

SPIS TREŚCI

Oznaczenia	9
Wstęp	17
1. Szronienie i odszranianie powierzchni oziębiaczy powietrza	21
1.1. Istota i zasadnicze problemy szronienia i odszraniania	22
1.2. Cykle pracy oziębiaczy powietrza	25
1.3. Uwagi ogólne o szronieniu i metodach odszraniania	30
Literatura	31
2. Podstawy teoretyczne ziębiarek i pomp ciepła	33
2.1. Lewobieżne obiegi gazowe i parowe	34
2.2. Ziębiarka sprężarkowa	39
2.3. Analiza egzergetyczna ziębiarki sprężarkowej	44
2.3.1. Sprawność egzergetyczna ziębiarek	44
2.3.2. Ziębiarki sprężarkowe	47
2.4. Podsumowanie	53
Literatura	54
3. Szronienie powierzchni oziębiaczy powietrza	55
3.1. Zjawiska występujące podczas szronienia	56
3.2. Struktura szronu i mechanizmy transportu masy	57
3.3. Przebieg tworzenia się szronu w czasie	58
3.4. Oziębiacz powietrza	62

3.5.	Obliczeniowe różnice temperatury	66
3.6.	Wpływ budowy oziębiaczy na wydajność ziębniczą	69
3.7.	Badania eksperymentalne oziębiaczy powietrza w warunkach szronienia	71
3.8.	Przemiany powietrza w oziębiaczu przeponowym	74
3.9.	Strumień ciepła odbierany przez pokrytą szronem powierzchnię	77
3.10.	Podsumowanie	80
	Literatura	80
4.	Właściwości szronu i lodu	82
4.1.	Gęstość szronu i lodu	83
4.1.1.	Gęstość szronu	83
4.1.2.	Gęstość śniegu i lodu	86
4.1.3.	Gęstość lodu	91
4.2.	Współczynnik przewodności cieplnej szronu	92
4.3.	Właściwości fizyczne lodu	98
4.3.1.	Termiczne właściwości lodu	98
4.3.2.	Mechaniczne właściwości lodu	100
4.3.3.	Optyczne właściwości lodu	101
4.3.4.	Elektryczne właściwości lodu	102
4.4.	Podsumowanie	103
	Literatura	103
5.	Odszranianie powierzchni oziębiaczy powietrza	105
5.1.	Wpływ cyklu odszraniania na pracę instalacji ziębniczej	106
5.1.1.	Odszranianie doprowadzoną energią cieplną	106
5.1.2.	Odszranianie z odzyskiem zakumulowanego „zimna”	106
5.1.3.	Inne systemy odszraniania	107
5.2.	Cykl odszraniania	107
5.2.1.	Cykl odszraniania z doprowadzeniem energii cieplnej	108
5.2.2.	Cykle pracy nowego urządzenia ziębniczego	111
5.3.	Sprawność odszraniania oziębiaczy powietrza	114
5.3.1.	Sprawność energetyczna odszraniania	114
5.3.2.	Badania sprawności energetycznej odszraniania	119
5.4.	Obserwacje filmowe odszraniania parowacza gorącym gazem czynnika ...	127
5.5.	Wpływ odszraniania na wahania ciśnienia powietrza w komorach ziębniczych	130
5.5.1.	Analiza wpływu odszraniania oziębiacza powietrza na wahania ciśnienia powietrza w kontenerze typu 1CC	135
5.5.2.	Symulacja wpływu cyklu odszraniania na wahania ciśnienia w kontenerze 1CC	138
5.6.	Podsumowanie	142
	Literatura	143

