ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1990
Seria: ENERGETYKA z. 113 Nr kol. 1101

Adam DROŻYŃSKI

Raciborska Fabryka Kotłów RAFAKO

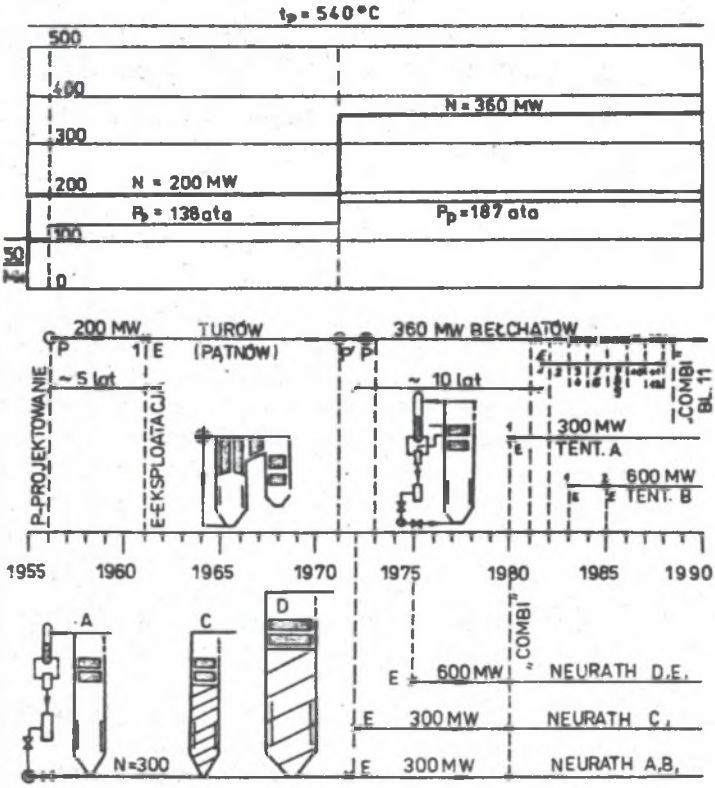
DOŚWIADCZENIA EKSPLOATACYJNE I MODERNIZACJA KOTŁÓW BB-1150 ELEKTROWNI BEŁCHATÓW

Streszczenie. W opracowaniu zawarto wybrane doświadczenia 20-letniego okresu od początku projektowania kotłów BB-1150 El. Bełchatów, ze szczególnym uwzględnieniem doświadczeń i modernizacji tych kotłów z 10-letniego okresu ich eksploatacji. W oparciu o wyniki obserwacji i badań tych kotłów. szczegółowo przedstawiono zagadnienia z zakresu spełnienia założeń projektowych, spalania węgla brunatnego ze złoża Bełchatów, warunków pracy pomp cyrkulacyjnych, przekroczeń temperatur dopuszczalnych, powstawania osadów wewnętrznych w poszczególnych elementach kotłów. Sformułowano kryteria celowości i konieczności modernizacji. Podano sposoby przeprowadzonych modernizacji oraz ich efekty.

1. WSTĘP

Do czasu rozpoczęcia prac projektowych kotłów dla El. Bełchatów spalających węgiel brunatny, w kraju w eksploatacji były kotły OP-650b (200 MW) Turów, Pątnów. Te kotły były więc bazą doświadczalną dla nowej serii kotłów BB-1150 Bełchatów. Ta baza doświadczalna była jednak ograniczona w zasadzie do części paleniskowej (młyny, palniki, podgrzewacze powietrza, ruszty, odżużlacze) oraz do takich zagadnień,jak erozja, szlakowanie. Kotły OP-650b zaprojektowane były na ciśnienie pary 138 ata i ciśnienie w walczaku 152 ata (cyrkulacja naturalna).
ENERGETYKA dla nowej serii kotłów El. Bełchatów wybrała następujące parametry:
moc bloku 360 MW, wydajność kotła 1150 t/h, ciśnienie pary 187 ata, temp. pary 540 ^{o}C, ilość pary wtórnej 1050 t/h, temp. 335/540 ^{o}C, ciśnienie pary wtórnej 46/43,5 ata.
Przy ciśnieniu pary na wylocie z kotła 187 ata należało liczyć się z ciśnieniem w parowniku powyżej 210 - 220 ata. Przy tak wysokich ciśnieniach konieczne było przyjęcie kotłów z wymuszonym przepływem w parowniku.
W r. 1973 zakupiono licencję od szwajcarskiej firmy Sulzer i przy wskazaniu ENERGETYKI wspólnie zdecydowano się na realizację w El. Bełchatów kotłów jednociągowych z dodatkową wymuszoną cyrkulację w parowniku, tj. kotłów z pompą cyrkulacyjną pracującą w całym zakresie obciążenia kotła (2 pompa cyrkulacyjna stanowi rezerwę do natychmiastowego załączenia).

