

Spis treści

Przedmowa	11
Część I. Podstawy obliczeń i projektowania sieci ciepłych	15
1. Podstawowe pojęcia i definicje	17
1.1. Czynniki grzejne stosowane w systemach ciepłowniczych	18
1.2. Klasyfikacja układów ciepłowniczych i sieci ciepłych	19
2. Układy ciepłownicze	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	24
2.1.3. Podłączenie instalacji wentylacji i klimatyzacji	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 podgrzewaniem ciepłej wody	32
2.4. Porównawcza analiza układów wodnych sieci ciepłych	34
2.5. Sieci parowe	35
3. Obciążenie cieplne układów ciepłowniczych	37
3.1. Podstawy teoretyczne	38
3.1.1. Bilans cieplny budynku	38
3.1.2. Przewodzenie ciepła	40
3.1.3. Przejmowanie ciepła	42
3.1.4. Promieniowanie cieplne	45
3.1.5. Przenikanie ciepła	48
3.2. Sporządzanie bilansu cieplnego	50
3.2.1. Określenie zapotrzebowania na ciepło dla poszczególnych pomieszczeń i budynków	51

3.2.2.	Wyznaczanie bilansu cieplnego na podstawie jednostkowych charakterystyk budynków	55
3.2.3.	Ekonomiczne zasady wyznaczania bilansu cieplnego na etapie założeń techniczno- -ekonomicznych	61
3.3.	Zależność zapotrzebowania na ciepło od temperatury powietrza zewnętrznego	65
3.3.1.	Centralne ogrzewanie	65
3.3.2.	Wentylacja	66
3.3.3.	Centralna ciepła woda	67
3.4.	Roczne zapotrzebowanie na ciepło	68
3.5.	Wykresy roczne zapotrzebowania na ciepło	71
4.	Regulacja obciążenia cieplnego	76
4.1.	Regulacja centralnego ogrzewania	77
4.1.1.	Regulacja ciągła	78
4.1.2.	Sterowanie czasem pracy instalacji	81
4.2.	Regulacja obciążenia cieplnego wentylacji i klimatyzacji	83
4.2.1.	Regulacja czynnikiem grzejącym	83
4.2.2.	Regulacja ilością powietrza	84
4.3.	Regulacja obciążenia cieplnego ciepłej wody	86
4.3.1.	Regulacja przy podłączeniu wymiennikowym	86
4.3.2.	Regulacja przy bezpośrednim poborze ciepłej wody	88
4.4.	Wspólna regulacja różnorodnego obciążenia cieplnego	89
4.4.1.	Sposoby regulacji różnorodnego obciążenia	89
4.4.2.	Zasady regulacji mieszanej	90
4.4.3.	Regulacja wspólnego obciążenia cieplnego według obciążenia c.o.	92
4.4.4.	Regulacja wspólnego obciążenia cieplnego według sumarycznego obciążenia c.o. i c.w.	98
5.	Obliczenia hydrauliczne sieci ciepłych	105
5.1.	Cele obliczeń hydraulicznych	105
5.2.	Określanie obliczeniowych przepływów wody	105
5.3.	Podstawy teoretyczne obliczeń hydraulicznych	106
5.4.	Określanie średnic przewodów i strat ciśnienia	108
5.4.1.	Metoda optymalnych prędkości	108
5.4.2.	Metoda zadanych jednostkowych strat ciśnienia	108
5.5.	Wykresy piezometryczne. Wymagania wobec ciśnień w przewodach sieci ciepłych	114
5.5.1.	Podłączenie do istniejącej sieci	116
5.5.2.	Projektowanie nowej sieci ciepłej	117
5.5.3.	Wymagania dotyczące stanu ciśnień w przewodach sieci	118
5.5.4.	Stan statyczny sieci ciepłej	120
6.	Przewody sieci ciepłych	123
6.1.	Rury	123
6.1.1.	Wytrzymałość mechaniczna ścianek rur	123
6.1.2.	Rodzaje rur i ich połączenia	127
6.2.	Podpory przewodów	128
6.2.1.	Określenie odległości między podporami ruchomymi	128
6.2.2.	Obciążenie podpór ruchomych	131
6.2.3.	Obciążenie podpór stałych (nieruchomych)	132

