

Spis treści

Przedmowa	11
Część I. Zasady projektowania sieci ciepłych	15
1. Uwagi ogólne i podstawowe pojęcia	17
1.1. Czynniki grzejne stosowane w systemach ciepłowniczych	18
1.2. Klasyfikacja sieci ciepłych	19
2. Układy sieci ciepłych	22
2.1. Podłączenie instalacji centralnego ogrzewania i wentylacji	22
2.1.1. Podłączenie instalacji centralnego ogrzewania do sieci wodnych	22
2.1.2. Podłączenie centralnego ogrzewania do sieci parowych	25
2.1.3. Podłączenie instalacji wentylacji	26
2.2. Sieci wodne z bezpośrednim poborem ciepłej wody	27
2.2.1. Sieci jedнопrzewodowe	27
2.2.2. Sieci dwuprzewodowe	29
2.2.3. Sieci wieloprzewodowe	30
2.3. Sieci wodne z pośrednim poborem ciepłej wody	32
2.4. Porównawcza analiza układów wodnych sieci ciepłych	34
2.5. Sieci parowe	36
3. Bilans cieplny układów ciepłowniczych	38
3.1. Podstawy teoretyczne	39
3.1.1. Bilans cieplny budynku	39
3.1.2. Przewodzenie ciepła	40
3.1.3. Przejmowanie ciepła	43
3.1.4. Promieniowanie	46
3.1.5. Przenikanie ciepła	49
3.2. Sporządzanie bilansu cieplnego	51
3.2.1. Określenie zapotrzebowania na ciepło dla poszczególnych pomieszczeń i budynków	52

3.2.1.1.	Określenie zapotrzebowania na ciepło dla poszczególnych budynków za pomocą programów komputerowych	52
3.2.1.2.	Określenie sezonowego zapotrzebowania na ciepło budynków	53
3.2.2.	Wyznaczanie bilansu cieplnego na podstawie jednostkowych charakterystyk budynków	56
3.2.2.1.	Zapotrzebowanie ciepła na cele centralnego ogrzewania	56
3.2.2.2.	Zapotrzebowanie ciepła do przygotowania ciepłej wody	58
3.2.2.3.	Zapotrzebowanie ciepła na cele wentylacji	59
	Przykład 3.1	60
3.2.3.	Ekonomiczne zasady wyznaczania bilansu cieplnego na etapie założeń techniczno-ekonomicznych	62
3.2.3.1.	Zapotrzebowanie ciepła na cele centralnego ogrzewania	62
3.2.3.2.	Zapotrzebowanie ciepła na cele wentylacji	63
3.2.3.3.	Zapotrzebowanie ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej	64
	Przykład 3.2	65
3.3.	Zależność zapotrzebowania na ciepło od temperatury powietrza zewnętrznego	66
3.3.1.	Centralne ogrzewanie	67
3.3.2.	Wentylacja	68
3.3.3.	Centralna ciepła woda	69
	Przykład 3.3	69
3.4.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło	70
	Przykład 3.4	72
3.5.	Wykresy rocznego zapotrzebowania ciepła	73
	Przykład 3.5	75
4.	Regulacja dostarczania ciepła	78
4.1.	Regulacja centralnego ogrzewania	79
4.1.1.	Ciągłe regulowanie	80
4.1.2.	Regulowanie czasem pracy	83
4.2.	Regulowanie wentylacji	85
4.2.1.	Regulowanie czynnikiem grzejącym	85
4.2.2.	Regulowanie ilością powietrza	86
4.3.	Regulowanie obciążenia cieplnego ciepłej wody użytkowej	88
4.3.1.	Regulowanie przy pośrednim poborze ciepłej wody	88
4.3.2.	Regulowanie przy bezpośrednim poborze ciepłej wody	90
4.4.	Wspólne regulowanie różnorodnego obciążenia cieplnego	91
4.4.1.	Sposoby regulacji różnorodnego obciążenia	91
4.4.2.	Zasady mieszanego regulowania	92
4.4.3.	Regulowanie wspólnego zapotrzebowania ciepła według obciążenia c.o.	94
4.4.3.1.	Równoległe podłączenie podgrzewaczy c.w.	94
4.4.3.2.	Dwustopniowe szeregowo-równoległe podłączenie podgrzewaczy c.w.	96
4.4.3.3.	Bezpośredni układ poboru ciepłej wody	98
4.4.4.	Regulowanie wspólnego zapotrzebowania ciepła według sumarycznego obciążenia c.o. i c.w.	100
4.4.4.1.	Dwustopniowe szeregowe podłączenie podgrzewaczy c.w.	100
4.4.4.2.	Bezpośredni układ poboru ciepłej wody	102
	Przykład 4.1	104
5.	Obliczenia hydrauliczne sieci cieplnych	107
5.1.	Cele obliczeń hydraulicznych	107
5.2.	Określanie obliczeniowych przepływów wody	107
5.3.	Podstawy teoretyczne obliczeń hydraulicznych	108