Wybór kotła jednociągowego wynikał z przyjęcia typowego kotła firmy Sulzer z pompami cyrkulacyjnymi. Ponadto przy kotle jednociągowym spodziewano się znacznie mniejszej erozji popiołowej (poważny problem El. Turów).
Jak widać z Rys. 1, bazą doświadczalną dla nowej serii kotłów BB-1150 nie mógł być np. pierwszy kocioł tego typu Neurath A-300 MW, gdyż jego wejście do eksploatacji zbiegło się już z fazą projektu kotłów BB-1150 w 1973 r.
Z porównania nowej serii kotłów BB-1150 (kotły jednociągowe z cyrkulacją wymuszoną pompami cyrkulacyjnymi) z kotłami OP-650b (kotły dwuciągowe z cyrkulacją naturalną) wynika, iż nowe kotły różnią się zasadniczo, stanowią nową jakość, a przy ograniczonej bazie doświadczalnej, są kotłami prototypowymi. Zatem w całym cyklu realizacyjnym, a zwłaszcza w eksploatacji należało liczyć się z niespodziankami i celowością, a nawet koniecznością zmian modernizacyjnych.



Rys.1. Kalendarz bazy doświadczalnej i realizacji kotłów BB-1150 Elektrowni Bełchatów

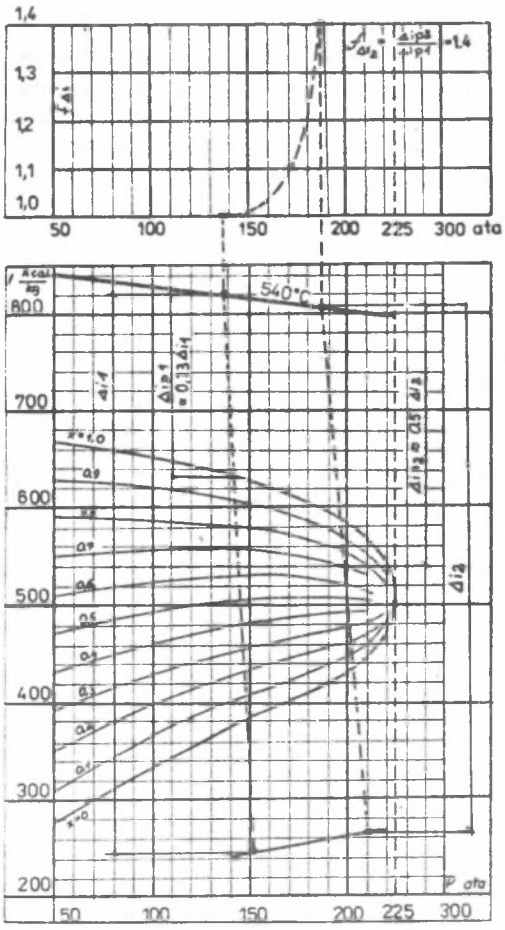
Fig.1. Time schedule of experience starling point and building site of BB-1150 boilers Bełchatów P.S.

2. DOŚWIADCZENIA WSTĘPNEJ FAZY PROJEKTOWANIA KOTŁÓW BB-1150

Przy opracowywaniu wstępnych założeń techniczno - ekonomicznych (ZTE) posłużono się uproszczoną formułą oceny kosztów, np. części ciśnieniowej nowego kotła K2-BB1150 w odniesieniu do kotła bazowego K1-OP 650b

$$K_2 = K_1 \cdot \frac{P_2}{P_1} \cdot \frac{D_2}{D_1} \cdot \frac{\Delta i_2}{\Delta i_1} \cdot f_{\Delta i_2} \cdot f_r = 7{,}5 K_1 \quad ,$$

gdzie K - koszt, P - ciśnienie, D - wydajność kotła, Δi $f_{\Delta i_2}$ - różnice entalpii z Rys. 2, fr - współczynnik kosztów dodatkowych.



