

Ewa Zaborowska

projektowanie

kotłowni wodnych

na paliwa
ciekłe i gazowe

GDAŃSK 2021

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Dariusz Mikielewicz

REDAKTOR PUBLIKACJI NAUKOWYCH

Michał Szydłowski

RECENZENCI

Ziemowit Suligowski

Kazimierz Żarski

PROJEKT OKŁADKI

Katarzyna Olszonowicz

Wydanie III – 2015

Wydano za zgodą

Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem
<https://www.sklep.pg.edu.pl>

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej
Gdańsk 2021

ISBN 978-83-7348-608-9

SPIS TREŚCI

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ I SKRÓTÓW	7
WSTĘP	11
1. CHARAKTERYSTYKA PALIW I PROCESU SPALANIA	13
1.1. Charakterystyka paliw	13
1.1.1. Paliwa gazowe	14
1.1.2. Paliwa ciekłe	21
1.2. Procesy spalania paliw	24
1.2.1. Spalanie paliw gazowych	28
1.2.2. Spalanie paliw ciekłych	34
1.2.3. Wpływ produktów spalania na urządzenia i środowisko	37
1.3. Kotły wodne na paliwa ciekłe i gazowe	39
2. PODSTAWY PROJEKTOWANIA KOTŁOWNI	56
2.1. Klasyfikacja kotłowni	56
2.2. Parametry obliczeniowe	57
2.2.1. Parametry obliczeniowe obiegu wody grzejnej	57
2.2.2. Parametry obliczeniowe ciepłej wody użytkowej	60
2.3. Bilans mocy cieplnej	60
2.3.1. Bilans mocy cieplnej do ogrzewania	60
2.3.2. Bilans mocy cieplnej do przygotowania ciepłej wody użytkowej	61
2.3.3. Bilans mocy cieplnej kotłowni i dobór kotłów	71
2.4. Schematy ideowe kotłowni	74
2.4.1. Schematy ideowe kotłowni wyposażonych w kotły standardowe i niskotempera- turowe	77
2.4.2. Schematy ideowe kotłowni wyposażonych w kotły kondensacyjne	88
2.4.3. Schematy ideowe kotłowni wyposażonych w kotły tradycyjne i kondensacyjne ...	92
2.4.4. Schematy ideowe kotłowni wyposażonych w kotły wiszące tradycyjne lub kon- densacyjne	95
2.4.5. Schematy ideowe kotłowni wielopaliwowych	99
2.5. Zasady obliczeń hydraulicznych	100
3. OBIEGI WODY GRZEJNEJ	104
3.1. Pompy obiegowe	104
3.1.1. Pompy obiegów grzewczych	108
3.1.2. Pompy mieszające	114
3.1.3. Pompy kotłowe i kolektorowe	116
3.1.4. Pompy obiegu pierwotnego wymiennika ciepłej wody użytkowej	120
3.2. Sprzęgło hydrauliczne	122
3.3. Armatura regulacyjna	126
3.3.1. Armatura regulacyjna pośredniego działania	126
3.3.2. Armatura regulacyjna bezpośredniego działania	134
3.3.3. Armatura regulacji ręcznej	136
3.4. Układy sterowania i regulacji	139

