

# Spis treści

## Od Autora 9

1. **Rodzaje i budowa kotłów 13**
  - 1.1. **Kotły ze spawanym wymiennikiem ciepła 14**
    - 1.1.1. Kotły płomieniówkowe 14
    - 1.1.2. Kotły opłomkowe 16
    - 1.1.3. Kotły o innej konstrukcji 19
  - 1.2. **Kotły żeliwne 20**
  - 1.3. **Kotły kondensujące 24**
  - 1.4. **Kotły przepływowe o małej pojemności wodnej 32**
    - 1.4.1. Kotły jednofunkcyjne 32
    - 1.4.2. Kotły dwufunkcyjne 35
2. **Krajowi i zagraniczni producenci kotłów 37**
  - 2.1. **Producenci krajowi 37**
  - 2.2. **Producenci zagraniczni, przykłady rozwiązań konstrukcyjnych 37**
    - 2.2.1. Firma Buderus Heiztechnik GmbH 37
    - 2.2.2. Firma Hoval AG 78
    - 2.2.3. Firma Hydrotherm – Stiebel Eltron 84
    - 2.2.4. Firma Sieger Heizkesselwerk GmbH 86
    - 2.2.5. Firma Viessmann Werke 88
    - 2.2.6. Firma Max Weishaupt GmbH 92
    - 2.2.7. Firma Radson N.V. 93
3. **Dobór wielkości i rodzaju kotłów 96**
  - 3.1. **Wpływ stopnia wykorzystania kotła na koszty ogrzewania 99**
  - 3.2. **Kondensacja pary wodnej w kanałach spalinowych kotła 102**
  - 3.3. **Dobór rodzaju kotła 105**
4. **Pomieszczenia kotłowni 128**
  - 4.1. **Lokalizacja, kubatura pomieszczeń 128**
  - 4.2. **Wentylacja pomieszczeń kotłowni 129**
5. **Racjonalna eksploatacja kotłów 131**
6. **Paliwa gazowe i ich spalanie 134**
  - 6.1. **Określenia ogólne, skład paliwa 134**
  - 6.2. **Właściwości i rodzaje paliw gazowych 135**
  - 6.3. **Spalanie paliw gazowych 140**
  - 6.4. **Obliczenia stechiometryczne przy spalaniu zupełnym i całkowitym 145**
    - 6.4.1. **Teoretyczne zapotrzebowanie tlenu i powietrza 145**
    - 6.4.2. **Rzeczywiste zapotrzebowanie powietrza 147**
    - 6.4.3. **Współczynniki Molliera 147**