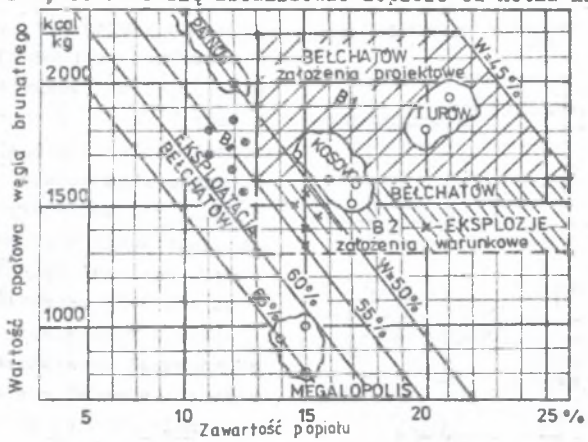
Rys. 2. Wykres I - P
Fig. 2. I - P Diagram

Przy projektowaniu nowego kotła istotnym parametrem był stopień suchości pary x na wylocie z separatora, trudny do określenia zwłaszcza przy tak wysokim ciśnieniu (powyżej 200 ata).

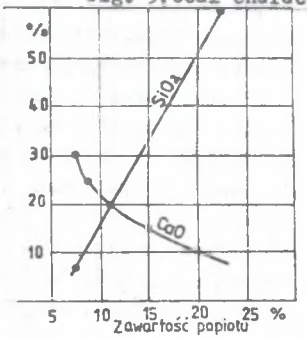
Mając na uwadze brak bazy doświadczalnej oraz malejącą różnicę objętości właściwej pary i wody V'' - V' ze wzrostem ciśnienia, obawiano się wówczas słusznie zbyt niskiej wartości stopnia suchości pary za strefą separowania w wodooddzielaczu. Ponieważ badania modelowe nie dały zadowalających wyników, a rozwiązanie z dwoma szeregowymi separatorami okazało się nierealne z uwagi na zbyt małą różnicę ciśnień między nimi, zdecydowano się ostatecznie na rozwiązanie z jednym wodooddzielaczem z zabudową prototypowego urządzenia separującego i dodatkowo z tzw. "by pass" separatora, zakładając do dalszego projektowania stopień suchości pary x = 0.87 - 0.96. Bazując na tym założeniu, rozpatrywano rozwiązanie przegrzewaczy z bardzo rozbudowanym przegrzewaczem konwekcyjnym oraz rozwiązanie z przegrzewaczem naściennym w komorze paleniskowej. Dla zmniejszenia nadmiernej wysokości

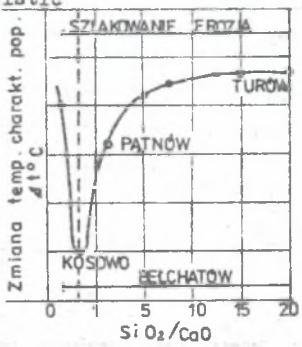
kotła oraz kosztów budowy, zdecydowano się na rozwiązanie z przegrzewaczem naściennym, co później okazało się rozwiązaniem właściwszym.

Kotły BB-1150 zaprojektowano na węgiel brunatny z rejonu Bełchatów (Rys. 3, 4, 5). Cechą charakterystyczną tego węgla jest znaczne jego zróżnicowanie zarówno co do wartości opałowej, zawartości popiołu i wilgoci, jak również odnośnie charakterystyki popiołu. Dla nowych kotłów BB-1150 opalanych węglem z obszaru B1 (Rys. 3 - założenia projektowe) bazą doświadczalną mogły być kotły OP-650b Turów, Pątnów, Kosovo. Dla tego obszaru węgla można było i przyjęto układ paleniskowy bez zrzutu oparów. Obszar B2 jak widać z Rys. 3 jest pośrednim między obszarem B1 (Turów, Pątnów, Kosovo) a obszarem węgla brunatnego Megalopolis (kocioł 960 t/h z zrzutem oparów). Obszar B2 określony został do projektowania jako założenia projektowe warunkowe, kotły BB-1150 zaprojektowano więc z układem paleniskowym bez zrzutu oparów. W końcowej fazie projektowania, a właściwie już w fazie wykonawstwa w obawie przed ewentualnymi eksplozjami, zdecydowano się wprowadzić zrzut oparów, co dało się zrealizować dopiero od kotła nr 6.



