

TECHNIKA
CHŁODNICZA
dla praktyków

PRZECHOWALNICTWO ŻYWNOŚCI



pod redakcją
dr. inż. Bolesława Gazińskiego

Przedmowa do II wydania

Pomysł opracowania i wydania cyklu książek „Technika chłodnicza dla praktyków” powstał przed wielu laty, gdy pracowałem jako nauczyciel akademicki na Politechnice Poznańskiej i prowadziłem wykłady oraz ćwiczenia projektowe z chłodnictwa. Inicjatywa ta okazała się jak najbardziej trafna. Wydana w 2003 roku książka „Technika chłodnicza dla praktyków. Przechowalnictwo i transport” spotkała się z pozytywnymi opiniami czytelników, którym ułatwiała wykonanie projektów, poprzez udostępnienie danych potrzebnych do określenia wymaganych warunków schładzania i przechowywania produktów w komorach chłodniczych i mroźniach. Zgromadzone w niej dane umożliwiły dokładne obliczenia zapotrzebowania mocy chłodniczej i dobór urządzeń chłodniczych dla komór i mroźni.

Kolejnym krokiem było wydanie w 2010 roku z mojej inicjatywy i pod moją redakcją poradnika „Urządzenia chłodnicze i przepisy prawne” zawierającego szczegółowe opisy budowy i działania sprężarek chłodniczych, chłodniczych wymienników ciepła (skraplaczy oraz parowników), a także zbiór obowiązujących do dziś przepisów prawnych w dziedzinie chłodnictwa. Jest to drugi tom z serii Technika Chłodnicza dla Praktyków.

Duży wpływ na treść tych poradników miały opinie uczestników szkoleń i konferencji z zakresu chłodnictwa organizowane od wielu lat przez firmę SYSTHERM oraz moje 40-letnie doświadczenie zawodowe.

II wydanie poradnika z cyklu „Technika chłodnicza dla praktyków” z podtytułem „**Przechowalnictwo żywności**” zostało znacznie rozszerzone i z tego powodu zagadnienia dotyczące transportu chłodniczego, które były częścią I wydania, przeniesiono do przygotowywanego poradnika pt. „Transport chłodniczy” stanowiący trzeci tom tej serii.

Do II-giego wydania poradnika wprowadzono zagadnienia zastosowań programów komputerowych do obliczeń bilansowych. Obliczenia komputerowe obiegów chłodniczych, pozwalają na wielowariantowość doboru urządzeń i elementów instalacji chłodniczych. W związku ze zwiększającym się spożyciem owoców i warzyw, a co za tym idzie rosnącym znaczeniem w gospodarce przechowalnictwa tych produktów opracowano na nowo rozdział dotyczący tych zagadnień. Zestawiono najnowsze wymagania dotyczące przechowalnictwa i przykładowe rozwiązania często spotykanych przechowalni owoców i warzyw. Bardzo szczegółowo zostały przedstawione zasady przechowywania bananów.

W tej edycji poradnika znajdują się własności czynników stosowanych aktualnie w chłodnictwie, klimatyzacji i pompach ciepła, których dynamiczny rozwój zastosowań obserwuje się w ostatnich latach.

Rozdział o komorach chłodniczych również został rozszerzony, a szczególnie warto zwrócić uwagę na omówienie błędów popełnianych przy budowie komór najczęściej przez firmy ogólnobudowlane. Dotyczy to zachowania szczelności powietrznej i jakości izolacji cieplnej.

Całkowicie nowy jest rozdział o meblach chłodniczych zawierający ich charakterystykę, budowę i zasady działania wraz z zasadami doboru i problemami eksploatacyjnymi.

Poradnik zawiera również problematykę związaną z wytwornicami lodu łuskowego. Szczególną uwagę zwrócono na budowę i stosowanie agregatów do wytwarzania lodu łuskowego dość powszechnie stosowanego w produkcji i sprzedaży żywności.