5.4.	Określanie średnic przewodów i strat ciśnienia	110
5.4.1.	Metoda zadanych jednostkowych strat ciśnienia	110
	Przykład 5.1	113
5.5.	Wykresy piezometryczne. Wymagania wobec ciśnień w przewodach sieci ciepłych	115
5.5.1.	Podłączenie do istniejącej sieci	117
5.5.2.	Projektowanie nowej sieci ciepłej	118
5.5.3.	Wymagania dotyczące stanu ciśnień w przewodach sieci	121
5.5.4.	Stan statyczny sieci ciepłej	122
	Przykład 5.2	124
6.	Przewody sieci ciepłych	125
6.1.	Rury	125
6.1.1.	Wytrzymałość mechaniczna ścianek rur	125
	Przykład 6.1	128
6.1.2.	Rodzaje rur i ich połączenia	129
6.2.	Podpory przewodów	130
6.2.1.	Określenie odległości między podporami ruchomymi	130
6.2.2.	Obciążenie podpór ruchomych	133
6.2.3.	Obciążenie podpór stałych (nieruchomych)	134
6.2.3.1.	Siły tarcia	135
6.2.3.2.	Siły tarcia w kompensatorach dławicowych	138
6.2.3.3.	Siły odkształceń sprężystych	138
6.2.3.4.	Siła ciśnienia wewnętrznego	138
7.	Kompensacja wydłużeń termicznych	139
7.1.	Uwagi ogólne	139
	Przykład 7.1	140
7.2.	Typy kompensatorów	141
7.2.1.	Kompensatory osiowe	142
7.2.2.	Kompensatory radialne	142
7.2.3.	Kompensacyjne metody układania przewodów sieci	143
7.3.	Obliczanie kompensacji wydłużeń przewodów sieci	144
7.3.1.	Metoda centrum sprężystego	145
7.3.1.1.	Podstawy teoretyczne	145
7.3.1.2.	Obliczanie Z-kształtowego odcinka samokompensacji	147
7.3.1.3.	Obliczanie L-kształtowego odcinka samokompensacji	149
7.3.1.4.	Obliczanie U-kształtowego kompensatora	150
7.3.2.	Uniwersalne wzory obliczeniowe	154
8.	Izolacja przewodów sieci ciepłych	155
8.1.	Wiadomości ogólne	155
8.1.1.	Warstwa ciepłozolacyjna	156
8.1.2.	Warstwa hydroizolacyjna	156
8.1.3.	Warstwa osłonowa	156
8.2.	Rodzaje izolacji ciepłej	157
8.2.1.	Izolacja z masy plastycznej	157
8.2.2.	Izolacja z mat	157
8.2.3.	Kształtki izolacyjne	158
8.2.4.	Izolacja zasypowa lub wylewana	158
8.2.5.	Krótką analiza rozwoju technologii izolacji	159

8.2.6. Technologia rur preizolowanych	160
8.2.6.1. Rozwój technologii rur preizolowanych	160
8.2.6.2. Nowoczesne technologie rur preizolowanych	162
8.2.7. Izolacja złączy w technologii rur preizolowanych	163

