

SPIS TREŚCI

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ.....	11
1. WPROWADZENIE I CEL PRACY.....	17
2. ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE PRZEGRZEWACZY	
PARY KOTŁÓW ENERGETYCZNYCH.....	20
2.1. Typy przegrzewaczy.....	22
2.1.1. Przegrzewacze opromieniowane.....	23
2.1.2. Przegrzewacze grodziowe.....	24
2.1.3. Przegrzewacze konwekcyjne.....	26
2.1.4. Przegrzewacze zanurzone w warstwie fluidalnej.....	27
2.1.5. Sposoby regulacji temperatury pary.....	28
2.1.6. Prędkości pary w przegrzewaczach.....	32
2.2. Układy przepływu pary w przegrzewaczach.....	32
2.2.1. Nierównomierność i asymetria termiczna w kotłach.....	32
2.2.2. Temperatura ścianki węzownic przegrzewacza - zagrożenie trwałości przegrzewaczy pary.....	34
2.2.3. Wpływ rozptywu pary na warunki termiczne przegrzewacza.....	38
2.3. Optymalizacja doboru średnic komór zbiorczych.....	45
2.3.1. Rozkłady ciśnień w komorach.....	45
2.3.2. Analiza rozptywu pary w kolektorach przegrzewaczy pary.....	47
2.3.2.1. El. Kozienice OP 650 - końcowy stopień przegrzewacza pary P3 - stan istniejący.....	51
2.3.2.2. El. Kozienice OP 650 - końcowy stopień przegrzewacza pary P3 - 2 komory dolotowe i wylotowe symetryczne względem osi kotła.....	53
2.3.2.3. El. Kozienice OP 650 - końcowy stopień przegrzewacza Pary P3 - 1 komora dolotowa i 2 wylotowe symetryczne	

względem osi kotła.....	55
2.3.2.4. El. Opole, kocioł BP 1150 - końcowy stopień przegrzewacza pary pierwotnej (P4), stan istniejący.....	57
2.3.2.5. Kocioł BP 1150 - końcowy stopień przegrzewacza (P4) - komory umiejscowione na całej szerokości stopnia.....	61
2.3.2.6. Kocioł BP 1150 - końcowy stopień przegrzewacza (P4) - 1 komora dolotowa i 2 wylotowe symetryczne względem osi kotła.....	62
2.3.2.7. Kocioł BP 1150 - końcowy stopień przegrzewacza (P4) (2 komory dolotowe i wylotowe symetryczne względem osi kotła - schemat przepływowy typu Z)	64
2.3.3. Wpływ schematu przepływowego pary na trwałość komór zbiorczych.....	67
2.3.4. Podsumowanie i zalecenia konstrukcyjne.....	69
Bibliografia do rozdziału 2	70
3. MATERIAŁY DO BUDOWY PRZEGRZEWACZY PARY.....	72
Bibliografia do rozdziału 3	89
4. ZASADY OBLICZEŃ WYMIANY CIEPŁA I OPORÓW PRZEPŁYWU W PRZEGRZEWACZACH PARY.....	92
4.1. Warunki pracy powierzchni ogrzewalnych w kotle energetycznym.....	92
4.2. Zasady obliczeń wymiany ciepła w przegrzewaczach pary.....	96
4.2.1. Zasady obliczeń cieplnych pęczków r u r	96
4.2.2. Zasady obliczeń przegrzewaczy grodziowych	105
4.2.3. Zasady obliczeń przegrzewaczy naściennych	108
4.2.4. Współczynnik wnikania ciepła przy przepływie w rurach przegrzewaczy.....	108
4.2.5. Średnia logarytmiczna różnica temperatur.....	109

4.3. Zasady obliczeń oporów przepływu w przegrzewaczach pary.....	110
4.3.1. Opory przepływu spalin przy poprzecznym omywaniu	
pęczków ru r	110
4.3.2. Opory przepływu pary w rurach.....	112
Bibliografia do rozdziału 4	112
5. ZAGADNIENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE ELEMENTÓW	
CIŚNIENIOWYCH ORAZ ICH DIAGNOSTYKA.....	114
5.1. Warunki eksploatacji przegrzewaczy pary.....	114
5.2. Procesy ograniczające trwałość przegrzewaczy.....	115
5.3. Naprężania od ciśnienia w elementach przegrzewaczy p a ry	120
5.4. Wpływ naprężeń termicznych na pracę przegrzewacza pary.....	124
5.5. Diagnostyka przegrzewaczy pary.....	127
Bibliografia do rozdziału 5	135
6. ZAGADNIENIA TERMICZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE	
ZWIĄZANE Z PRACĄ PRZEGRZEWACZY PARY.....	139
6.1. Identyfikacja nierównomierności obciążenia cieplnego	
przegrzewaczy grodziowych metodami pomiarowymi.....	139
6.2. Zmienność obciążenia cieplnego wzdłuż wężownicy	
przegrzewacza .-.....	143
6.3. Rozkład temperatur i naprężeń w rurach	
przegrzewacza grodziowego.....	149
6.3.1. Analiza rozkładów gęstości strumienia ciepła w grodziach kotła....	149
6.3.2. Pole temperatur w przekroju rury obwiedniowej.....	154
6.3.3. Pole naprężeń w przekroju rury obwiedniowej i jej trwałość	155
6.4. Wpływ powstawania i usuwania osadów popiołowych na	
warunki pracy przegrzewaczy pary.....	161
6.5. Ocena celowości uwzględnienia ciepła właściwego	