Jestem wdzięczny koledze dr. inż. Grzegorzowi Krzyżaniakowi, docentowi Politechniki Poznańskiej za duże zaangażowanie w przygotowanie II wydania poradnika, zarówno jako współautora jak i redaktora naukowego zespołu autorskiego.

Serdecznie dziękuję wszystkim Autorom, wysokiej klasy specjalistom znanym z osiągnięć w dziedzinie chłodnictwa i klimatyzacji, których sylwetki zawodowe przedstawiono w poradniku.

Dziękuję także pracownikom wydawnictwa SYSTHERM, bez których pracy poradnik nie mógłby powstać.

dr inż. Bolesław Gaziński

Spis treści

Przedmowa do wydania 2-giego	V
Informacja o autorach	VI
Wykaz oznaczeń	1
Jednostki wielkości fizycznych	3
1. Wybrane zagadnienia z termodynamiki	5
1.1. Obiegi – pojęcia i wielkości podstawowe	5
1.2. Powietrze wilgotne	6
1.2.1. Wielkości charakteryzujące stan powietrza wilgotnego	6
1.2.2. Przemiany powietrza wilgotnego	10
1.3. Wymiana ciepła	12
1.4. Ciepła właściwe wybranych materiałów, czynników chłodniczych i chłodziw	15
2. Sprężarkowe obiegi chłodnicze	17
2.1. Zastosowanie obiegów lewobieżnych	17
2.2. Obieg <i>Carnota</i> mokry	17
2.3. Obieg 1-stopniowy suchy	20
2.4. Obieg 1-stopniowy suchy z dochładzaniem ciekłego czynnika	21
2.5. Obieg 1-stopniowy z regeneracją ciepła	22
2.6. Sprężarkowy obieg chłodniczy – rzeczywisty	23
2.7. Procesy zachodzące w obiegu rzeczywistym	24
2.8. Celowość stosowania obiegów dwustopniowych	27
2.9. Obieg 2-stopniowy suchy, z chłodzeniem międzystopniowym i dochładzaniem ciekłego czynnika	27
2.10. Obieg 2-stopniowy suchy ze sprężaniem i rozprężaniem czynnika	28
2.11. Porównanie charakterystycznych wielkości 1-stopniowego obiegu chłodniczego przy zastosowaniu czynników R22, R134a, R404A i R407C	30
2.12. Porównanie współczynników wydajności chłodniczej dla obiegów jedno i dwustopniowych	33
2.13. Program obliczeniowy Solkane 7.0.	35
Literatura	43
3. Zapotrzebowanie mocy chłodniczej	45
3.1. Komory chłodnicze	45
3.1.1. Bilans ciepła komory chłodniczej (bilans parownikowy)	45
3.1.2. Metody obliczania poszczególnych składników bilansu energii komory chłodniczej	47
3.1.2.1. Zyski ciepła przez przegrody izolowane	47
3.1.2.2. Ciepło doprowadzone ze świeżym powietrzem	52
3.1.2.3. Ciepło doprowadzone przez składowany towar	53
3.1.2.4. Ciepło wydzielone przez pracujących ludzi	79
3.1.2.5. Ciepło wydzielone przez urządzenia	80
3.1.2.6. Ciepło dostarczane w czasie procesu odszraniania	81
3.1.2.7. Ciepło doprowadzone z innych źródeł	82
3.1.3. Wskaźniki do szacowania zapotrzebowania zimna	82
3.1.4. Nomogramy do wyznaczania zapotrzebowania mocy chłodniczej dla małych komór chłodniczych	83

