

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	9
7 RUROCIĄGI	11
7.1 Wstęp	11
7.1.1 Przeznaczenie rurociągów	11
7.1.2 Podział rurociągów	13
7.2 Funkcje i ogólna konstrukcja rurociągów	14
7.2.1 Rurociągi strony tłocznej	14
7.2.1.1 Przewód tłoczny sprężarka – odolejacz	14
7.2.1.2 Przewód powrotu oleju z odolejacza do sprężarki	14
7.2.1.3 Przewód tłoczny od odolejacza do skraplacza	15
7.2.1.4 Przewody wypływu skroplin ze skraplacza	19
7.2.1.5 Przewody ciekłego czynnika chłodniczego (przewody zasilające)	27
7.2.1.6 Przewody do odszraniania chłodnic powietrza	30
7.2.2 Rurociągi strony ssawnej	32
7.2.2.1 Przewód od zaworu rozprężnego do parownika	32
7.2.2.2 Przewody ssawne pary suchej	32
7.2.2.3 Specyfika przewodów w obiegach pompowych	38
7.3 Spadek ciśnienia jako podstawa doboru średnic przewodów	42
7.3.1 Obliczenie spadku ciśnienia w przewodach z przepływem jednofazowym	42
7.3.1.1 Współczynnik oporów liniowych f	45
7.3.1.2 Współczynniki oporów miejscowych	54
7.3.1.3 Obliczenie spadku ciśnienia wybranego rurociągu	60
7.3.2 Obliczenie spadku ciśnienia w przewodach ssawnych obiegów pompowych (przepływ dwufazowy)	69
7.3.3 Wpływ spadku ciśnienia w rurociągach na wydajność sprężarek chłodniczych i ich sprawność energetyczną	77
7.4 Uproszczony dobór średnicy rurociągów	82
Literatura do rozdziału 7	93
8 APARATY SYSTEMÓW POMOCNICZYCH OBIEGU AMONIAKU ORAZ ARMATURA	94
8.1 Obieg oleju i odolejacz	94
8.1.1 Zamknięty obieg oleju w urządzeniu chłodniczym	94
8.1.1.1 Obiegi chłodnicze z olejami nie rozpuszczalnymi	95
8.1.1.2 Obiegi chłodnicze z olejami rozpuszczalnymi	99
8.1.1.3 Modele obiegu oleju w amoniakalnych urządzeniach chłodniczych	103
8.1.2 Odolejacz	104
8.1.2.1 Zasada działania	104
8.1.2.2 Specyfika odolejaczy do sprężarek śrubowych	107
8.1.2.4 Temperatura oleju w odolejaczach podczas postoju sprężarek	108
8.2 Obieg cieczy i zjawiska fizyczne zachodzące w zbiornikach z ciekłym amoniakiem	109
8.2.1 Równowaga termodynamiczna czynnika chłodniczego w zbiornikach cieczy	109
8.2.2 Wpływ ciekłego czynnika chłodniczego ze zbiorników	112
8.2.3 Bilans cieczy w urządzeniu chłodniczym i wielkość zbiornika	116
8.3 Oddzielacze cieczy	125
8.3.1 Praca mokra i zapobieganie „zalewaniu” sprężarek	125
8.3.2 Rodzaje oddzielaczy cieczy	126