- 6.4.4. Ilość i skład spalin 148
- 6.4.5. Maksymalny udział CO<sub>2</sub> w spalinach suchych 151
- 6.4.6. Określenie stosunku nadmiaru powietrza  $\lambda$  152
- 6.5. Obliczenia stechiometryczne przy spalaniu całkowitym niezupełnym z  $\lambda > 1$  157
- 6.6. Przeliczenie zawartości składników spalin w spalinach rozcieńczonych ( $\lambda > 1$ ) na spaliny nierozcieńczone ( $\lambda = 1$ ) 158
- 6.7. Kontrola spalania 159
  - 6.7.1. Analiza i analizatory spalin 164
  - 6.7.2. Jednostki emisji gazów i sposoby ich przeliczeń 164
  - 6.7.3. Wykresy kontrolne spalania 169
- 6.8. Temperatura spalania 173
  - 6.8.1. Pojęcia i określenia 173
  - 6.8.2. Kalorymetryczna temperatura spalania 173
  - 6.8.3. Początkowa temperatura spalania 174
  - 6.8.4. Rzeczywista temperatura spalania 178
  - 6.8.5. Przykłady 178
- 6.9. Straty spalania 182
  - 6.9.1. Strata wylotowa 182
  - 6.9.2. Strata niezupełnego spalania 187
- 7. Palniki do spalania gazów 189**
  - 7.1. Rodzaje palników i ich charakterystyki 189
    - 7.1.1. Palniki inżektorowe niskiego ciśnienia 189
    - 7.1.2. Palniki nadmuchowe 192
  - 7.2. Obliczanie palników inżektorowych niskiego ciśnienia 193
  - 7.3. Przykłady konstrukcyjnych rozwiązań palników 198
- 8. Wymagania w zakresie badań i kwalifikacji jakości kotłów gazowych grzewczych 200**
- 9. Obliczenia cieplne kotłów 202**
  - 9.1. Podstawowe zasady przepływu ciepła 202
    - 9.1.1. Przewodzenie ciepła w przegrodzie 204
    - 9.1.2. Przenikanie ciepła przez przegrodę 211
    - 9.1.3. Intensyfikowanie i osłabianie przenikania ciepła 219
    - 9.1.4. Przepływ ciepła przez unoszenie, czyli konwekcję – obliczanie  $\alpha_k$  224
    - 9.1.5. Obliczanie konwekcyjnego współczynnika wnikania ciepła na powierzchniach ogrzewalnych kotłów grzewczych, wodnych, gazowych typu płomieniówkowego i opłomkowego 235
    - 9.1.6. Wymiana ciepła przez promieniowanie 251
  - 9.2. Obliczanie wymiany ciepła w komorach paleniskowych 270
  - 9.3. Wpływ geometrii i stosunku nadmiaru powietrza na wymianę ciepła w komorze spalania (palenisku) 278
  - 9.4. Przeponowe, konwekcyjne wymienniki ciepła 282
    - 9.4.1. Rozkład temperatur wzdłuż kierunku przepływu czynników 282
    - 9.4.2. Średnia różnica temperatur, obliczanie powierzchni ogrzewalnej wymiennika 284
  - 9.5. Wymiana ciepła w kotłach z gorącą komorą spalania i palnikami nadmuchowymi 291
- 10. Ciąg i opory przepływu spalin przez kocioł 294**
  - 10.1. Wprowadzenie 294
  - 10.2. Obliczanie ciągu wytwarzanego przez kocioł 294
  - 10.3. Obliczanie oporów przepływu spalin przez kanały kotła 296
- 11. Odprowadzenie spalin z kotła do kanału spalinowego i atmosfery 308**
  - 11.1. Obliczanie powierzchni przekroju kanału 308
  - 11.2. Konstrukcja i obliczanie przerywacza ciągu 309
  - 11.3. Czopuch, komin 310
    - 11.3.1. Czopuch 310
    - 11.3.2. Komin 311
- 12. Bilans cieplny kotła 317**
  - 12.1. Równanie bilansu 318
  - 12.2. Strata cieplna kotła do otoczenia 319
  - 12.3. Izolacja cieplna kotłów 321

- 13. **Oznaczanie mocy i sprawności cieplnej kotła 324**
  - 13.1. Moc cieplna kotła 324
  - 13.2. Oznaczanie mocy cieplnej kotła 324
    - 13.2.1. Sposób bezpośredni 324
    - 13.2.2. Sposób pośredni 326
    - 13.2.3. Pomiar przy użyciu ciepłomierza 329
  - 13.3. Oznaczanie sprawności cieplnej kotła 331
  
- 14. **Pomiary temperatur w badaniach i eksploatacji kotłów 333**
  - 14.2. Klasyfikacja metod pomiaru i przyrządów 333
  - 14.2. Termometry cieczowe szklane 334
    - 14.2.1. Budowa i działanie 334
    - 14.2.2. Błędy i warunki pomiaru 336
  - 14.3. Termometry dylatacyjne 342
  - 14.4. Termometry bimetalowe 345
  - 14.5. Termometry ciśnieniowe 346
  - 14.6. Termometry elektryczne 348
    - 14.6.1 Termometry rezystancyjne 349
    - 14.6.2. Termometry termoelektryczne 352
    - 14.6.3. Termometry termistorowe 358
  - 14.7. Dynamiczne charakterystyki czujników 358
  
- 15. **Automatyczna regulacja temperatury wody w kotle 362**
  - 15.1. Regulacja dwustawna, zasada działania 362
  - 15.2. Podstawowe zależności 365
  
- 16. **Aparatura regulująco-zabezpieczająca 366**
  - 16.1. Wymagania 366
  - 16.2. Rodzaje układów regulująco-zabezpieczających 366
  - 16.3. Budowa i obliczanie elementów układu 367
    - 16.3.1. Regulator temperatury wody 368
    - 16.3.2. Główny zawór odcinający – membranowy 370
    - 16.3.3. Zabezpieczenie przeciwwypływowe z zaworem termoelektromagnetycznym 370
    - 16.3.4. Ogranicznik temperatury wody 372
    - 16.3.5. Czujnik zabezpieczenia przed zanikiem ciągu i ciągiem zwrotnym 373
  
- Bibliografia 374**