3.1.5.	Bilans ciepła komory do przechowywania mrożonych owoców.....	85
3.2.	Tunele zamrażalnicze.....	88
3.2.1.	Bilans energii dla tunelu zamrażalniczego	88
3.2.2.	Wymagane warunki zamrażania żywności	89
3.3.	Meble chłodnicze	96
3.3.1.	Zasady bilansowania.....	96
3.3.2.	Składniki bilansu cieplnego	96
3.3.3.	Moc chłodnicza.....	97
3.3.4.	Określenie dobowego bilansu zysków ciepła	97
3.3.4.1.	Zyski ciepła przez przenikanie	97
3.3.4.2.	Zyski ciepła przez otwartą część mebla.....	97
3.3.4.3.	Zyski ciepła przez promieniowanie	98
3.3.4.4.	Zyski ciepła od oświetlenia wewnętrznego	99
3.3.4.5.	Zyski ciepła od pracujących wentylatorów i grzałek.....	99
3.3.4.6.	Zyski ciepła na skutek odszraniania	100
3.3.5.	Bilans ciepła dla regału chłodniczego – przykład obliczeniowy	100
3.3.6.	Orientacyjne zapotrzebowanie mocy chłodniczej	102
	Literatura.....	103
4.	Czynniki chłodnicze i płyny chłodzące.....	105
4.1.	Wprowadzenie	105
4.1.1.	Właściwości i podział czynników.....	105
4.1.2.	Efekt cieplarniany.....	107
4.1.3.	Mechanizm zubożania warstwy ozonowej	107
4.2.	Właściwości fizyczne i zastosowania wybranych czynników chłodniczych.....	109
4.2.1.	Tablice i wykresy właściwości czynników chłodniczych.....	109
4.2.2.	Przykładowe zastosowania czynników chłodniczych	135
4.3.	Porównanie wybranych właściwości czynników chłodniczych	135
4.4.	Własności fizykochemiczne zamienników czynnika R22	141
4.5.	Czynniki chłodzące i nośniki ciepła	146
4.5.1.	Czynniki chłodzące stałe	146
4.5.2.	Czynniki chłodzące ciekłe	147
4.5.2.1.	Woda lodowa	147
4.5.2.2.	Zasobniki lodu	149
4.5.2.3.	Solanki, sole solankowe.....	154
4.5.2.4.	Glikole	156
4.5.2.5.	Własności glikoli etylenowego i propylenowego.....	156
4.5.2.6.	Antifogeny	163
4.5.3.	Chłodziwa dwufazowe.....	165
4.5.3.1.	Dwutlenek węgla	165
4.5.3.2.	Lód zawieszinowy	165
4.5.4.	Chłodziwa gazowe.....	165
4.6.	Woda chłodnicza	166
4.6.1.	Woda, jako nośnik ciepła	166
4.6.1.1.	Ciepło właściwe wody	167
4.6.1.2.	Ciepło parowania wody	167
4.6.1.3.	Chłodnice wodno-powietrzne	167

