

Zbigniew L. RATAJ

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechnika Śląska

WPLYW MINIMALNEGO I MAKSYMALNEGO OBCIĄŻENIA BLOKÓW 200 MW NA PRACĘ KOTŁÓW OP 650

Streszczenie. W artykule opisano sposób wyznaczania minimalnego i maksymalnego obciążenia bloku. Omówiono wpływ minimalnego i maksymalnego obciążenia bloku na warunki i parametry pracy kotła. Podano wskaźniki ekonomiczne pracy bloku dla obciążeń minimalnych i maksymalnych. Określono zmiany trwałości wybranych elementów kotła w wyniku eksploatacji z obciążeniami innymi niż obciążenie nominalne.

INFLUENCE OF THE LOWEST AND THE GREATEST LOADS OF 200 MW POWER GENERATING UNITS UPON OPERATION OF OP 650 BOILERS

Summary. In the paper the method of estimation of the lowest possible and greatest loads of 200 MW generating units has been described. The influence of the lowest and the greatest load of monoblocks upon a conditions and an operation parameters of OP 650 boilers were discussed. The range of the life time limits for the choosen boiler elements operated at a loads different from the base loads equal 200 MW has been reported.

EINFLUß MINIMAL- UND MAXIMALBELASTUNGEN DER 200 MW BLOCKEINHEITEN AUF DEN BETRIEB VON OP 650 DAMPFERZEUGERN

Zusammenfassung. Im Aufsatz ist ein Verfahren der Ermittlung einer minimalen und maximalen Belastung des 200 MW-Blocks beschrieben worden. Der Einfluß minimaler und maximaler Belastungen des 200 MW-Blocks auf den Zustand und Dampfdaten des OP 650 – Dampferzeugers ist besprochen worden. Lebensdauer einiger ausgewählten Kesselteilen, die mit Belastungen anderen als Grundbelastung aufgesetzt sind, wurde ermittelt.

WPROWADZENIE

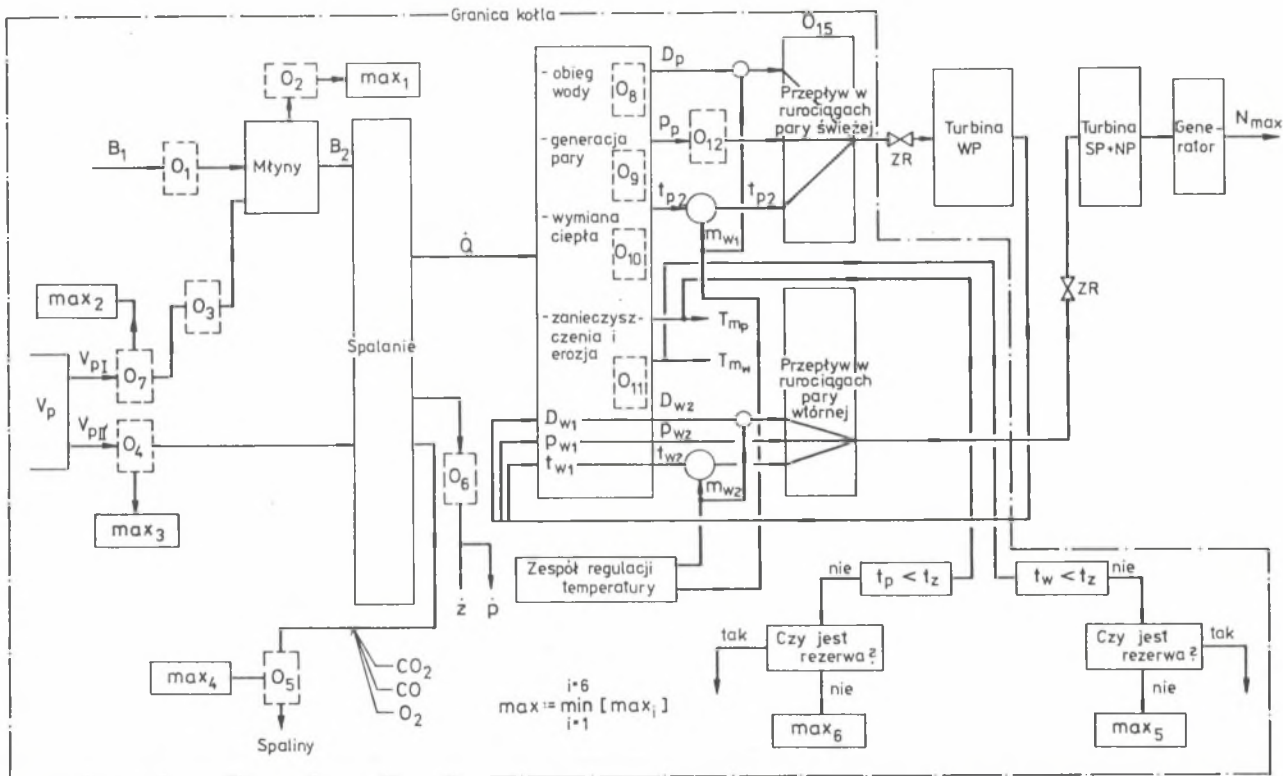
Kotły parowe OP 650 pracują w blokach energetycznych o mocy 200 MW włączonych w system elektroenergetyczny. W warunkach pojawiania się znacznych nadwyżek mocy zainstalowanej nad zapotrzebowaniem mocy w systemie elektroenergetycznym często występuje sytuacja polegająca na tym, że w określonym przedziale czasowym niska moc odbierana powoduje obniżenie obciążeń pracujących bloków do poziomu minimum technicznego, a następnie wyłączenie dalszych z pracy¹. Jak wiadomo, wyłączenie bloków powoduje powstanie dodatkowych kosztów ponownego uruchamiania oraz ma wpływ na zmiany trwałości, bowiem stadium rozruchu dowolnego urządzenia jest związane ze znacznymi obciążeniami termicznymi, przepływowymi, mechanicznymi i dynamicznymi.

