

# Spis treści

---

Przedmowa . . . . .	11
<b>Część I. Podstawy obliczeń i projektowania sieci cieplnych . . . . .</b>	<b>15</b>
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 grzejnym . . . . .	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 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

<b>Część III. Oszczędzanie energii w ciepłownictwie . . . . .</b>	<b>239</b>
1. Ekonomiczne zasady obliczeń hydraulicznych przewodów sieci ciepłych . . . . .	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 ciepłej . . . . .	249
1.2.6. Końcowy etap obliczeń . . . . .	249
2. Ekonomiczne zasady obliczeń ciepłych 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 ciepłej . . . . .	261
2.4. Obliczenia podziemnej kanałowej sieci ciepłej . . . . .	264
2.5. Spadek temperatury i skroplenie kondensatu podczas transportowania nośnika ciepła . . . . .	265
2.6. Wyznaczanie najkorzystniejszej grubości izolacji ciepłej . . . . .	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 ciepłej 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