8.3.2.1	Oddzielacze cieczy do osuszania par zasasyanych przez sprężarki -----	126
8.3.2.2	Oddzielacze przeznaczone do osuszania par oraz do grawitacyjnego i pompowego zasilania parownika ciekłym amoniakiem -----	127
8.4	Aparaty pomocnicze poprawiające sprawność obiegu chłodniczego ----	127
8.4.1	Aparaty do dochładzania wodą -----	127
8.4.2	Chłodnice międzystopniowe i ekonomizery -----	129
8.5	Zawory -----	131
8.5.1	Przeznaczenie i konstrukcja -----	131
8.5.2	Rodzaje zaworów -----	134
8.6	Filtry i osadniki. Zatrzymywanie zanieczyszczeń -----	140
8.7	Wpływ obecności wody na pracę amoniakalnego obiegu chłodniczego	143
8.7.1	Woda w amoniakalnym obiegu chłodniczym -----	143
8.7.2	Aparaty do osuszania amoniaku -----	147
8.8	Stosowanie i osadzenie przyrządów pomiarowych na aparatach i rurociągach -----	149
8.8.1	Przyrządy do wskazywania oraz pomiaru poziomu cieczy -----	150
8.7.1	Przyrządy do pomiaru temperatury -----	153
8.7.2	Przyrządy do pomiaru ciśnienia -----	154
	Literatura do rozdziału 8 -----	159
9	BEZPIECZEŃSTWO AMONIAKALNYCH URZĄDZEŃ CHŁODNICZYCH -----	161
9.1	Informacje ogólne -----	161
9.1.1	Przepisy, nadzór -----	161
9.1.2	Źródła zagrożenia i wymogi bezpieczeństwa -----	161
9.1.2.1	Właściwości amoniaku istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa -----	165
9.2	Ciśnienie i temperatura jako źródła zagrożenia -----	168
9.2.1	Wpływ ciśnienia i temperatury na bezpieczeństwo -----	168
9.2.1.1	Podstawowe pojęcia umowne dotyczące ciśnienia -----	169
9.2.1.2	Źródła ciśnienia -----	171
9.2.1.3	Urządzenia ciśnieniowe -----	172
9.2.2	Wpływ ciśnienia i temperatury na wytrzymałość powłok ciśnieniowych --	174
9.2.2.1	Wpływ temperatury na własności wytrzymałościowe stali -----	174
9.2.2.2	Ciśnienie obliczeniowe i temperatura obliczeniowa -----	176
9.2.2.3	Naprężenia dopuszczalne i zasada obliczania grubości ścianek -----	179
9.2.3	Zabezpieczenia przed niedopuszczalnym wzrostem ciśnienia -----	181
9.2.3.1	Przyrządy zabezpieczające -----	181
9.2.3.2	Dobór zaworów bezpieczeństwa do zbiorników ciśnieniowych -----	182
9.2.3.3	Zabezpieczenie sprężarek przed nadmiernym wzrostem ciśnienia -----	188
9.2.3.4	Płytki bezpieczeństwa -----	191
9.2.3.5	Zabezpieczenia rurociągów i aparatów przed skutkami rozszerzalności zamkniętej w nich cieczy -----	192
9.2.3.6	Niektóre szczegółowe zasady stosowania i użytkowania zaworów bezpieczeństwa -----	195
9.2.3.7	Instalacja zrzutowa z zaworów bezpieczeństwa -----	196
9.3	Wycieki amoniaku jako czynnik zagrożenia pożarem, wybuchem i zatruciem -----	198
9.3.1	Wycieki amoniaku i bezpieczeństwo -----	198
9.3.2	Wycieki eksploatacyjne amoniaku -----	198
9.3.3	Wycieki awaryjne amoniaku -----	200
9.3.4	Kałuże oraz „chmury” zawierające amoniak -----	203
9.3.5	Zagrożenie wywołane przez pary amoniaku na wolnej przestrzeni i w pomieszczeniach zamkniętych -----	207
9.3.6	Palność i wybuchowość amoniaku -----	207
9.3.6.1	Ogólne informacje o palności i wybuchowości -----	207

9.3.5.2	Palenie się amoniaku parowego -----	209
9.3.5.3	Palenie się amoniaku ciekłego -----	211
9.3.5.4	Wybuchowość amoniaku -----	212
9.3.6	Toksyczność amoniaku, negatywne oddziaływanie na zdrowie i zatrucia -----	214
9.4	Ochrona pomieszczeń w których istnieje zagrożenie wycieku amoniaku -----	216
9.4.1	Klasyfikacja czynników chłodniczych ze względu na zagrożenia -----	216
9.4.2	Stężenie amoniaku w pomieszczeniu wentylowanym -----	218
9.4.3	Instalacje wykrywania amoniaku w powietrzu -----	222
9.4.4	Masa amoniaku i bezpieczeństwo pomieszczeń -----	224
9.4.5	Kategorie pomieszczeń i warunki stosowania amoniaku -----	224
9.4.6	Maszynownie amoniakalne -----	227
9.5	Obciążenia mechaniczne zagrażające bezpieczeństwu -----	233
9.5.1	Elastyczność rurociągu -----	233
9.5.2	Rozszerzalność cieplna rurociągu -----	235
9.5.3	Zjawiska dynamiczne w rurociągach -----	238
9.5.3.1	Uderzenia hydrauliczne -----	238
9.5.3.2	Zjawiska dynamiczne podczas odszraniania parowników gorącą parą --	241
9.5.3.3	Drgania rurociągów -----	242
9.6	Przykłady wypadków z amoniakiem -----	244
	Literatura do rozdziału 9 -----	246
10	WYKONANIE URZĄDZENIA CHŁODNICZEGO -----	249
10.1	Elementy składowe -----	249
10.1.1	Produkcja sprężarek, aparatów i armatury oraz prefabrykacja -----	249
10.1.2	Wykonanie urządzenia chłodniczego -----	250
10.2	Montaż agregatów sprężarkowych -----	251
10.3	Montaż aparatów -----	253
10.4	Montaż rurociągów -----	254
10.4.1	Rodzaje rur -----	254
10.4.1.1	Rury ze stali węglowej -----	254
10.4.1.2	Rury z innych metali -----	260
10.4.1.3	Kształtki rurowe -----	260
10.4.2	Połączenia w rurociągach -----	261
10.4.2.1	Połączenia nierozłączne (spawane) -----	261
10.4.2.2	Połączenia rozłączne (kołnierze i złącza śrubowe) -----	262
10.4.2.3	Łączniki elastyczne -----	264
10.4.3	Zamocowanie rurociągów -----	266
10.4.3.1	Zamocowania -----	266
10.4.3.2	Uchwyty rurowe -----	267
10.4.4	Przejścia rur przez przegrody budowlane -----	269
10.4.5	Ogólne zasady wykonania rurociągów -----	270
10.4.6	Próby ciśnieniowe oraz sprawdzanie szczelności i suchości -----	272
10.4.6.1	Zasady ogólne -----	272
10.4.6.2	Próby ciśnieniowe w zakładzie wytwórczym -----	275
10.4.6.3	Próba ciśnieniowa po montażu na miejscu użytkowania urządzenia -----	277
10.4.7	Osuszenie instalacji oraz podciśnieniowa próba szczelności -----	283
10.4.7.1	Wytworzenie podciśnienia -----	283
10.4.7.2	Próba podciśnieniowa szczelności -----	285
10.4.7.3	Doprowadzenie wnętrza instalacji do stanu umożliwiającego wprowadzenie amoniaku -----	285
10.5	Zabezpieczenie instalacji chłodniczej przed korozją -----	292
10.5.1	Korozja materiałów konstrukcyjnych -----	292
10.5.2	Zabezpieczenie przed korozją wewnętrznych powierzchni instalacji -----	293
10.5.3	Zabezpieczenie przed korozją zewnętrznych powierzchni instalacji -----	294