Z kolei realna jest odwrotna sytuacja, w której zapotrzebowanie na wytworzenie dodatkowej mocy w systemie oznacza konieczność przeciążenia istniejących urządzeń w określonym czasie, szczególnie wtedy gdy znaczna ilość bloków może pozostawać odstawiona lub też dodatkowo rezerwowana. Okazuje się, że kotły i inne urządzenia mają znaczną rezerwę mocy. Eksploatując z wyznaczonym maksymalnym obciążeniem (w pewnym sensie przeciążeniem) stwarza się możliwość bezinwestycyjnego, bez przeprowadzania modernizacji, uzyskania dodatkowej mocy elektrycznej bloku.

W związku z tym konieczne jest wyznaczenie minimalnego i maksymalnego obciążenia bloku (kotła i turbiny). Wyznaczenie minimum i maksimum bloku polega na obniżaniu lub podnoszeniu mocy i analizie możliwych ograniczeń. Wobec tego pierwszym etapem postępowania jest przyjęcie pewnego modelu występujących ograniczeń i ich analizie na obiekcie. W modelu maksimum kotła (rys. 1) występuje zespół ograniczeń $O := (O_1, \dots, O_{15})$.

Do nich należą: wydajność młynów, wydajność wentylatorów powietrza i spalin, obieg wody, generacja pary, wymiana ciepła, zanieczyszczenia i erozja, przepływy w rurociągach. Za minimalne (maksymalne) ruchowe obciążenie kotła uważa się takie obciążenie, któremu odpowiada minimalna (maksymalna) moc bloku, i nie występują żadne ograniczenia. Jakikolwiek ograniczenie wyklucza przyjęcie uzyskanej wartości mocy jako ostateczny wynik. Rozwiązanie na drodze eksperymentalnego wyznaczenia minimalnego i maksymalnego obciążenia bloku, z uwzględnieniem wszelkich okoliczności procesowych było celem dwóch prac naukowo-badawczych wykonywanych w Elektrowni Rybnik [1, 2].

¹W przypadku bloków 200 MW nie określono takiego minimum i stąd w różnych elektrowniach pracowano z innymi obciążeniami, jednak nie niższymi niż 135 + 140 MW.



Rys. 1. Schemat przepływu sygnałów i ograniczeń w modelu kotła

Fig. 1. Diagram of signal flows and limits in the boiler model

2. BADANIA MINIMUM I MAKSYMUM TECHNICZNEGO BLOKÓW 200 MW

Do przeprowadzenia badań minimum technicznego [1] wybrano bloki nr 3 i nr 8. W przypadku wyznaczania maksimum bloku oprócz bloków nr 3 i nr 8 badano także blok nr 1. Taki wybór był podyktowany tym, że blok nr 3 jest wyposażony w system nadzoru firmy *Westinghouse* umożliwiający dokonanie pomiaru i rejestracji dużej ilości wybranych parametrów, kocioł bloku nr 8 był wyposażony w dodatkowe punkty pomiaru temperatur metalu, w wybranych, z góry ustalonych, partiach przegrzewaczy pary pierwotnej i wtórnej. Blok nr 1 natomiast wybrano do przeprowadzenia badań ukierunkowanych na analizę układu młynowego.