3.5. Urządzenia zabezpieczające i stabilizujące ciśnienie	149
3.5.1. Zabezpieczenie kotła i instalacji	149
3.5.2. Zawór bezpieczeństwa	152
3.5.3. Naczynie wzbiórcze przeponowe	156
3.5.4. Naczynie wzbiórcze otwarte	161
3.5.5. Instalacja napełniania i uzupełniania zładu	163
3.6. Separacja powietrza	168
3.7. Separacja zanieczyszczeń	169
3.8. Armatura odcinająca, spustowa i zwrotna	171
3.9. Armatura kontrolno-pomiarowa	172
3.9.1. Pomiar ciśnienia	172
3.9.2. Pomiar temperatury	173
3.9.3. Pomiar strumienia objętości	174
3.10. Rurociągi	174
4. INSTALACJA CIEPŁEJ WODY UŻYTKOWEJ	176
4.1. Przygotowanie i magazynowanie ciepłej wody użytkowej	176
4.2. Pompy w obiegach ciepłej wody użytkowej	181
4.2.1. Pompa cyrkulacyjna ciepłej wody	181
4.2.2. Pompa ładująca zasobnik ciepłej wody	184
4.3. Armatura zabezpieczająca i stabilizująca ciśnienie	185
4.3.1. Zawór bezpieczeństwa	186
4.3.2. Naczynie wzbiórcze przeponowe	188
4.3.3. Armatura regulacji ciśnienia	189
4.4. Zabezpieczenie przed wtórnym skażeniem wody wodociągowej	189
4.5. Zabezpieczenie przed zagrożeniem mikrobiologicznym	192
4.6. Separacja zanieczyszczeń	194
4.7. Armatura odcinająca, spustowa i zwrotna	195
4.8. Armatura kontrolno-pomiarowa	195
4.8.1. Wodomierze	195
4.8.2. Manometry i termometry	196
4.9. Rurociągi	197
5. INSTALACJE PALIWOWE I MAGAZYNOWANIE PALIW	200
5.1. Bilans paliwa	200
5.2. Instalacja gazowa	206
5.3. Instalacja zbiornikowa gazu skroplonego	212
5.4. Instalacja i magazynowanie oleju opałowego	216
6. INSTALACJA ODPROWADZANIA SPALIN	225
6.1. Przewody spalinowe	225
6.2. Przewody powietrzno-spalinowe	231
6.3. Uwarunkowania ciśnieniowe i temperaturowe wymiarowania przewodów spalinowych	234
7. POMIESZCZENIE KOTŁOWNI	239
7.1. Usytuowanie pomieszczenia z kotłami	241
7.2. Wymagania budowlane	243
7.3. Wentylacja pomieszczenia kotłowni	245
7.4. Oświetlenie i instalacja elektryczna	248
7.5. Instalacja wodociągowa i kanalizacyjna	249

7.6. Wyposażenie przeciwpożarowe kotłowni	251
8. WARUNKI TECHNICZNE WYKONANIA I ODBIORU KOTŁOWNI	252
8.1. Montaż rurociągów, urządzeń i armatury	253
8.2. Badania szczelności	255
8.3. Izolacje	257
8.3.1. Izolacja antykorozyjna	257
8.3.2. Izolacja termiczna	257
BIBLIOGRAFIA	261
ZAŁĄCZNIKI RYSUNKOWE	267
Załącznik 1. Schemat ideowy dwufunkcyjnej kotłowni tradycyjnej (niekondensacyjnej) z pompą mieszającą	267
Załącznik 2. Schemat ideowy jednofunkcyjnej kotłowni tradycyjnej (niekondensacyjnej) ze sprzęgiem hydraulicznym	268
Załącznik 3. Schemat ideowy jednofunkcyjnej kotłowni kondensacyjnej	269

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ I SKRÓTÓW

Oznaczenia

A	– pole powierzchni
a	– autorytet zewnętrzny zaworu regulacyjnego
b	– współczynnik korekcyjny, współczynnik doboru
B	– zapotrzebowanie na paliwo
c_w	– ciepło właściwe
d	– średnica
g	– przyspieszenie ziemskie
h	– entalpia, wznios grzybka zaworu
H	– wysokość ciśnienia, kaloryczność paliwa
k_v	– współczynnik przepływu
L	– długość, liczba
\dot{m}	– strumień masy
N	– znamionowa liczba mocy cieplnej
P	– moc elektryczna
Q	– ciepło
p	– ciśnienie
r	– ciepło parowania
R	– jednostkowy spadek ciśnienia na długości
S_d	– stopniodni
t	– temperatura
U	– współczynnik przenikania ciepła
V	– objętość
\dot{V}	– strumień objętości
W	– liczba Wobbego
v	– prędkość przepływu, objętość właściwa
α	– współczynnik wypływu zaworu bezpieczeństwa
φ	– współczynnik nierównomierności rozbioru
Φ	– strumień ciepła (moc cieplna)
η	– sprawność
λ	– współczynniki: nadmiaru powietrza, przewodzenia ciepła, tarcia
ρ	– gęstość
ρ^*	– gęstość względna
τ	– czas
ξ	– współczynnik oporu miejscowego

