

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 nieдрzewna 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 79

- 4.4.2. Tlenki azotu 80
- 4.4.3. Dwutlenek siarki 81
- 4.4.4. Cząstki stałe 82
- 4.4.5. Lotne związki organiczne 82
- 4.4.6. Różnice w emisji wynikające ze spalania różnych paliw 83

Rozdział 5. Instalacje ciepłne współpracujące z kotłami grzewczymi 84

- 5.1. Układ otwarty centralnego ogrzewania 84
- 5.2. Układ zamknięty centralnego ogrzewania 87

Rozdział 5. Instalacje ciepłne 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 wymogi 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 Pancernopol 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