W trakcie realizacji pracy wykorzystano zbiór mierzonych wielkości fizycznych w systemie nadzoru *Westinghouse* zainstalowanym na bloku nr 3. Przy realizacji pracy oparto się na przygotowanym pakiecie niezbędnych wielkości mierzonych, koniecznych do wyznaczenia uwarunkowań procesowych. Wymieniony zbiór obejmował 192 wielkości fizyczne mierzone w części kotłowej i 47 wielkości w pozostałej części bloku [4]. Dla wszystkich parametrów przyjęto jednolity krok czasowy zbierania danych, wynoszący 10 sek. Natomiast protokołowanie i wydruk wartości w raporcie przewidziano z krokiem czasowym zbierania i uśredniania danych 1 minuty.

Przewidziano pięć eksperymentalnych procedur [5] wyznaczenia minimum technicznego bloku 200 MW oraz trzy procedury wyznaczenia maksimum technicznego bloku [6], różniące się od siebie zakresem zmian obciążeń, układami pracujących młynów i palników, oraz charakterystykami spalane go węgla. W każdym wariancie badań prowadzono pomiary parametrów na bloku pracującym z odłączeniem z ARCM.

Układy regulacji automatycznej temperatury pary świeżej i wtórnej były włączone i nadzorowane z wykorzystaniem niekiedy korekcyjnej interwencji operatora. Pozostałe obwody regulacji automatycznej, np. regulacji powietrza całkowitego wymagały częstych ingerencji operatorów, w przypadku regulacji cyfrowej, bowiem konieczne były zmiany wartości zadanej (setpointów) danej wielkości fizycznej mierzonej i regulowanej (np. ilość powietrza całkowitego).

Wartości poszczególnych parametrów mierzonych na bloku 3 były zapisywane jako zbiór parametrów na dysku i następnie archiwizowane na dyskietkach, celem późniejszego wydrukowania w odpowiednim formacie lub do bezpośredniego wykorzystania w analizach numerycznych jako baza danych. Pomiary na blokach 1 i 8 były rejestrowane na rejestratorach oraz odczytywane cyklicznie, z interwałem czasowym, średnio 10–15 minut. Wybrane taśmy zapisów rejestratorów były wykorzystywane niezależnie od odczytywanych wartości.

3. WARUNKI PRACY KOTŁA OP 650 PRACUJĄCEGO Z MINIMALNYM OBCIĄŻENIEM

W ocenie warunków eksploatacji kotła ze zwiększonym lub podwyższonym obciążeniem rozważano pracę wszystkich jego elementów, urządzeń i instalacji, obserwując zmiany parametrów i także stopień zanieczyszczenia kotła. Oceniano pracę: instalacji młynowej i palników, przegrzewaczy pary pierwotnej i wtórnej, wentylatorów powietrza i spalin, obwodów regulacji (w szczególności pętle regulacji temperatury pary).

Kotły OP 650 Elektrowni Rybnik są wyposażone w 6 młynów miażdżących pierścieniowo–kulowych MKM–33, zainstalowanych w układzie indywidualnych z bezpośrednim podawaniem pyłu do paleniska.

Czynnikiem susząco–wentylującym jest gorące powietrze. Podczas badań spalono węgle zbliżone do średnich rocznych charakterystyk: wartość opałowa 22175 kJ/kg, zawartość popiołu 21,9%, zawartość wilgoci 10,0%, zawartość siarki 0,72%, a więc znacznie lepsze węgle od węgla gwarancyjnego, co daje znaczne rezerwy wydajności instalacji młynowej.