4.6.2.	Chłodnicze systemy wodne	170
4.6.2.1.	Systemy przepływowe otwarte	170
4.6.2.2.	System zamknięty, recyrkulacyjny	171
4.6.2.3.	Recyrkulacyjne systemy otwarte	172
4.6.2.4.	Charakterystyka wodnych systemów chłodzenia	174
4.6.3.	Jakość wody stosowanej do chłodzenia	175
4.6.3.1.	Wymagania stawiane dla wody chłodniczej	175
4.6.4.	Problemy korozyjne w wodnych instalacjach chłodniczych	182
4.6.4.1.	Korozja urządzeń wodno-chłodniczych	183
4.6.4.2.	Życie biologiczne w wodnych układach chłodniczych	184
4.6.4.3.	Wpływ zawiesin, substancji rozpuszczonych, mikroorganizmów i substancji biogennych na jakość wód chłodniczych	185
4.6.5.	Osady chemiczne (kamień kotłowy) w systemach chłodniczych	185
4.6.5.1.	Powstawanie osadów chemicznych w systemach chłodniczych	186
4.6.5.2.	Charakterystyka kamienia kotłowego w układach wodnych	187
4.6.5.3.	Zabezpieczanie recyrkulacyjnych układów chłodniczych przed wytrącaniem osadów	188
4.6.5.4.	Wpływ kamienia na ilość pochłanianego ciepła	189
4.6.6.	Zasady dobrej eksploatacji obiegów wody chłodniczej	190
	Literatura	191
5.	Przechowalnictwo chłodnicze mięsa	193
5.1.	Wychładzanie poubojowe mięsa	193
5.1.1.	Ciepło odprowadzane podczas wychładzania	193
5.1.2.	Ubytki naturalne podczas wychładzania	194
5.1.3.	Metody wychładzania	196
5.1.4.	Związek pomiędzy szybkością wychładzania tusz, a jakością i stopniem zanieczyszczenia mikrobiologicznego mięsa	204
5.2.	Mrożenie mięsa	208
5.2.1.	Zasady ogólne procesu	208
5.2.2.	Metody zamrażania	209
5.3.	Przechowywanie mięsa mrożonego	210
5.3.1.	Warunki przechowywania	210
5.3.2.	Zmiany podczas przechowywania	211
5.4.	Rozmrażanie mięsa	212
5.4.1.	Metody rozmrażania	212
5.4.2.	Urządzenia do rozmrażania	213
5.5.	Chłodnicze utrwalanie mięsa i przetworów drobiowych	214
5.5.1.	Podział i ogólna charakterystyka technologiczna głównych procesów chłodniczego utrwalania mięsa i przetworów drobiowych	215
5.5.2.	Przemysłowe metody schładzania drobiu	217
5.5.3.	Sposoby przechowywania schłodzonego mięsa i przetworów drobiowych	221
5.5.4.	Wpływ temperatury i początkowego zanieczyszczenia mikrobiologicznego na okres trwałości schłodzonych tuszek drobiowych	223
5.5.5.	Chłodnicze przechowywanie mięsa i przetworów drobiowych pakowanych w modyfikowanej atmosferze (MAP)	225
5.5.6.	Znaczenie opakowań w zachowaniu jakości mięsa i przetworów drobiowych podczas przechowywania	229

5.5.7.	Zamrażanie.....	232
5.5.8.	Wpływ temperatury przechowywania na jakość i okres trwałości mrożonego mięsa i przetworów drobiowych	236
5.5.9.	Sposoby rozmrażania mięsa i przetworów drobiowych	240
	Literatura.....	242
6.	Przechowalność owoców i warzyw	245
6.1.	Zadania i rozwój przechowalności	245
6.2.	Procesy życiowe i zmiany fizjologiczne podczas przechowywania owoców i warzyw	246
6.2.1.	Oddychanie i wydzielanie ciepła	246
6.2.2.	Rola etylenu w dojrzewaniu owoców	250
6.2.3.	Transpiracja owoców i warzyw i ubytki masy	252
6.2.4.	Specyfika przechowywania ziemniaków	253
6.3.	Podział obiektów do przechowywania owoców i warzyw	255
6.3.1.	Problemy przy budowie obiektów przechowalniczych i chłodni	260
6.3.1.1.	Wielkość komór	260
6.3.1.2.	Izolacja termiczna i parochronna w komorach	260
6.3.1.3.	Izolacje gazoszczelne w komorach z kontrolowaną atmosferą	261
6.3.1.4.	Podłogi w komorach	262
6.3.2.	Zastosowanie urządzeń chłodniczych w chłodniach owoców	262
6.3.3.	Urządzenia do regulacji składu atmosfery w komorach gazoszczelnych	267
6.3.3.1.	Optymalne warunki przechowywania warzyw	267
6.3.3.2.	Budowa i zasada działania płuczek do usuwania CO ₂ z komór KA	269
6.3.3.3.	Urządzenia do regulacji zawartości tlenu w komorach gazoszczelnych	272
6.3.4.	Warunki przechowywania owoców	274
6.3.4.1.	Temperatura	274
6.3.4.2.	Wilgotność powietrza	278
6.3.4.3.	Skład gazowy powietrza	278
6.3.4.4.	Cyrkulacja i wymiana powietrza w komorze	279
6.3.4.5.	Wpływ załadunku na warunki przechowywania	280
6.4.	Nowoczesne technologie transportu, przechowywania i dojrzewania bananów	281
6.4.1.	Wprowadzenie	281
6.4.1.1.	Wartość odżywcza bananów	281
6.4.1.2.	Zbiory bananów	281
6.4.2.	Nowoczesne technologie przechowywania i transportu bananów	281
6.4.2.1.	Zasady postępowania z bananami po zbiorze	281
6.4.2.2.	Pakowanie i przygotowanie do transportu	282
6.4.2.3.	Transport chłodniczy bananów	283
6.4.2.4.	Zastosowanie modyfikowanej i kontrolowanej atmosfery w transporcie chłodniczym	284
6.4.2.5.	Optymalne warunki przechowywania i transportu (przy schładzaniu)	287
6.4.3.	Fazy dojrzewania bananów	289
6.4.3.1.	Podział okresu dojrzewania na fazy	289
6.4.3.2.	Przyspieszenie procesu dojrzewania	290
6.4.3.3.	Zmiana koloru bananów podczas procesu dojrzewania w kraju konsumenta	292
6.4.4.	Dojrzałnie bananów	295
6.4.4.1.	Wprowadzenie	295
6.4.4.2.	Dojrzałnie bananów	296

