

SPIS TREŚCI

	Przedmowa	6
1.	PRZEPŁYW CIEPŁA I MASY W OTWARTYCH UKŁADACH TERMODYNAMICZNYCH	7
1.1.	Podstawowe pojęcia w wymianie ciepła	7
1.2.	Właściwości fizyczne czynników wymieniających ciepło	10
1.3.	Bezpośrednia i pośrednia wymiana ciepła	11
1.4.	Przewodzenie ciepła	13
1.5.	Przejmowanie ciepła	15
1.6.	Przenikanie ciepła	19
1.7.	Rodzaje wymienników ciepła stosowane w węzłach cieplnych	20
1.8.	Bilans cieplny wymiennika ciepła	22
1.9.	Wymiana ciepła w wymienniku w stanie ustalonym	23
2.	CHARAKTERYSTYKA I DOBÓR WYMIENNIKA CIEPŁA	28
2.1.	Charakterystyka cieplna płytowych i płaszczowo-rurowych wymienników ciepła	28
2.1.1.	Charakterystyka cieplna płytowych wymienników ciepła	28
2.1.2.	Charakterystyka cieplna płaszczowo-rurowych wymienników ciepła	29
2.2.	Modele obliczeniowe wymienników ciepła	29
2.3.	Algorytmy doboru i symulacji działania wymiennika ciepła	30
2.4.	Dobór i symulacja działania wymiennika ciepła przy pomocy narzędzi CAS	31
2.5.	Charakterystyka hydrauliczna wymienników ciepła	36
3.	KLASYFIKACJA I PODSTAWOWE SCHEMATY WĘZŁÓW CIEPLNYCH	38
3.1.	Klasyfikacja węzłów cieplnych	38
3.2.	Schematy ideowe węzłów cieplnych do celów ogrzewania	40
3.2.1.	Węzły bezpośredniego połączenia bez obniżenia temperatury wody zasilającej	41
3.2.2.	Węzły bezpośredniego połączenia z obniżeniem temperatury wody zasilającej	41
3.2.3.	Wymiennikowe węzły cieplne do celów ogrzewania	44
3.3.	Wielofunkcyjne, wymiennikowe węzły cieplne w miejskich systemach ciepłowniczych	45
3.3.1.	Przykładowe schematy ideowe dwu- i trzyfunkcyjnego węzła cieplnego	45
3.3.2.	Uzasadnienie stosowania jednostopniowych węzłów ciepłej wody we współczesnych systemach ciepłowniczych	48
4.	PROCEDURA PROJEKTOWANIA WĘZŁA CIEPLNEGO – ELEMENTY WSPÓLNE	53
4.1.	Bilans cieplny węzła	53
4.1.1.	Zapotrzebowanie na moc cieplną do celów ogrzewania	53
4.1.2.	Zapotrzebowanie na moc cieplną do celów przygotowania ciepłej wody	57
4.1.3.	Zapotrzebowanie na moc cieplną do celów wentylacji i klimatyzacji	62
4.1.4.	Zapotrzebowanie na moc cieplną do celów technologicznych	65
4.2.	Obliczenie strumienia masy nośnika ciepła w obwodach węzła cieplnego	67
4.2.1.	Obliczenie strumienia masy nośnika ciepła w obwodach pierwotnych węzła cieplnego	67
4.2.2.	Obliczenie strumienia masy nośnika ciepła w obwodach wtórnych węzła cieplnego	69
4.3.	Dobór średnicy rurociągów i armatury, obliczenie strat ciśnienia w przewodach węzła cieplnego	70
4.4.	Dobór przepływomierza i ciepłomierza – aspekt hydrauliczny	74
4.5.	Dobór zbiorników buforowych i zasobników ciepłej wody	75
4.6.	Dobór zaworu regulacji różnicy ciśnienia i ograniczenia przepływu – aspekt hydrauliczny	78
4.7.	Dobór zaworów bezpieczeństwa – zasady ogólne	79
4.8.	Dobór pomp	84
4.9.	Dobór izolacji cieplnej przewodów w węzłach cieplnych	87
5.	PROCEDURA PROJEKTOWANIA WĘZŁA ZMIESZANIA POMPOWEGO DO CELÓW OGRZEWANIA – ELEMENTY SPECYFICZNE	89
5.1.	Obliczenie strat ciśnienia w obwodach węzła mieszania pompowego	89
5.2.	Obliczenie wielkości regulowanej różnicy ciśnienia w węźle mieszania pompowego	89