Minimalne obciążenie kotła oznacza zaniżanie temperatur pary świeżej, wtórnej, temperatur spalin. Obniżając wydajność kotła, dla poprawienia stosunku prędkości mieszaniny pyłowo–powietrznej w palnikach (warunek dobrego spalania) wyłącza się z ruchu kolejne młyny, ograniczając ilość pracujących. Zmniejszanie obciążeń młynów bez korekcyjnej regulacji ustawienia wentylatorów młynowych powoduje wzrost grubości ziaren pyłu, i nadmiaru powietrza w palnikach, czyli wzrost tlenków azotu. W trakcie badań uzyskiwano obciążenia bloku 90 – 85 MW nie obserwując ograniczeń. Obniżanie obciążenia oznacza wzrost kosztu produkcji energii elektrycznej w wyniku spalania dużych strumieni oleju opałowego. Po analizie wskaźników ustalono jako minimalne obciążenie 100 MW.

W procedurze IV [5] badano zmiany parametrów pary pracując kotłem na 3 i 4 młynach. Natomiast w procedurze V [5] pracowano na 2 młynach, dokonując przełączenia młynów (palników), oraz obniżając dodatkowo ciśnienie pary w jednej serii. Uśrednione wartości temperatur pary świeżej i wtórnej podano w tablicy 1.

Praca kotła na dwóch zespołach młynowych jest stabilna. Ilość spalanego oleju wzrasta do 4,75 m³/h. Temperatury spalin za kotłem zawierały się w zakresie: 111 ÷ 113°C (war. IV), i 102 ÷ 108°C (war. V). Z badań wynika celowość wyłączenia środkowych wentylatorów powietrza i spalin (do młynów wykorzystuje się obejście).

W przypadku minimalnego obciążenia kotła nie obserwuje się przekroczeń temperatury metalu węzownic przegrzewaczy.

Tablica 1

Temperatury pary świeżej i wtórnej przy obciążeniu bloku 100 MW

Usytuowanie pracujących palników	Temperatura pary świeżej		Temperatura pary wtórnej	
	Strona lewa	Strona prawa	Strona lewa	Strona prawa
wariant IV – 4,3; a V – 2 młyny				
Pracują 3 górne rzędy palników, (IV)	522°C	510°C	482°C	466°C
Pracują 2 górne rzędy palników, (IV)	502°C	507°C	468°C	476°C
Pracują 2 dolne rzędy palników, (IV)	499°C	499°C	465°C	448°C
Pracuje 6 palników w ostatnim (dół) i 2 w przedostatnim rzędzie, (V)	491°C	498°C	457°C	462°C
Pracują 4 palniki w ostatnim (dół) i 4 w przedostatnim, (V)	503°C	504°C	470°C	476°C
Pracują 4 palniki w ostatnim (dół) i 4 w przedostatnim i obniżone ciśnienie pary do 9,1 MPa (V)	504°C	502°C	466°C	476°C

4. PARAMETRY PRACY KOTŁA Z MAKSYMALNYM OBCIĄŻENIEM

W trakcie badań maksimum uzyskano trwałą i bezawaryjną moc bloków nr 1, nr 3 i nr 8 wynoszącą:

- blok nr 8 – 225 MW, przy pracy 4 młynów
- blok nr 1 – 217 MW, przy pracy 3 młynów
- blok nr 3 – 226 MW, przy pracy 4 młynów
- blok nr 1 – 231 MW, przy pracy 4 młynów

Badania prowadzone na bloku 1 miały na celu analizę pracy młynów. Praca na trzech zespołach młynowych charakteryzowała się gorszą jakością prze-miału, $R_{0,09} = 30,8 \div 49,6\%$, $R_{0,20} = 2,0 \div 10,0\%$. Konsekwencją tego była znaczna zawartość części palnych w żużlu i popiele ($c_z = 6,1\%$, $c_{pl} = 8,5\%$). W czasie badań spalono węgiel o wartości opałowej $Q_i^r = 22222$ kJ/kg, zawartość popiołu $A^r = 22,6\%$ i zawartość wilgoci $W_i^r = 9,6\%$.

Z przeprowadzonych badań wynika, że instalacja młynowa kotła nie stanowi ograniczenia w osiągnięciu mocy bloku rzędu $225 \div 231$ MW (ograniczenia dalszego wzrostu mocy bloku leży po stronie turbozespołu). Przy zwiększonym obciążeniu kotła korzystniejsza jest eksploatacja na 4 pracujących młynach z uwagi na sprawność kotła, jak też parametry instalacji młynowej.