Część II. Zasady optymalnego projektowania węzłów cieplnych 165

1. Podstawy teoretyczne wymiany ciepła i masy w wymiennikach ciepła	167
1.1. Podstawowe pojęcia	167
1.2. Bilans ciepła i masy w układach otwartych	168
1.2.1. Bezpośrednia wymiana ciepła	168
1.2.2. Pośrednia rekuperacyjna wymiana ciepła	170
1.2.3. Pośrednia regeneracyjna wymiana ciepła	171
1.3. Przekazywanie ciepła przez ściankę cylindryczną	172
1.3.1. Przewodzenie ciepła przez ściankę cylindryczną	172
1.3.2. Przejmowanie ciepła na powierzchni cylindrycznej	173
1.3.3. Przenikanie ciepła przez ściankę cylindryczną	174
2. Obliczenia cieplne i hydrauliczne wymienników	175
2.1. Rodzaje wymienników stosowanych w węzłach cieplnych	175
2.2. Wymiana ciepła w wymiennikach	177
2.2.1. Bilans cieplny wymiennika	177
2.2.2. Wymiana ciepła w wymiennikach przepływowych typu woda-woda	179
2.2.3. Wymiana ciepła w wymiennikach pojemnościowych typu woda-woda	180
2.2.4. Określenie właściwości fizycznych wody	182
2.3. Obliczenia wymienników	183
2.3.1. Rodzaje obliczeń wymienników ciepła	183
2.3.2. Przykładowe charakterystyki wymienników	184
2.3.2.1. Wymienniki pojemnościowe	184
2.3.2.2. Wymienniki płytowe	184
2.3.3. Obliczenia komputerowe	185
3. Podstawy budowy węzłów cieplnych	187
3.1. Klasyfikacja węzłów cieplnych	187
3.2. Węzły cieplne bezpośredniego podłączenia (BP)	189
3.2.1. Węzły BP bez transformacji parametrów	189
3.2.2. Węzły BP z transformacją parametrów	190
3.2.2.1. Węzły hydroelewatorowe (ejektorowe)	191
3.2.2.2. Węzły mieszania pompowego	193
3.3. Wymiennikowe węzły cieplne	194
3.3.1. Węzły jednofunkcyjne	195
3.3.1.1. Węzły jednofunkcyjne c.o. i ciepła technologicznego	195
3.3.1.2. Węzły jednofunkcyjne centralnej ciepłej wody	195
3.3.2. Węzły wielofunkcyjne	196
3.4. Połączone (mieszane) układy węzłów cieplnych	197
3.4.1. Układy z decentralnym przygotowaniem c.w.u.	198
3.4.1.1. Mieszkaniowe miniwęzły cieplne Logoterma firmy „Meibes”	200
3.4.1.2. Regulator PM	202

