzownicy i podwójnym dławieniem . . . . .	109
4.3. Układy kaskadowe . . . . .	111
4.4. Elementy wyposażenia urządzeń chłodniczych – ich funkcja, sposób działania i zasada doboru . . . . .	117
Literatura . . . . .	132
<b>5. Efektywność energetyczna urządzeń chłodniczych . . . . .</b>	<b>134</b>
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

<b>6. Sprężarki</b> . . . . .	184
6.1. Podstawy teoretyczne pracy sprężarek waporowych . . . . .	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
<b>7. Wymienniki ciepła</b> . . . . .	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
<b>8. Przyrządy regulacyjne i zabezpieczające instalacji chłodniczych</b> . . . . .	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
<b>9. Aparatura pomocnicza urządzeń chłodniczych</b> . . . . .	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
<b>10. Agregaty chłodnicze . . . . .</b>	<b>265</b>
10.1. Agregaty skraplające . . . . .	265
10.2. Sprężarkowe schładzacz cieczy . . . . .	269
10.3. Agregaty sprężarkowe . . . . .	276
Literatura . . . . .	279
<b>11. Absorpcyjne urządzenia chłodnicze . . . . .</b>	<b>280</b>
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
<b>12. Chłodnicze urządzenia strumienicowe . . . . .</b>	<b>308</b>
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

<b>13. Przygotowanie do uzyskania certyfikatu . . . . .</b>	<b>327</b>
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
<b>14. Informacje uzupełniające . . . . .</b>	<b>406</b>
14.1. Najnowsze regulacje prawne w sprawie fluorowanych gazów cieplarnianych . . . . .	406
14.2. Wybrane zagadnienia w zakresie etykietowania urządzeń . . . . .	410

---

## CZĘŚĆ C

<b>15. Właściwości termodynamiczne i termokinetyczne czynników roboczych</b> . . . . .	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