Indeksy i skróty literowe

<i>a</i>	– roczny
<i>c</i>	– całkowity
<i>d</i>	– dobowy, dyspozycyjny
<i>e</i>	– zewnętrzny
<i>h</i>	– godzinowy
<i>i</i>	– instalacji, wewnętrzny
<i>k</i>	– kotłowni, końcowy
<i>l</i>	– liniowy
<i>m</i>	– miejscowy, chwilowy, miesięczny
<i>n</i>	– nominalny
min	– minimalny
max	– maksymalny
<i>o</i>	– odniesienia
<i>p</i>	– powrotu, powietrza
<i>r</i>	– roboczy, zredukowany
<i>s</i>	– spalin
<i>st</i>	– statyczny
<i>śr</i>	– średni
<i>t</i>	– tygodniowy
<i>u</i>	– użytkowy
<i>var</i>	– zmienny
<i>w</i>	– wody
<i>z</i>	– zasilania
<i>CO</i>	– centralne ogrzewanie
<i>CNW</i>	– ciepło nagrzewnic wentylacyjnych
<i>CT</i>	– ciepło technologiczne
<i>CW</i>	– ciepła woda użytkowa
<i>CWC</i>	– ciepła woda cyrkulacyjna
<i>D</i>	– dystrybucja
<i>G</i>	– gaz
<i>K</i>	– kocioł
<i>Ł</i>	– łącznik
<i>N</i>	– nawiew
<i>M</i>	– mieszający
<i>OŁ</i>	– obieg ładowania zasobnika
<i>OR</i>	– obieg regulowany
<i>P</i>	– pierwotny, pośredni, pompa
<i>R</i>	– regulacja
<i>T</i>	– trójnik
<i>VR</i>	– zawór regulacyjny
<i>W</i>	– wymiennik ciepła, wiatr
<i>WZ</i>	– woda zimna
<i>WCW</i>	– wymiennik ciepłej wody
<i>Z</i>	– zasobnik
<i>ZCW</i>	– zasobnik ciepłej wody
<i>ZC</i>	– zawór czwódrogowy
<i>ZT</i>	– zawór trójdrogowy

Oznaczenia armatury i urządzeń na rysunkach

Symbol rysunkowy	Oznaczenie literowe	Element instalacji kotłowni
	PWC	Przepływowy wymiennik ciepła
	PP	Podgrzewacz pojemnościowy
	ZCW	Zasobnik ciepłej wody
	S/R	Sterownik/regulator elektroniczny
	ZD, PR	Zawór dwudrogowy/przepustnica regulacyjna z siłownikiem
	ZT	Zawór trójdrogowy z siłownikiem elektrycznym
	ZC	Zawór czwórdrogowy z siłownikiem elektrycznym
	ZE	Zawór elektromagnetyczny
	ZN	Zawór nadmiarowo-upustowy
	RC	Reduktor ciśnienia
	ZR	Zawór równoważący
	ZO	Zawór odcinający
	ZZ	Zawór zwrotny
	ZS	Zawór spustowy
	XY	Zespół antyskażeniowy
	OA	Odpowietrznik automatyczny z zaworem odcinającym
	ZB	Zawór bezpieczeństwa
	SH	Sprzęgło hydrauliczne
	FS	Filtr siatkowy
	MG	Magnetyzer
	PK, PO, PC, PŁ	Pompa kotłowa, obiegowa, cyrkulacyjna, ładująca
	NW	Naczynie wzbiorcze przeponowe
	OPW	Ogranicznik poziomu wody
	W	Wodomierz/przepływomierz/przetwornik przepływu
	PI	Manometr z kurkiem manometrycznym
	P	Presostat/czujnik ciśnienia
	TI	Termometr
	T	Czujnik temperatury