6.	Systemy odszraniania oziębiaczy powietrza	145
6.1.	Odszranianie powierzchni parowaczy gorącym gazem czynnika w systemie CGG	147
6.1.1.	Układy zasilania parowaczy gorącym gazem czynnika w systemie CGG	149
6.1.2.	Odszranianie gorącym gazem czynnika parowaczy „suchych” w systemie CGGs	153
6.1.3.	Odszranianie gorącym gazem czynnika parowaczy zasilanych pompowo w systemie CGGp	157
6.1.4.	Odszranianie powierzchni parowaczy przez odwrócenie obiegu w systemie CGGo	159
6.1.5.	Odszranianie parowacza przez odwrócenie obiegu z akumulacją ciepła odpadowego w systemie CGGo	165
6.1.6.	Odszranianie parowacza gorącym gazem czynnika z zewnętrznego źródła ciepła w systemie CGGz	166
6.1.7.	Odszranianie parowaczy gorącym gazem i tacy energią elektryczną w systemie CGE	167
6.2.	Odszranianie powierzchni parowacza płynnym nośnikiem energii	168
6.2.1.	Odszranianie płynnym nośnikiem energii doprowadzonym do oziębiacza za pomocą węzownicy, a tacy elektrycznie w systemie CWE	169
6.2.2.	Odszranianie płynnym nośnikiem energii doprowadzonym do oziębiacza zewnątrz w systemie CZZ	170
6.2.3.	Odszranianie płynnym nośnikiem energii doprowadzonym dodatkową węzownicą w systemie CDD	171
6.3.	Odszranianie oziębiacza powietrzem obiegowym w systemie CPP	172
6.4.	Odszranianie oziębiaczy energią elektryczną w systemie CEE	174
6.5.	Odszranianie przez rewersyjne odwrócenie pracy oziębiacza i skraplacza w systemie CRR	177
6.6.	Inne systemy odszraniania	180
6.6.1.	Mechaniczne odszranianie powierzchni węzownic w systemie IM	180
6.6.2.	Odszranianie przez rozpylanie roztworu na szronie w systemie IRS	180
6.6.3.	Odszranianie przez sublimację szronu z powierzchni oziębiacza w systemie ISS	180
6.6.4.	Hermetyzacja przestrzeni ziębionej w systemie IH	182
6.6.5.	Wytworzenie stałego pola elektrycznego zapobiegającego oszronieniu powierzchni oziębiacza w systemie ISE	183
6.7.	Nowe konstrukcje oziębiaczy powietrza	183
6.8.	Dobór systemu odszraniania	187
6.9.	Podsumowanie	192
	Literatura	193
7.	Modele odszraniania urządzenia ziębniczego	195
7.1.	Model I małego urządzenia ze zmienną temperaturą wrzenia	195
7.1.1.	Optymalne cykle odszraniania w modelu I	198

7.1.2.	Wpływ mocy odszraniania na optimum cyklu w modelu I	201
7.2.	Model II małego urządzenia ze stałą temperaturą wrzenia	204
7.3.	Model II urządzenia ze stałą temperaturą wrzenia i wybranymi systemami odszraniania	211
7.4.	Podsumowanie	215
	Literatura	216
8.	Automatyzacja procesu odszraniania	217
8.1.	Cykl odszraniania oziębiaczy powietrza	218
8.1.1.	Inicjacja procesu odszraniania	219
8.1.2.	Topienie szronu	221
8.1.3.	Zakończenie procesu odszraniania	222
8.2.	Sterowniki klasyczne i dedykowane	222
8.3.	Algorytmy blokowe automatycznego odszraniania	226
8.3.1.	Odszranianie grzałkami elektrycznymi w systemie CEE	226
8.3.2.	Odszranianie gorącym gazem czynnika w systemie CGG	229
8.3.3.	Odszranianie przez rewersyjną pracę wymienników ciepła w systemie CRR	234
8.3.4.	Dobór czasu między cyklami odszraniania na podstawie czasu odszraniania	239
8.4.	Podsumowanie	240
	Literatura	242
9.	Obliczenia	244
9.1.	Obliczenia gęstości i przewodności cieplnej szronu i lodu	244
9.2.	Obliczenia sprawności odszraniania i zysków ciepła komór chłodniczych	245
9.3.	Ocena techniczno-ekonomiczna odszraniania systemami CGE i CEE ...	247
9.4.	Obliczenia dla oziębiacza powietrza CIX 4,5-20	252
9.4.1.	Wielkości geometryczne charakteryzujące oziębiacz CIX 4,5-20	252
9.4.2.	Strumień ciepła wyznaczony na podstawie obliczeń współczynnika przenikania ciepła k	258
9.4.3.	Obliczenia wydajności oziębiacza dla takich samych danych wyjściowych wg Manna i Schacka	260
9.4.4.	Strumień ciepła wyznaczony na podstawie współczynnika przenikania ciepła	262
	Literatura	264
	Skorowidz nazwisk	265
	Skorowidz rzeczowy	266