3.4.2. Węzły zasobnikowe 203

3.4.3. Kompletnie systemy węzłów cieplnych 206

4. Dobór elementów węzłów cieplnych 208

4.1. Dobór urządzeń do eejekcji 208

4.2. Dobór pomp 209

4.2.1. Ogólne zasady doboru pomp 209

4.2.2. Dobór pomp mieszających w stacji zmieszania instalacji c.o. 210

4.3. Dobór wymienników ciepła 211

5. Nowoczesne rozwiązania węzłów cieplnych 212

5.1. Zasady prawidłowego projektowania węzłów cieplnych 212

5.1.1. Ogólna analiza wymogów zapewniających optymalne rozwiązania węzłów cieplnych 212

5.1.2. Przyczyny powodujące konieczność hydraulicznego oddzielenia obiegów centrali cieplnej i instalacji 214

5.2. Rozdzielacze hydrauliczne 216

5.2.1. Pionowe rozdzielacze hydrauliczne PRH 216

5.2.1.1. Zasady działania rozdzielaczy pionowych 216

5.2.1.2. Wymiarowanie rozdzielaczy 218

5.2.2. Rozpowszechnione konstrukcje PRH 220

5.2.2.1. PRH firmy „Schäfer” 220

5.2.2.2. PRH firmy „MAGRA” 221

5.2.2.3. PRH firmy „Hydrotherm” 222

5.2.2.4. PRH firmy „De Dietrich” 222

5.2.3. „Wartownik” 223

5.2.4. Zasady doboru pomp i projektowania układu węzłów wyposażonych w rozdzielacze hydrauliczne 225

5.2.5. Rozdzielacze ZORT–System 227

5.2.5.1. ZORT–Centrala 227

5.2.5.2. ZORT–Multi 229

Część III. Ekonomiczne zagadnienia z ciepłownictwa 233

1. Ekonomiczne zasady obliczeń hydraulicznych przewodów sieci cieplnych 235

1.1. Podstawy metody najkorzystniejszych jednostkowych strat ciśnienia 236

1.1.1. Podstawy teoretyczne 236

1.1.2. Wzory obliczeniowe 237

1.2. Wskazana kolejność obliczeń hydraulicznych metodą najkorzystniejszych jednostkowych strat ciśnienia 240

1.2.1. Obliczenia wstępne 240

1.2.2. Określenie najkorzystniejszych jednostkowych strat ciśnienia 241

1.2.3. Określenie średnic przewodów i rzeczywistych liniowych strat ciśnienia 241

1.2.4. Wyznaczanie miejscowych strat ciśnienia 241

1.2.5. Określenie sumarycznych strat ciśnienia sieci cieplnej 243

1.2.6. Końcowy etap obliczeń 244

Przykład 1.1 244

2.	Ekonomiczne zasady obliczeń cieplnych przewodów sieci	251
2.1.	Obliczenia ciepłe rurociągu otoczonego powietrzem	251
2.2.	Obliczenia pojedynczego rurociągu ułożonego bezpośrednio w gruncie	254
2.3.	Obliczenia dwuprzewodowej podziemnej bezkanałowej sieci cieplnej	256
2.4.	Obliczenia podziemnej kanałowej sieci cieplnej	259
2.5.	Spadek temperatury i skroplenie kondensatu podczas transportowania nośnika ciepła	260
2.6.	Wyznaczanie najkorzystniejszej grubości izolacji cieplnej	261
	Przykład 2.1	264
3.	Oszczędzanie energii w wyniku regulowania czasu pracy instalacji centralnego ogrzewania	268
3.1.	Ogólne wiadomości o programowym regulowaniu czasu pracy instalacji centralnego ogrzewania	268
3.2.	Określenie jednostkowych strat ciepła budynku	270
3.3.	Określenie stałej czasowej współczynnika akumulacyjności cieplnej budynku	272
3.4.	Obliczenie regulowania czasu pracy instalacji c.o.	272
3.5.	Określenie ilości zaoszczędzonej energii	274
3.6.	Szczegóły programowego regulowania czasu pracy instalacji c.o. w budynkach o podwyższonej izolacyjności	275
4.	Analiza opłacalności stosowania różnych rodzajów energii pierwotnej w budownictwie mieszkalnym i użyteczności publicznej	280
4.1.	Uwagi ogólne	280
4.2.	Sporządzenie bilansu opłacalności zużycia gazu do podgrzewania ciepłej wody	281
4.2.1.	Dobowe zapotrzebowanie na c.w.u.	281
4.2.2.	Roczne zapotrzebowanie na c.w.u.	281
4.2.3.	Roczne zapotrzebowanie energii na podgrzewanie c.w.u.	282
4.2.4.	Roczne dodatkowe zużycie gazu na podgrzewanie c.w.u.	282
4.2.5.	Opłaty dodatkowe za gaz	283
4.2.6.	Koszty podgrzewania c.w.u. za pomocą energii elektrycznej	286
4.2.7.	Roczny zysk przy stosowaniu gazu	286
4.2.8.	Różnica kosztów inwestycyjnych	286
4.3.	Rachunek ekonomiczny przy wyborze źródła ciepła	287
4.3.1.	Prosty okres zwrotu nakładów SPBT	287
4.3.2.	Zaktualizowana wartość netto NPV	288
4.3.3.	Wewnętrzna stopa zwrotu IRR	289
	Przykład 4.1	291
	Przykład 4.2	295
	Przykład 4.3	299
	Przykład 4.4	303
	Przykład 4.5	306
	Przykład 4.6	307
4.4.	Uwagi końcowe	311
	Literatura	312
	Załączniki	316
	Skorowidz	355