Pracę przegrzewaczy pary pierwotnej i wtórnej w kotle OP 650, pracującym z wydajnością powyżej 665 Mg/h, której odpowiada moc bloku $N \geq 215$ Mw (zarejestrowana moc $N = 231$ MW osiągnięta była przy strumieniu pary świeżej 700 Mg/h), można ocenić jako stabilną. W poszczególnych wariantach procedur I, II, III [6] badano wpływ umiejscowienia pracujących palników na

zmiany temperatury pary. Przy pracy młynów zasilających dolne rzędy palników nie stwierdzono przekroczeń regulowanych temperatur pary świeżej. Zawierały się w zakresie od $537 \div 541^{\circ}\text{C}$, a temperatury pary wtórnej w zakresie $535 \div 542^{\circ}\text{C}$. Analizowano szczegółowo temperatury metalu V stopnia przegrzewacza pary świeżej i II stopnia przegrzewacza pary wtórnej. Przegrzewacz V stopnia pracuje bez zastrzeżeń, strumień pary dobrze chłodzi węzownice. Natomiast w typowo konwekcyjnym przegrzewaczu II stopnia pary wtórnej następuje nadmierny wzrost temperatur pary i metalu. Analiza rur skrajnych nr 7, 12 oraz w pobliżu środka nr 64 oraz 79 wykazała duże przyrosty temperatur metalu (niemniej są one poniżej dopuszczalnej temperatury pracy 580°C dla stali 10H2M).

Obieg wodny kotła pracującego z dużym obciążeniem, podobnie jak przy minimum jest stabilny, i istnieje wystarczający margines bezpieczeństwa, zapewniający wystarczający obieg wody, nawet w przypadku górnego rzędu palników.

W czasie pracy kotła wszystkie obwody regulacji automatycznej pracowały poprawnie. Choć w stanach przejściowych w obwodach regulacji temperatury pary występowały dość duże przeregulowania. Dla oceny możliwości pracy kotła z wyższym obciążeniem analizowano ograniczenia technologiczne kotła (zawory, klapy, kierownice, wentylatory powietrza i spalin, pompy wody zasilającej) mogące mieć wpływ na obniżenie górnego pułapu obciążenia. W kotle OP 650 nie stwierdzono występowania ograniczeń w zakresie zwiększonych obciążeń bloku od $200 \div 226$ MW.

5. EKONOMICZNE ASPEKTY PRACY KOTŁÓW Z MINIMALNYM OBCIĄŻENIEM

Praca kotła (bloku) z niższym lub wyższym obciążeniem oznacza zmianę podstawowych wskaźników: jednostkowego zużycia paliwa umownego, kosztu produkcji energii elektrycznej, zużycia energii chemicznej paliwa przez blok. Sprawność obiegu spada wraz z obniżaniem obciążenia bloku.

W obliczeniach wskaźników posłużono się wartością kosztu paliwa umownego równą 511,327 tys. zł/Mg.p.u. Na podstawie wskaźników pomiarów określono poszczególne straty ciepłe kotła i obliczono jego sprawność, wykorzystując ją do dalszych analiz. Sprawności kotła zmieniały się od 91,90% (200MW), 90,38% (151 MW), 91,20% (100 MW). W tabeli 2 podano średnie wskaźniki brutto dla dwóch bloków (nr 3 i nr 8).

Średnie wskaźniki brutto dla dwóch bloków (minimum)

Tablica 2

Średnie wskaźniki brutto	Blok nr 3		Blok nr 8	
	Obciążenie 100 MW	Obciążenie 200 MW	Obciążenie 100 MW	Obciążenie 200 MW
Jednostkowe zużycie paliwa umownego	327 gpu/kWh	315 gpu/kWh	343 gpu/kWh	325 gpu/kWh
Koszt wytworzenia energii elektrycznej			191 zł/kWh	166 zł/kWh
– w układzie z 3 młynami	180 zł/kWh	–		
– w układzie z 2 młynami	205 zł/kWh	–		
– w układzie z 2 młynami oraz obniżonym ciśnieniem pary	236 zł/kWh	–		

6. EKONOMICZNE ASPEKTY PRACY KOTŁÓW Z MAKSYMALNYM OBCIĄŻENIEM

W obliczeniach wskaźników posłużono się wartością kosztu paliwa umownego równą 438,233 tys. zł/Mg.p.u., obliczoną na podstawie ceny spalane go węgla. Stwierdzono wysoką sprawność kotła dla wyznaczonego najwyższego trwałego obciążenia, czyli mocy bloku 225 MW. Zawierała się ona w granicach od 90,43% (kocioł nr 8), do 91,0% (kocioł nr 1), i dochodziła do 92,40% (kocioł nr 3). Wskaźniki jednostkowego zużycia paliwa i jednostkowego kosztu wytwarzania energii elektrycznej są korzystne, i występują niewielkie różnice w stosunku do obciążenia minimalnego. Podano je w tabeli 3. Jeżeli uwzględni się opłaty za korzystanie ze środowiska, to jednostkowy koszt wytwarzania energii elektrycznej wzrośnie o 16,32 zł/kWh i zmienia się od 153 zł/kWh (blok nr 3) do wartości 156 zł/kWh (bloki nr 1 i 8).