6.4.4.3.	Typy dojrzewalni bananów	296
6.4.4.4.	Przykładowe rozwiązania ciśnieniowych komór dojrzewalniczych działających z termostatem cyfrowym (regulacja on/off)	298
6.4.4.5.	Ciśnieniowe komory dojrzewalnicze z termostatem analogowym (regulacja 0 ÷ 100%)... 302	
6.4.4.6.	Modułowa budowa dojrzewalni.....	306
6.4.4.7.	Ciepłny przetwornik analogowo-cyfrowy	306
6.4.5.	Cechy charakterystyczne nowoczesnej, wielokomorowej dojrzewalni bananów	308
6.4.5.1.	Typowe cechy charakteryzujące dojrzewalnie bananów	308
6.4.5.2.	Właściwości technologiczne.....	310
6.4.5.3.	Właściwości chłodnicze.....	315
6.4.5.4.	Pomiar i regulacja parametrów atmosfery w dojrzewalni	316
6.4.6.	Przykładowe rozwiązanie dojrzewalni	320
	Literatura.....	322
7.	Komory i drzwi chłodnicze	325
7.1.	Klasyfikacja komór chłodniczych.....	325
7.2.	Właściwości izolacji przegród komór chłodniczych	326
7.2.1.	Izolacyjność cieplna.....	326
7.2.2.	Paroszczelność ściany izolowanej	327
7.3.	Ogólne wymagania stawiane materiałom izolacyjnym przegród komór chłodniczych	327
7.4.	Konstrukcje komór składanych	329
7.4.1.	Konstrukcja i montaż komór.....	329
7.4.2.	Płyty warstwowe metalplast ISOTHERM CH	332
7.4.2.1.	Budowa płyt.....	332
7.4.2.2.	Dane techniczne i właściwości fizykochemiczne	333
7.4.2.3.	Zastosowania płyt	333
7.4.2.4.	Połączenia płyt.....	334
7.4.3.	Panele izolacyjne firmy Roma Dämm-Systeme	336
7.4.3.1.	Ścienne panelowe płyty izolacyjne do szybkiego montażu	336
7.4.3.2.	Płyty izolacyjne dachowe do szybkiego montażu	338
7.4.3.3.	Rozwiązania konstrukcyjne połączeń płyt panelowych	339
7.5.	Drzwi chłodnicze i śluzy.....	342
7.5.1.	Prawidłowy dobór drzwi do chłodni	342
7.5.2.	Budowa drzwi chłodniczych.....	343
7.6.	Specjalne wymagania stawiane komorom mroźniczym	345
7.6.1.	Posadzki	345
7.6.2.	Ogrzewanie posadzki	346
7.6.3.	Rozruch mroźni	347
7.6.4.	Zawory powietrzne	347
7.7.	Elementy wykończenia komór chłodniczych	348
7.7.1.	Panele wewnętrzne do komór	348
7.7.2.	Narożnik wewnętrzny	350
7.7.3.	Profil U dla płyt warstwowych	350
7.7.4.	Cokół do chłodni	350
7.7.5.	Odbojnica wzmocniona z PVC.....	351
7.8.	Wymagania sanitarne.....	352
7.9.	Badania odbiorcze komór chłodniczych oraz błędy konstrukcyjne i montażowe.....	352

