

Spis treści

Przedmowa	11
Część I. Podstawy obliczeń i projektowania sieci cieplnych	15
1. Podstawowe pojęcia i definicje	17
1.1. Czynniki grzejne stosowane w systemach ciepłowniczych.	18
1.2. Klasyfikacja układów ciepłowniczych i sieci cieplnych	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 cieplnych.	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 ciepłoz izolacyjna	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 analizę 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 wymogów 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 cieplne 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 co.	277
3.5.	Określenie ilości zaoszczędzonej energii.	279
3.6.	Szczegóły programowego sterowania czasem pracy instalacji co. 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