Przedstawione wskaźniki są bardzo korzystne i przemawiają za przeciążeniem bloków 200 MW. Na ich wartość wpływ mają wysokie parametry pary i wzrost sprawności obiegu cieplnego. Pod tym względem mniej korzystne są wskaźniki dla minimalnego obciążenia (tab. 2), gdzie obniżenie parametrów pary powoduje spadek sprawności obiegu, koszt spalania oleju opałowego podraża koszt eksploatacji. Natomiast w tym przypadku istnieją korzyści w sprawności netto (zmniejszenie potrzeb własnych o ok. 2 – 3,5 MW, oraz brak kosztów odstawienia i uruchomienia).

Tablica 3

Średnie wskaźniki brutto dla dwóch bloków (maksimum)

Średnie wskaźniki brutto	Blok nr 3		Blok nr 8	
	Obciążenie 200 MW	Obciążenie 215 MW	Obciążenie 200 MW	Obciążenie 215 MW
Jednostkowe zużycie paliwa umownego	313 gpu/kWh	314 gpu/kWh	318 gpu/kWh	317 gpu/kWh
Jednostkowy koszt wytworzenia energii elektrycznej	137 zł/kWh	137 zł/kWh	139 zł/kWh	139 zł/kWh
Średnie wskaźniki brutto	Blok nr 1		Blok nr 3	Blok nr 8
	Obciążenie 200 MW	Obciążenie 220 MW	Obciążenie 225 MW	Obciążenie 225 MW
Jednostkowe zużycie paliwa umownego	324 gpu/kWh	319 gpu/kWh	314 gpu/kWh	320 gpu/kWh
Jednostkowy koszt wytworzenia energii elektrycznej	142 zł/kWh	140 zł/kWh	137 zł/kWh	140 zł/kWh

7. WPŁYW OBCIĄŻEŃ MINIMALNYCH I MAKSYMALNYCH NA TRWAŁOŚĆ KOTŁA

Podczas badań minimum technicznego stwierdzono, że przy obciążeniu do 100 MW nie występowało przekroczenie temperatur metalu w żadnym z elementów. Analizowano walczak (4 różnice temperatur), węzownice przegrzewaczy II, III, V stopnia, rurociągi pary świeżej, komory wylotowe przegrzewacza pary świeżej i wtórnej.

Problem trwałości ma niewielkie znaczenie przy minimum technicznym kotła. Wynik wszelkich analiz dowodzi, że problem ubytku trwałości spowodowanej pełzaniem materiału przy zmniejszaniu się obciążenia poniżej 200 MW nie występuje. Natomiast pojawia się problem utraty trwałości spowodowanej zmęczeniem niskocyklowym (zjazd i podjazd). Analizowano w tym celu rurę $\phi 32 \times 7$ przegrzewacza V stopnia, rurę $\phi 44,5 \times 4$ przegrzewacza pary wtórnej, komorę wylotową $\phi 508 \times 100$ przegrzewacza pary świeżej, komorę wylotową $\phi 558 \times 30$ przegrzewacza pary wtórnej (blok nr 8). Założono 5000 cykli zmian obciążeń. Określono, że ubytek trwałości (w odniesieniu do obciążenia 200 MW) zmienia się od $0,9 \div 1,8\%$ (rury) do $1,8 \div 2,4\%$ (komory).

W analizie towarzyszącej wyznaczaniu maksimum, z uwagi na wzrost temperatur pracy i konieczność uzyskania pełnej informacji, postanowiono problem trwałości rozeznaczyć dokładniej. W tym celu wytypowano następujące elementy ciśnieniowe kotła bloku nr 3: walczak $\phi 1800 \times 100$ mm, komorę zbiorczą wylotową przegrzewacza pary pierwotnej $\phi 508 \times 100$ mm, komorę zbiorczą wylotową przegrzewacza pary wtórnej $\phi 558 \times 30$ mm. Oparto się na

modelu obciążenia niskocyklowego i wysokocyklowego². Ubytek trwałości określano jako sumę ubytku obciążeń zmęczeniowych oraz pełzania.