7.	Kompensacja wydłużeń termicznych	137
7.1.	Uwagi ogólne	137
7.2.	Typy kompensatorów	139
7.2.1.	Kompensatory osiowe	140
7.2.2.	Kompensatory radialne	141
7.2.3.	Kompensacyjne metody układania przewodów sieci	142
7.3.	Obliczanie kompensacji wydłużeń przewodów sieci	143
7.3.1.	Metoda centrum sprężystego	143
7.3.2.	Uniwersalne wzory obliczeniowe	152
8.	Izolacja przewodów sieci ciepłych	154
8.1.	Wiadomości ogólne	154
8.1.1.	Warstwa ciepłozolacyjna	155
8.1.2.	Warstwa hydroizolacyjna	155
8.1.3.	Warstwa osłonowa	155
8.2.	Rodzaje izolacji cieplnej	156
8.2.1.	Izolacja z masy plastycznej	156
8.2.2.	Izolacja z mat	156
8.2.3.	Kształtki izolacyjne	157
8.2.4.	Izolacja zasypowa lub wylewana	157
8.2.5.	Krótką analiza rozwoju technologii izolacji	158
8.3.	Technologia rur preizolowanych	159
8.3.1.	Rozwój technologii rur preizolowanych	159
8.3.2.	Nowoczesne technologie rur preizolowanych	160
8.3.3.	Izolacja złączy w technologii rur preizolowanych	162
8.3.4.	Problemy technologii rur preizolowanych	163
8.4.	Izolacja ceramiczna	164
Część II. Podstawy obliczeń i projektowania węzłów ciepłych		165
1.	Wymiana 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 wymienników ciepła	175
2.1.	Rodzaje wymienników stosowanych w węzłach ciepłych	175
2.2.	Wymiana ciepła w wymiennikach	179
2.2.1.	Bilans cieplny wymiennika	179
2.2.2.	Wymiana ciepła w wymiennikach przepływowych typu woda-woda	180
2.2.3.	Wymiana ciepła w wymiennikach pojemnościowych typu woda-woda	182
2.2.4.	Określenie właściwości fizycznych wody	183

2.3.	Obliczenia cieplne i hydrauliczne wymienników	184
2.3.1.	Rodzaje obliczeń wymienników ciepła	184
2.3.2.	Przykładowe charakterystyki wymienników	186
2.3.3.	Obliczenia komputerowe	186
3.	Konstrukcja węzłów cieplnych	188
3.1.	Klasyfikacja węzłów cieplnych	188
3.2.	Węzły cieplne bezpośredniego podłączenia (BP)	190
3.2.1.	Węzły BP bez transformacji parametrów	190
3.2.2.	Węzły BP z transformacją parametrów	191
3.3.	Wymiennikowe węzły cieplne	195
3.3.1.	Węzły jednofunkcyjne	196
3.3.2.	Węzły wielofunkcyjne	196
3.3.3.	Połączone (mieszane) układy węzłów cieplnych	198
3.4.	Układy z mieszkaniową instalacją c.o. i c.w.	199
3.4.1.	Mieszkaniowy węzeł cieplny Logoterma firmy „Meibes”	201
3.4.2.	Regulator PM	203
3.5.	Węzły zasobnikowe	204
3.6.	Kompletne systemy węzłów cieplnych	207
4.	Dobór elementów węzłów cieplnych	209
4.1.	Dobór urządzeń do ewakuacji	209
4.2.	Dobór pomp	210
4.2.1.	Ogólne zasady doboru pomp	210
4.2.2.	Dobór pomp mieszających w stacji zmieszania instalacji c.o.	211
4.3.	Dobór wymienników ciepła	212
5.	Nowoczesne rozwiązania węzłów cieplnych	214
5.1.	Zasady prawidłowego projektowania węzłów cieplnych	214
5.1.1.	Ogólna analiza wymagań zapewniających optymalne rozwiązania węzłów cieplnych	214
5.1.2.	Przyczyny powodujące konieczność hydraulicznego oddzielenia obiegów centrali cieplnej i instalacji	216
5.2.	Pionowe rozdzielacze hydrauliczne (PRH)	218
5.2.1.	Zasady działania rozdzielaczy pionowych	218
5.2.2.	Wymiarowanie rozdzielaczy pionowych	220
5.2.3.	Rozpowszechnione konstrukcje PRH	222
5.3.	„Wartownik”	225
5.4.	Zasady doboru pomp i projektowania układu węzłów wyposażonych w rozdzielacze hydrauliczne	227
5.5.	Rozdzielacze ZORT-System	228
5.5.1.	ZORT-Centrała	228
5.5.2.	ZORT-Multi	231
5.6.	Zasada szeregowego połączenia obiegów	233
5.6.1.	Schemat technologiczny układu szeregowego	235
5.6.2.	Zasady działania układu	235
5.6.3.	Zalety systemu	236