WSTĘP

Z biegiem czasu zmieniają się proporcje i ilość wykorzystywanych na świecie nośników energii. Wzrostowi konsumpcji energii towarzyszy wyczerpywanie zasobów naturalnych oraz degradacja środowiska. Za naturalne i pozytywne należy uznać działania zmierzające do poszanowania energii i jej pozyskiwania ze źródeł innych niż konwencjonalne. Prognozy uwzględniające dostępność zasobów, rachunek ekonomiczny i stan technologii wskazują jednak na dalszą dominację konwencjonalnych źródeł energii w perspektywie wieloletniej. W urządzeniach wykorzystujących paliwa konwencjonalne dokonał się postęp technologiczny, którego efektem jest wzrost efektywności energetycznej urządzeń i towarzysząca mu redukcja zużycia paliw oraz emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Coraz częściej są stosowane układy hybrydowe, w których łączy się różne rodzaje źródeł ciepła. W zakresie projektowania i użytkowania budynków i instalacji, a także wytwarzania urządzeń stanowiących ich wyposażenie obserwuje się znaczącą zmienność oraz wzrost liczby przepisów prawnych i norm.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono zagadnienia związane z projektowaniem nowoczesnych, niskoparametrowych kotłowni wodnych na paliwa ciekłe i gazowe, małej i średniej wielkości. Rozdział pierwszy poświęcono charakterystyce paliw i procesu spalania oraz konstrukcjom kotłów i palników. Zapoznanie się z nimi ułatwia zrozumienie działania i prawidłowy dobór urządzeń. Podstawy projektowania, omówione w rozdziale drugim, obejmują zasady przygotowania bilansu cieplnego kotłowni, ogólny opis schematów ideowych instalacji kotłowni oraz zasady wykonywania obliczeń hydraulicznych. Szczegółowe informacje na temat urządzeń i armatury w poszczególnych obiegach – grzewczych i ciepłej wody użytkowej oraz sposoby ich wymiarowania zamieszczono w rozdziale trzecim i czwartym. Instalacje paliwowe i magazynowanie paliw są przedmiotem rozdziału piątego. Instalacje spalinowe i powietrzno-spalinowe omówiono w rozdziale szóstym. Wymagania stawiane pomieszczeniom, w których są zainstalowane kotły oraz ich wyposażenie przedstawiono w rozdziale siódmym. Ostatni, ósmy rozdział zawiera podstawowe warunki wykonania i odbioru kotłowni. W załącznikach zamieszczono schematy ideowe prezentujące wybrane rozwiązania, wraz z kompletną armaturą instalacyjną.

Pracę oparto na materiałach źródłowych, wśród których znalazły się aktualne do czasu przygotowania publikacji przepisy prawne i normy, materiały informacyjne wytwórców urządzeń oraz literatura przedmiotu. Wykorzystano także doświadczenia nabyte w czasie pracy projektowej i dydaktycznej Autorki.

Książka jest przeznaczona dla studentów wyższych uczelni technicznych, będących słuchaczami kierunków i specjalności związanych z inżynierią środowiska, inżynierią sanitarną i ogrzewnictwem. Może ona również stanowić materiał pomocniczy dla osób zajmujących się zawodowo projektowaniem.

Autorka pragnie wyrazić słowa podziękowania recenzentom książki, prof. dr. hab. inż. Ziemowitowi Suligowskiemu oraz dr. inż. Kazimierzowi Żarskiemu, za wnikliwą ocenę oraz cenne uwagi merytoryczne i redakcyjne.

Ewa Zaborowska

Gdańsk, styczeń 2012 r.