10.6	Izolowanie zimnochronne rurociągów i aparatów	295
10.6.1	Materiały i wykonanie izolacji	295
10.6.2	Wyznaczenie grubości izolacji rur	299
10.7	Prace wykończeniowe	302
10.8	Napełnienie amoniakiem i rozruch urządzenia chłodniczego	302
10.8.1	Przechowywanie i przewożenie amoniaku	302
10.8.2	Napełnienie urządzenia chłodniczego amoniakiem	303
10.10.2	Podstawowe czynności po rozruchu	305
	Literatura do rozdziału 10	309
11	UŻYTKOWANIE AMONIAKALNYCH URZĄDZEŃ CHŁODNICZYCH	311
11.1	Ogólne zasady użytkowania urządzenia chłodniczego	311
11.2	Praca urządzenia chłodniczego	314
11.2.1	Podstawowe objawy prawidłowej pracy urządzenia chłodniczego	314
11.2.2	Rola temperatur i ciśnień w określaniu prawidłowej pracy urządzenia chłodniczego	318
11.2.3	Diagnozowanie pracy urządzenia chłodniczego oraz usuwanie usterek	323
11.3	Charakterystyczne czynności obsługowe i naprawcze	328
11.3.1	Zapewnienie czystości urządzenia chłodniczego w okresie jego eksploatacji	328
11.3.1.1	Czystość zewnętrzna	328
11.3.1.2	Czystość wewnętrzna	329
11.3.1.3	Warunki zachowania czystości wewnętrznej urządzenia	330
11.3.2	Zapewnienie szczelności urządzenia chłodniczego	331
11.3.3	Ogólne zasady ruchu urządzenia chłodniczego	334
11.3.3.1	Wyłączenie urządzenia chłodniczego na krótki czas	334
11.3.3.2	Wyłączenie urządzenia chłodniczego na długi czas	334
11.3.3.3	Uruchamianie urządzenia chłodniczego po jego postoju	336
11.3.4	Czynności pomocnicze	337
11.3.4.1	Korekta napełnienia urządzenia chłodniczego amoniakiem	337
11.3.4.2	Wymiana oleju w sprężarkach oraz jego spust z odstożników	337
11.3.4.3	Odpowietrzanie "ręczne"	339
11.4	Wymiana części, naprawy, przeglądy, konserwacja i remonty	342
11.4.1	Czynności wymagające otwarcia urządzenia chłodniczego	342
11.4.2	Zasady przeprowadzania prac wymagających otwarcia urządzenia	342
11.4.3	Przeglądy oraz konserwacja urządzenia chłodniczego	344
11.4.3.1	Zakres przeglądów	344
11.4.3.2	Główne czynności związane z przeglądami i konserwacją okresową	345
11.4.3.2	Przeglądy okresowe, naprawy i remonty sprężarek	347
11.5	Zasady ekonomicznie efektywnej eksploatacji urządzeń chłodniczych	348
11.5.1	Zasady ogólne	348
11.5.2	Energetycznie efektywne użytkowanie urządzenia chłodniczego	352
11.5.2.1	Energia pobierana przez sprężarki	354
11.5.2.2	Wpływ automatyzacji sprężarek na efektywność energetyczną ich działania	255
11.5.2.3	Energia pobierana przez wentylatory	361
11.5.2.4	Energia pobierana przez pompy	361
11.5.2.5	Ograniczanie energii pobieranej przy odszranianiu	362
11.6	Badanie urządzeń chłodniczych	363
11.6.1	Zasady ogólne	363
11.6.2	Zasady ustalenia charakterystyki sprężarek	364
11.7	Ochrona osobista i postępowanie w przypadku wycieku amoniaku	367
11.7.1	Środki ochrony osobistej i awaryjnej	367
11.7.2	Zasady postępowania na wypadek awaryjnego wypływu amoniaku	369

