

Spis treści

Wykaz symboli	9
Wstęp	15
Rozdział 1. Podstawy teoretyczne	19
1.1. Wprowadzenie	19
1.2. Podział kotłów grzewczych ze względu na rodzaj i konstrukcję	23
1.2.1. Kotły bez wentylatora nadmuchowego	26
1.2.2. Kotły z wentylatorem nadmuchowym	30
1.2.3. Kotły z automatycznym podawaniem paliwa	32
1.2.4. Kotły zgazowujące drewno	35
1.3. Podstawy procesu spalania w kotłach grzewczych na paliwa stałe	36
Rozdział 2. Paliwa stałe stosowane w kotłach	40
2.1. Wprowadzenie	40
2.2. Węgiel	42
2.2.1. Węgiel kamienny	43
2.2.2. Węgiel brunatny	46
2.3. Biomasa	47
2.3.1. Drewno opałowe	48
2.3.2. Biomasa niedrzewna	49
Rozdział 3. Obliczenia termodynamiczne kotłów grzewczych	51
3.1. Parametry robocze i eksploatacyjne kotła grzewczego	51
3.1.1. Znamionowa moc cieplna kotła	52
3.1.2. Dodatkowe parametry robocze kotła	52
3.1.3. Parametry eksploatacyjne kotła	53
3.2. Chemizm procesu spalania	54
3.2.1. Obliczenia procesu spalania	54
3.2.2. Uprozczone obliczenia zapotrzebowania powietrza do spalania	56
3.2.3. Obliczenia składu spalin	58
3.2.4. Obliczenia spalania paliw gazowych	61
3.2.5. Określenie współczynnika nadmiaru powietrza	62
3.2.6. Bezwzględne stężenie masowe substancji szkodliwych	63
3.2.7. Temperatura procesu spalania	64
3.3. Obliczenia komory spalania	65
3.4. Obliczenia cieplne kotłów grzewczych	69
3.4.1. Przenikanie ciepła	69

3.4.2. Konwekcja ciepła	69
3.4.3. Promieniowanie ciepła	70
3.5. Obliczenia ciągu wytwarzanego przez kocioł	72
Rozdział 4. Emisja zanieczyszczeń z kotłów	74
4.1. Wprowadzenie	74
4.2. Jednostki stężenia roztworu	76
4.3. Stężenie masowe a zawartość tlenu w roztworze	77
4.4. Związki szkodliwe powstające w procesie spalania paliw stałych	79
4.4.1. Tlenek węgla (CO)	79
4.4.2. Tlenki azotu (NO _x)	80
4.4.3. Dwutlenek siarki (SO ₂)	81
4.4.4. Cząstki stałe (PM)	82
4.4.5. Lotne związki organiczne (LZO)	82
4.4.6. Różnice w emisji wynikające ze spalania różnych paliw	83
Rozdział 5. Instalacje cieplne współpracujące z kotłami grzewczymi	84
5.1. Układ otwarty centralnego ogrzewania	84
5.2. Układ zamknięty centralnego ogrzewania	87
Rozdział 6. Metody badań kotłów grzewczych	89
6.1. Wybrane aspekty badań kotłów grzewczych na paliwa stałe	89
6.2. Wybrane metody pomiaru emisji związków toksycznych	94
6.2.1. Chromatografia gazowa	95
6.2.2. Spektrometria masowa	96
6.2.3. Metoda grawimetryczna	97
6.2.4. Metoda NDIR	98
Rozdział 7. Wybrane akty prawne	100
7.1. Wybrane wymagania PN-EN 303-5:2021-09	100
7.1.1. Wykonanie kotłów	100
7.1.2. Konstrukcja	100
7.1.3. Przewodzenie ciepła	101
7.1.4. Temperatura powierzchni zewnętrznych	101
7.1.5. Temperatura spalin wylotowych	101
7.1.6. Ciąg spalin	101
7.1.7. Minimalna moc cieplna kotła grzewczego na paliwa stałe	102
7.1.8. Wykonanie badań cieplnych kotła	102
7.1.9. Opory przepływu wody	102
7.1.10. Wsteczny przepływ palnych gazów spalinowych do podajnika paliwa ..	102
7.1.11. Sprawność cieplna kotła grzewczego na paliwa stałe	103
7.1.12. Wartość emisji zanieczyszczeń	103
7.1.13. Wyznaczenie nominalnej mocy cieplnej	105
7.1.14. Wyznaczenie minimalnej mocy cieplnej	106
7.1.15. Badanie emisji zanieczyszczeń	106
7.1.16. Moc cieplna kotła	106
7.2. Wybrane wymagania dyrektywy UE 2015/1189	107
7.2.1. Aspekty środowiskowe	107
7.2.2. Przedmiot dyrektywy	107
7.2.3. Przegląd stanu faktycznego po czasie funkcjonowania dyrektywy	107
7.2.4. Emisje dotyczące sezonowego ogrzewania pomieszczeń	108
7.2.5. Szczegółowe wymagania dotyczące ekoprojektu dla kotłów grzewczych	108

7.2.6. Sezonowa efektywność energetyczna ogrzewania pomieszczeń	109
7.2.7. Obliczenia ciepła spalania	111
7.2.8. Obliczenia emisji dla sezonowego ogrzewania pomieszczeń	111
7.3. Ustawodawstwo krajowe – wybrane wymagania	112
7.4. Uchwała Sejmiku Województwa Wielkopolskiego – wybrane aspekty	113
Rozdział 8. Przykłady nowoczesnych konstrukcji kotłów grzewczych	115
8.1. Kocioł SEKO model MAXX LE	115
8.2. Kocioł „Ogniwo” model Eko Plus M	116
8.3. Kocioł „Heiztechnik” model HT EKO GL	118
8.4. Kocioł „Heiztechnik” model DasPell GL	119
8.5. Kocioł LUMO model Vulcanus Plus	120
8.6. Kocioł LUMO model Bio-max Mini	121
Rozdział 9. Przykłady palników stosowanych w kotłach grzewczych na paliwa stałe	123
9.1. Wybrane definicje	123
9.2. Wybrane konstrukcje palników na paliwa stałe	126
9.2.1. Palnik marki Ekoenergia	126
9.2.2. Palnik marki Remo-komplex	126
9.2.3. Palnik marki ARDEO	127
9.2.4. Palnik marki Pancerpol	128
9.2.5. Palnik marki KIPI	129
9.2.6. Palnik marki Termotechnika	129
Podsumowanie	131
Literatura	132
Załączniki	135
Przykłady obliczeń	137
1. Obliczenia stechiometryczne spalania paliw	137
2. Obliczenia zapotrzebowania na paliwo	145
3. Obliczenia temperatury spalania	147
4. Obliczenia komór spalania kotłów	153
5. Obliczenia wymiany ciepła	156
6. Obliczenia ciągu spalinowego kotłów	158
Zadania do samodzielnego rozwiązania	160
Przykład projektu kotła płomienicowo-płomieniówkowego	166
1. Temat projektu i autorski schemat obliczeń kotła	166
2. Przykładowe przekroje kotłów trójciągowych	184