Do czasu wykonywania oceny ubytku trwałości kocioł przepracował 129322 godziny, a sumaryczna liczba uruchomień wynosiła 378. W przypadku walczaka ostatnie badania nieniszczące wykonano po 127118 godzinach pracy, nie stwierdzając pęknięć powierzchniowych.

Walczak wykonany ze stali 18 CuNMT. Obliczona rozpiętość naprężeń w warunkach rozruchu ze stanu zimnego z prędkością $v_{\Theta} = -1,5$ K/min wynosi 486 – 505 MPa, natomiast ze stanu ciepłego z prędkością $v_{\Theta} = 2,0$ K/min wynosi 298 – 316 MPa. Obliczony tutaj zapas trwałości wynosi 65%.

Komora przegrzewacza wykonana jest ze stali 10CrMo910. Dla komory przegrzewacza poziom naprężeń: w warunkach rozruchu ze stanu ciepłego $v_{\Theta} = 2,0$ K/min wynosi 208 – 407 MPa, w warunkach schładzania z prędkością $v_{\Theta} = -4,0$ K/min wynosi 154 – 407 MPa, dla awaryjnego schładzania z prędkością $v_{\Theta} = -4,0$ K/min wynosi zaś 360 – 407 MPa. Obliczony sumaryczny ubytek trwałości komory wynosi $e = 61,3\%$, na co składają się: ubytek na skutek zmęczenia niskocyklowego $e_n = 1,6\%$, ubytek na skutek zmęczenia wysokocyklowego $e_w = 11,2\%$, ubytek na skutek pełzania materiału $e_z = 48,5\%$. Rzeczywisty czas pracy komory wynosi $Z = 139000$ godzin. Obliczeniowy czas pracy $Z_0 = 287000$ godzin.

Wyznaczone metodą obliczeniową (z uwzględnieniem warunków pracy) dla elementów kryterialnych, eksploatacyjne szybkości zmian obciążenia kotła (w przeliczeniu na szybkość zmiany mocy bloku) wynoszą:

w zakresie zmian mocy bloku	210 – 220 MW	$\Delta N/\Delta \tau = 4,0$ MW/min,
natomiast dla mocy powyżej	220 MW	$\Delta N/\Delta \tau = 3,5$ MW/min.

8. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania potwierdziły wcześniejsze przypuszczenia, że realne minimum techniczne kotłów odpowiada znacznie niższemu poziomowi mocy niż przyjęty w eksploatacji w krajowych elektrowniach. Obniżanie obciążenia oznacza wzrost ilości ciepła wytwarzanego przez spalanie oleju opałowego, a tym samym wzrost wskaźników kosztu wytwarzania energii elektrycznej. Wzrost ten wynika także z obniżenia sprawności obiegu cieplnego, bowiem przy niskim obciążeniu kotła nie uzyskuje się znamionowych wartości temperatury pary świeżej i wtórnej; zwłaszcza najniekorzystniejszy przypadek powstaje przy pracy palników w dolnych rzędach.

²Oparto się między innymi na normach TRD (Technische Regeln für Dampfkessel): N° 301 i N° 508.

Niskie obciążenie bloku oznacza konieczność pracy dwóch wentylatorów spalin, czyli wyłącznie środkowej trasy podgrzewu powietrza, aby móc zapobiegać destabilizacji nadmiaru powietrza w palenisku. Z kolei stosowanie niskich obciążeń bloków 200 MW należy zalecić z uwagi na: brak odstawiania i ponownego rozruchu bloków (zmniejszeniu ilości odstawianych poprzez obniżenie ich mocy), obniżenia trwałości w wyniku głębokiego rozprężenia i sprężenia, zmniejszenia mocy potrzeb własnych.

Przeprowadzone badania wykazały, że kotły OP 650 mają rezerwę pozwalającą na przeciążenie. Kocioł ma wyższe maksimum techniczne niż turbina. Z analizy wynikało, że kocioł może dostarczyć parę do wytworzenia mocy bloku nawet wyższej niż 230 MW.