11.8	Likwidowanie amoniakalnych urządzeń chłodniczych	371
11.8.1	Wyłączenie urządzenia chłodniczego celem jego likwidacji	371
11.8.3	Usunięcie amoniaku z urządzenia chłodniczego	372
11.8.4	Niszczanie amoniaku	373
11.8.4.1	Rozpuszczanie amoniaku w wodzie	373
11.8.4.2	Absorpcja amoniaku przez inne substancje	375
11.8.4.3	Spalanie amoniaku	375
	Literatura do rozdziału 11	377

12 ZASTOSOWANIE AMONIAKU NA TLE INNYCH

	CZYNNIKÓW CHŁODNICZYCH	379
12.1	Małe indywidualne urządzenia chłodnicze	382
12.1.1	Urządzenia hermetyczne	382
12.1.2	Małe urządzenia niehermetyczne	383
12.2	Urządzenia chłodnicze w supermarketach	384
12.3	Urządzenia chłodnicze w klimatyzacji	386
12.3.1	Klimatyzacja komfortowa i przemysłowa	386
12.3.2	Chłodzenie powietrza i wody do celów klimatyzacyjnych	388
12.3.3	Urządzenia chłodnicze do chłodzenia powietrza w kopalniach	392
12.4	Urządzenia chłodnicze w browarnictwie	394
12.4.1	Schładzanie brzożki	394
12.4.2	Schładzanie piwa	395
12.4.3	Wykonanie urządzeń chłodniczych	396
12.5	Urządzenia chłodnicze w zamrażalnicach owocowo-warzywnych	398
12.6	Urządzenia chłodnicze w przetwórstwie mleczarskim	401
12.6.1	Chłodzenie mleka	401
12.6.2	Chłodzenie, zamrażanie i składowanie produktów mleczarskich	402
12.6.3	Produkcja margaryny	404
12.6.4	Produkcja lodów spożywczych	405
12.7	Chłodnictwo w przetwórstwie mięsa	408
12.7.1	Schładzanie i zamrażanie mięsa	409
12.7.1.1	Schładzanie wieprzowiny i wołowiny	409
12.7.1.2	Zamrażanie owiewowe mięsa wieprzowego i wołowego	412
12.7.1.3	Schładzanie i zamrażanie drobiu	413
12.7.1.4	Urządzenia chłodnicze do schładzania i zamrażania mięsa	415
12.8	Urządzenia chłodnicze w przetwórstwie rybnym	418
12.8.1	Przetwórstwo rybne na statkach i na lądzie	418
12.8.2	Chłodzenie ryb, produkcja lodu i zamrażanie ryb na lądzie	419
12.8.3	Rozwój urządzeń chłodniczych na dalekomorskich statkach rybackich	422
12.8.3	Współczesne trendy w rozwiązywaniu urządzeń chłodniczych na statkach – zamrażalnicach	424
12.9	Urządzenia chłodnicze w chłodniach składowych	427
12.10	Amoniakalne urządzenia chłodnicze na morskich statkach transportowych	431
12.10.1	Zadania i cechy urządzenia chłodniczego na chłodniowcach	431
12.10.2	Wymagania dotyczące bezpiecznego stosowania amoniakalnych urządzeń chłodniczych na statkach morskich	434
12.11	Urządzenia chłodnicze w sporcie i rekreacji	436
12.11.1	Płyta lodowiska	436
12.11.2	Obieg chłodniczy	438
12.12	Rozwój amoniakalnych urządzeń chłodniczych	440
12.12.1	Zastosowanie obiegów z chłodzeniem bezpośrednim	441
12.12.2	Stosowanie i optymalizacja obiegów z chłodzeniem pośrednim	442
	Literatura do rozdziału 12	446