5.3.	Obliczenie dyspozycyjnej różnicy ciśnienia w węźle zmieszania pompowego	89
5.4.	Dobór pomp mieszających	90
5.5.	Dobór elementów zabezpieczających przed wzrostem ciśnienia	90
6.	PROCEDURA PROJEKTOWANIA WYMIENNIKOWEGO WĘZŁA CIEPLNEGO – ELEMENTY SPECYFICZNE	92
6.1.	Dobór wymienników ciepła w obwodach węzła cieplnego	92
6.1.1.	Dobór wymiennika ciepła w obwodzie ogrzewania i wentylacji	92
6.1.2.	Dobór wymiennika ciepła w obwodzie przygotowania ciepłej wody	94
6.1.3.	Dobór wymiennika ciepła w obwodzie technologii	95
6.2.	Obliczenie strumienia masy nośnika ciepła w obwodzie przyłączeniowym wymiennikowego węzła cieplnego	96
6.3.	Dobór zaworów regulacji temperatury w obwodach wymiennikowego węzła cieplnego – aspekt hydrauliczny	98
6.4.	Obliczenie całkowitej straty ciśnienia w obwodach pierwotnych wymiennikowego węzła cieplnego	99
6.5.	Obliczenie wielkości regulowanej różnicy ciśnienia w wymiennikowym węźle cieplnym	100
6.6.	Obliczenie dyspozycyjnej różnicy ciśnienia wymiennikowego węzła cieplnego	101
6.7.	Obliczenia hydrauliczne i dobór pomp w obwodach wtórnych węzła cieplnego	101
6.7.1.	Obliczenia hydrauliczne i dobór pomp w obwodach ogrzewania, wentylacji i technologii	101
6.7.2.	Obliczenia hydrauliczne i dobór pomp w obwodzie przygotowania ciepłej wody	102
6.8.	Dobór stabilizatora temperatury ciepłej wody	103
6.9.	Dobór elementów zabezpieczających, stabilizujących ciśnienie i uzupełniających	104
7.	POMIARY I AUTOMATYCZNA REGULACJA PARAMETRÓW W WĘZŁACH CIEPLNYCH	108
7.1.	Międzynarodowe kody pomiarów i automatycznej regulacji	108
7.2.	Podstawowe rodzaje urządzeń pomiarowych i zasady ich doboru	109
7.2.1.	Pomiar temperatury	109
7.2.2.	Pomiar ciśnienia	110
7.2.3.	Pomiar przepływu	111
7.2.4.	Pomiar zużycia ciepła	111
7.3.	Podstawowe pojęcia z teorii regulacji	113
7.4.	Elementy i schematy blokowe układu automatycznej regulacji w węźle cieplnym	123
7.5.	Charakterystyka statyczna i dynamiczna elementów układu regulacji w węźle cieplnym	125
7.5.1.	Charakterystyka statyczna i dynamiczna wymienników ciepła	126
7.5.2.	Charakterystyka statyczna i dynamiczna zaworów regulacji temperatury	133
7.5.3.	Charakterystyka statyczna obwodu regulacyjnego temperatury (przewody+ armatura + wymiennik + zawór regulacyjny)	135
7.5.4.	Charakterystyka statyczna i dynamiczna czujników temperatury	139
7.5.5.	Wyznaczenie punktów charakterystyki statycznej układu regulacji temperatury	140
7.5.6.	Realizacja funkcji priorytetu ciepłej wody w układzie automatycznej regulacji węzła cieplnego	141
7.6.	Regulacja ciśnienia i funkcja ograniczenia przepływu w węźle cieplnym	144
7.7.	Regulacja temperatury wody zasilającej w instalacji ogrzewania	148
7.8.	Regulatory parametrów węzłów ciepłowniczych	150
8.	WYBRANE ZAGADNIENIA WSPÓŁPRACY WĘZŁA CIEPLNEGO Z SIECIĄ CIEPŁOWNICZĄ	152
8.1.	Wykres regulacyjny i parametry obliczeniowe sieci ciepłowniczej	152
8.2.	Wpływ zmiany mocy zamówionej na parametry operacyjne węzła cieplnego	155
8.3.	Minimalizacja strumienia masy nośnika ciepła w sieci ciepłowniczej	160
8.4.	Możliwości optymalnej współpracy źródła ciepła z siecią ciepłowniczą	161
8.5.	Minimalizacja zużycia energii elektrycznej do pompowania nośnika ciepła	164
8.6.	Zjawisko kawitacji i oscylacji ciśnienia w sieci ciepłowniczej	167
8.7.	Nieprawidłowe stany eksploatacyjne węzłów cieplnych	170
9.	POMIESZCZENIA WĘZŁÓW CIEPLNYCH - WYMAGANIA	174

9.1.	Wymagania budowlane, które powinny spełniać pomieszczenia węzłów ciepłych	174
9.2.	Wymagania instalacyjne, które powinny spełniać pomieszczenia węzłów ciepłych	174
10.	PRZYKŁADY OBLICZEŃ WĘZŁÓW CIEPŁNYCH	176
10.1.	Obliczenia jednofunkcyjnego węzła wymiennikowego	176
10.2.	Obliczenia dwufunkcyjnego węzła wymiennikowego	178
11.	PROGRAM DO OBLICZEŃ WĘZŁÓW CIEPŁNYCH WEZEL_X	183
11.1	Przykład obliczeń jednofunkcyjnego węzła wymiennikowego	183
11.2	Przykład obliczeń dwufunkcyjnego węzła wymiennikowego	185
	LITERATURA	191