7.9.1.	Badania odbiorcze komór chłodniczych	352
7.9.2.	Badania szczelności powietrznej i paroszczelności komór chłodniczych.....	353
7.9.3.	Termowizja.....	357
7.9.4.	Wady komór chłodniczych.....	358
7.9.5.	Wady konstrukcyjne komór chłodniczych.....	359
7.9.6.	Wady technologiczne komór chłodniczych.....	362
7.9.7.	Wnioski.....	368
	Literatura.....	368
8.	Meble chłodnicze	371
8.1.	Wprowadzenie	371
8.2.	Charakterystyka mebli	371
8.2.1.	Rodzaje mebli	371
8.2.2.	Budowa i zastosowanie.....	372
8.3.	Kryteria doboru mebli chłodniczych	375
8.4.	Zakresy temperatury i obieg powietrza chłodzącego	375
8.5.	Agregaty stosowane w meblach	376
8.6.	Automatyka i sterowanie	377
8.7.	Wyposażenie dodatkowe.....	377
8.8.	Wpływ pracy mebli chłodniczych na zyski ciepła w pomieszczeniu sklepowym	378
8.9.	Eksploatacja mebli – odszranianie i oszczędność energii.....	380
8.9.1.	Odszranianie	380
8.9.2.	Oszczędność energii	381
8.9.3.	Wpływ typu mebli na koszty eksploatacyjne.....	382
8.10.	Projektowanie i eksploatacja instalacji chłodniczych.....	384
8.10.1.	Specyfikacja chłodnictwa w handlu i gastronomii.....	384
8.10.2.	Czynniki wpływające na koszty instalacji.....	385
8.10.3.	Komory chłodnicze.....	386
8.10.4.	Instalacjachłodnicza.....	387
8.10.5.	Odzysk ciepła z instalacji chłodniczej.....	389
	Literatura.....	393
9.	Aspekty budowy, doboru, montażu i użytkowania agregatów	
	do wytwarzania lodu łuskowego	395
9.1.	Zastosowania lodu łuskowego	395
9.2.	Zasada działania agregatów do wytwarzania lodu łuskowego	395
9.3.	Rodzaje wytwornic lodu łuskowego firmy ZIEGRA.....	396
9.4.	Budowa, montaż i eksploatacja przykładowej wytwornicy lodu UBE 10.000-2	398
	Literatura.....	402
10.	Wytwornice lodu blokowego	403
10.1.	Wstęp	403
10.2.	Technologia produkcji lodu blokowego	403
10.3.	Przechowywanie bloków lodu	407
10.4.	Transport.....	407
10.5.	Przemysłowe wytwornice lodu blokowego	408
10.5.1.	Solankowe wytwornice lodu blokowego.....	409
10.5.2.	Płytkowa wytwornica lodu blokowego z bezpośrednim systemem chłodzenia	410
10.5.3.	Blokowo-rurowe i blokowo-płytkowe wytwornice lodu.....	412

Literatura.....	414
11. Zastosowanie skroplonych gazów do utrwalania żywności.....	415
11.1. Wpływ szybkości procesu zamrażania na jakość żywności.....	417
11.2. Zastosowanie skroplonych gazów w przemyśle mięsny.....	420
11.3. Zastosowanie skroplonych gazów w przemyśle owocowo-warzywnym.....	424
11.4. Zastosowanie skroplonych gazów w przemyśle piekarniczym.....	427
11.5. Aspekt ekonomiczny.....	429
Literatura.....	430
Spis tablic.....	433