Wykorzystanie rezerwy tkwiącej w kotle OP 650 (El. Rybnik) do zwiększenia mocy bloku jest bardzo opłacalne, bowiem wskaźniki ekonomiczne pracy są korzystne. Układ pracuje stabilnie i nie zachodzi obawa o zmniejszenie trwałości elementów kotła. Jest to bezinwestycyjny sposób (bez dokonywania jakiegokolwiek modernizacji) wytworzenia dodatkowej energii elektrycznej.

Obieg wody jest stabilny zarówno przy niskim, jak też wysokim obciążeniu kotła, niezależnie od ilości i poziomów pracujących palników.

LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa z udziałem Autora (kierownictwo Z.L. Rataj): Określenie warunków determinujących minimum techniczne bloków 200 MW w Elektrowni Rybnik oraz skutków eksploatacyjnych przy niskim obciążeniu. Opracowanie Instytutu Maszyn i Urzędzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej. Gliwice, kwiecień 1993.
- [2] Praca zbiorowa z udziałem Autora (kierownictwo Z. L. Rataj): Określenie warunków determinujących osiągnięcie maksymalnego obciążenia bloków 200 MW Elektrowni Rybnik. Opracowanie PUPWPT „WIROPOL”. Gliwice 1993.
- [3] Rataj Z. L.: Zbiór parametrów mierzonych niezbędnych do wyznaczania minimum technicznego bloku 200 MW w systemie nadzoru Westinghouse zainstalowanym na bloku nr 3 w Elektrowni Rybnik. Opracowanie Instytutu Maszyn i Urzędzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej. Gliwice, styczeń 1993.
- [4] Rataj Z. L.: Zestawienie wielkości i parametrów mierzonych w procedurze znajdowania minimum technicznego bloku 200 MW na przykładzie bloku nr 3 w El. Rybnik. Opracowanie Instytutu Maszyn i Urzędzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej. Gliwice, styczeń 1993.
- [5] Rataj Z. L.: Eksperymentalne procedury wyznaczenia minimum technicznego bloku 200 MW Elektrowni Rybnik. Warianty I, II, III, IV, IVa, V.

Opracowanie Instytutu Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej. Gliwice, styczeń 1993.

- [6] Rataj Z. L.: Procedury wyznaczenia maksimum technicznego bloku 200 MW w El. Rybnik. Warianty: I, II, III. Opracowanie PUPWPT „WIROPOL”. Gliwice 1993.
- [7] Szopa M.: Sprawozdanie z obliczeniowej oceny trwałości walczaka 1800 x 100 i komory i przegrzewacza pary pierwotnej piątego stopnia 508 x 100 kotła OP-650 pracującego w Elektrowni Rybnik. Tarnowskie Góry, listopad 1993.
- [8] Schweigerer S.: Festigkeitsberechnung im Dampfkessel- Behälter- und Rohrleitungsbau. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg 1978.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Władysław GAJEWSKI

Wpłynęło do Redakcji 18.08.1994 r.

Abstract

The principal object of a boiler operation is to satisfy the current power demand according to the load curve and to ensure the highest service life and highest efficiency of a boiler plant. The load curve of a power station is mostly non-uniform which is determined by variations of energy consumptions by the consumers. The conditions of operation of boiler equipment at various loads are characterized by the load control range and the range of allowable loads.

A boiler has a lower limit of the control range, so called lowest possible capacity or lowest possible load (LPL), as well as, the greatest limit of load, e.g. the greatest possible load (GPL), at which both can it operate steadily. The estimation of those two limits is a very powerful tool for a modern operation of a power generating units. The operation of a boiler at a lowest possible capacity can eliminate the number of monoblocks to be shutted-down, so it is economic, because a starting-up procedures, and their costs, will be limited to a minimum.

The OP 650 boiler operating at the lowest possible load of 100 MW has the live and reheat steam temperatures lower than 540°C. The flue gas temperature are of 102 – 108°C range, so the overall boiler efficiency is very great.

At the greatest possible load of OP 650 boiler of 226 MW it would be possible in a several conditions, specially if the upper row's burner are working, live and reheat steam temperatures could be higher than 540°C. In

practice this problem will be good balanced by the temperature control loops. The attemperators have a enough dimensioned working reserve.

The operation of the OP 650 boilers at the loads lower or higher than the base steaming capacity can be lead without any troubles, and is more efficiency and favourable, because gives the great flexibility and manoeuvrability of the monoblocks units.