Część III. Oszczędzanie energii w ciepłownictwie	239
1. Ekonomiczne zasady obliczeń hydraulicznych przewodów sieci cieplnych	241
1.1. Podstawy metody najkorzystniejszych jednostkowych strat ciśnienia	242
1.1.1. Podstawy teoretyczne	242
1.1.2. Wzory obliczeniowe	243
1.2. Wskazana kolejność obliczeń hydraulicznych metodą najkorzystniejszych jednostkowych strat ciśnienia	245
1.2.1. Obliczenia wstępne	246
1.2.2. Określenie najkorzystniejszych jednostkowych strat ciśnienia	246
1.2.3. Określenie średnic przewodów i rzeczywistych liniowych strat ciśnienia	246
1.2.4. Wyznaczanie miejscowych strat ciśnienia	247
1.2.5. Określenie sumarycznych strat ciśnienia sieci cieplnej	249
1.2.6. Końcowy etap obliczeń	249
2. Ekonomiczne zasady obliczeń cieplnych przewodów sieci	256
2.1. Obliczenia ciepłe rurociągu otoczonego powietrzem	256
2.2. Obliczenia pojedynczego rurociągu ułożonego bezpośrednio w gruncie	259
2.3. Obliczenia dwuprzewodowej podziemnej bezkanałowej sieci cieplnej	261
2.4. Obliczenia podziemnej kanałowej sieci cieplnej	264
2.5. Spadek temperatury i skroplenie kondensatu podczas transportowania nośnika ciepła	265
2.6. Wyznaczanie najkorzystniejszej grubości izolacji cieplnej	266
3. Oszczędzanie energii za pomocą sterowania czasem pracy instalacji centralnego ogrzewania	273
3.1. Ogólne wiadomości o programowej regulacji instalacji centralnego ogrzewania	273
3.2. Określenie jednostkowych strat ciepła budynku	275
3.3. Określenie stałej czasowej współczynnika akumulacyjności cieplnej budynku	276
3.4. Obliczenie sterowania czasem pracy instalacji c.o.	277
3.5. Określenie ilości zaoszczędzonej energii	279
3.6. Szczegóły programowego sterowania czasem pracy instalacji c.o. w budynkach o podwyższonej izolacyjności	280
4. Analiza opłacalności stosowania różnych rodzajów energii pierwotnej w budownictwie mieszkalnym i użyteczności publicznej	285
4.1. Uwagi ogólne	285
4.2. Sporządzenie bilansu opłacalności zużycia gazu do podgrzewania ciepłej wody	286
4.2.1. Dobowe zapotrzebowanie na c.w.	286
4.2.2. Roczne zapotrzebowanie na c.w.	288
4.2.3. Roczne zapotrzebowanie energii na podgrzewanie c.w.	288
4.2.4. Roczne dodatkowe zużycie gazu na podgrzewanie c.w.	290
4.2.5. Opłaty dodatkowe za gaz	291
4.2.6. Koszty podgrzewania c.w. za pomocą energii elektrycznej	294
4.2.7. Roczny zysk przy stosowaniu gazu	295
4.2.8. Różnica kosztów inwestycyjnych	295
4.3. Rachunek ekonomiczny przy wyborze źródła ciepła	295

4.3.1. Prosty okres zwrotu nakładów SPBT	296
4.3.2. Zaktualizowana wartość netto NPV	296
4.3.3. Wewnętrzna stopa zwrotu IRR	297
Literatura	319
Załączniki	324
Skorowidz	349