pary przegrzanej na warunki pracy przegrzewacza.....	165
6.5.1. Analiza obciążeń cieplnych węzownic II stopnia przegrzewacza	
pary kotła OKP 6 0	168
6.5.2. Analiza obciążeń cieplnych węzownic III stopnia	
przegrzewacza pary kotła OP 650 Elektrowni Kozienice.....	173
Bibliografia do rozdziału 6	174
7. KOROZJA PRZEGRZEWACZY PARY.....	176
7.1. Korozja od strony spalin.....	176
7.1.1. Wysokotemperaturowa korozja siarczanowo-siarczkowa.....	178
7.1.2. Wysokotemperaturowa korozja chlorowa.....	179
7.1.3. Tempo korozji wysokotemperaturowej.....	184
7.1.3.1. Korozja powierzchni ogrzewalnych	
ze stali niestopowych.....	184
7.1.3.2. Korozja powierzchni ogrzewalnych	
ze stali stopowych.....	186
7.2. Korozja i eksfoliacja od strony pary.....	187
7.2.1. Szybkość narastania warstw produktów korozji.....	187
7.2.2. Zjawisko eksfoliacji tlenków.....	193
7.2.3. Analogia między narastaniem warstw tlenkowych a korozją	
przegrzewaczy po stronie spalin.....	196
7.2.4. Przelicznik szybkości utleniania dla warstwy zewnętrznej.....	197
7.2.5. Przykład obliczeniowy.....	199
7.3. Ochrona przegrzewaczy przed korozją.....	204
7.3.1. Dodatki do spalania.....	204
7.3.1.1. Glinokrzemiany.....	204
7.3.1.2. Siarka i jej związki	206
7.3.2. Powłoki ochronne.....	207

7.3.3. Dobór materiału.....	207
7.3.4. Konfiguracja powierzchni.....	209
Bibliografia do rozdziału 7	210
8. EROZJA PRZEGRZEWACZY PARY.....	214
8.1. Erozja popiołowa przegrzewaczy konwekcyjnych.....	214
8.2. Erozja przegrzewaczy w wyniku stosowania parowych zdmuchiaczy popiołu.....	220
8.2.1. Osady popiołowe.....	220
8.2.2. Badania erozji podczas pracy zdmuchiaczy strumieniowych	222
8.2.3. Numeryczny model erozji podczas zdmuchiwania	230
8.2.4. Wpływ ciśnienia przed dyszą na rozkład prędkości.....	236
8.2.5. Podsumowanie.....	242
8.3. Zagrożenia erozyjne spowodowane eksfoliacją tlenków z wewnętrznych powierzchni rur przegrzewaczy.....	243
8.3.1. Model erozji i masa erodenta.....	243
8.3.2. Przykład obliczeniowy.....	250
8.3.3. Wnioski.....	252
Bibliografia do rozdziału 8	252
9. WARUNKI PRACY PRZEGRZEWACZY PARY W STANACH NIEUSTALONYCH.....	255
9.1. Wprowadzenie.....	255
9.2. Czynniki wpływające na warunki pracy przegrzewacza podczas rozruchu kotła.....	256
9.2.1. Podstawowe parametry rozruchu.....	257
9.2.2. Warunek bezpiecznej pracy węzownic podczas rozruchu.....	258
9.3. Wpływ akumulacji ciepła w kotle na bezpieczeństwo pracy przegrzewacza.....	259

9.4. Strumień pary rozruchowej.....	260
9.5. Nagrzewanie węzownic przegrzewacza.....	264
9.5.1. Rozrzut temperatur pary w węzownikach stopnia przegrzewacza podczas rozruchu.....	265
9.5.2. Dopuszczalna wartość temperatur metalu węzownic podczas rozruchu.....	266
9.6. Kryteria bezpiecznej pracy elementów grubościennych przegrzewacza podczas uruchamiania kotła.....	268
9.6.1. Charakterystyczne przebiegi nagrzewania i schładzania grubościennych elementów przegrzewacza pary	269
Bibliografia do rozdziału 9	271
Streszczenie.....	273