Rys. 3. Charakterystyka węgla brunatnego
Fig. 3. Coal characteristic



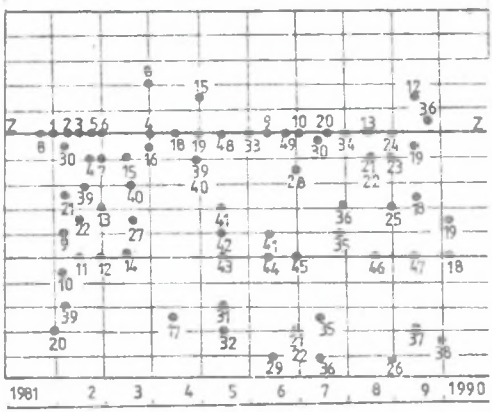


Rys. 4. Charakterystyka popiołu
Fig. 4. Ash characteristic

Rys. 5
Fig. 5

3. DOŚWIADCZENIA EKSPLOATACYJNE I MODERNIZACJA KOTŁÓW BB-1150 ELEKTROWNI BEŁCHATÓW

Rozruch pierwszego kotła BB-1150 w El. Bełchatów rozpoczęto w r. 1981, pierwszy blok 360 MW przekazano do eksploatacji w połowie roku 1982, ostatni 12 w końcu roku 1988. Ocenę eksploatacyjną stanowi spełnienie założeń projektowych. Dane do tej oceny uzyskano z 10-letniej eksploatacji. Podstawowe wyniki eksploatacji kotłów uzyskano w drodze obserwacji przez służby rozruchowo - eksploatacyjne (Energorozruch, Rafako,El. Bełchatów) oraz pomiarów i badań (ITC, El. Bełchatów, Energopomiar, Rafako, Sulzer). Podstawowe założenia projektowe kotłów BB-1150 sprowadzić można do następujących: spalanie określonego węgla brunatnego ze złoża Bełchatów, uzyskanie odpowiednich parametrów pary, możliwie wysokiej sprawności, dyspozycyjności, przy możliwie niskich kosztach eksploatacyjnych , praca kotła i bloku przy ciśnieniu poślizgowym,uzyskanie możliwie wysokiej elestyczności kotła. Bardziej szczegółowe składniki oceny eksploatacji podano w poniższym zestawieniu (poz. 1-50), a jej ocenę na Rys. 6.

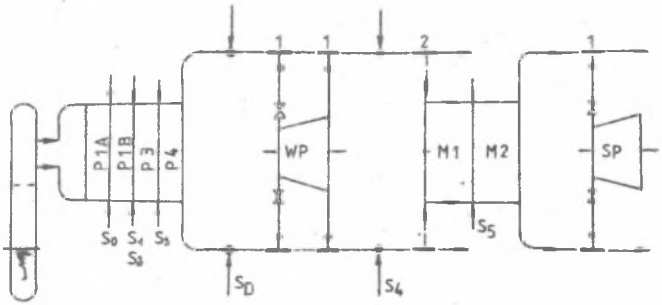


Rys. 6. Doświadczenia i modernizacje
Fig. 6. Experiences and modernization

1. wydajność, 2. ciśnienie, 3. temp.4. sprawność, 5. zakres obc.kotła z nom. temp. pary, 6. minimalne obc. bez mazutu, 7. spadek ciśnienia w przegrz.wt. 8. przedmuchiwanie kotła i ruroc. 9. ilość wody wtryskowej do pary pierwotnej, 10. ilość wody wtr. do pary wt. 11. ilość wody zrzutowej, 12. zużycie mazutu, 13. zużycie węgla na 1 KWh, 14. eksploatacja kotła przy ciśn. poślizg. 15. potrzeby własne, 16. dyspozycyjność, żywotność, 17. erozja, 18. szlakowanie, 19. zanieczyszczenie popiołowe, 20. przekroczenie temp. 21, drgania, 22. hałas, 23. emisja pyłu, 24. emisja CO, 25. emisja NOx, 26. emisja SOx, 27. izolacja cieplna, 28. osiadanie i przechyły kotłów, 29. stany krytyczne, zagrożenia, 30. wydłużenie cieplne, 31. czystość powierzchni wewn, 32. osady w dyszkach wtryskowych So i S1, 33. osady w dyszkach wtrysk.S2 i S3,S4,S5, 34. osady w ECO, 35. osady w rurach parownika, 36. osady w dyszkach parownika, 37. osady w przegrz. pierw. 38. osady w przegrz. wt. 39. przechłodzenie wody na ssaniu pomp cyrkulacyjnych, 40. przechłodzenie wody z ECO, 41. stopień suchości pary, 42. błąd poziomu wody, 43. zawartość pary w recyrkulacji, 44. zawartość pary na ssaniu pomp cyrkulacyjnych, 45. NPSHa, 46. NPSHr, 47. dop. prędkości spadku ciśnienia w parowniku, 48. dop.różnice i zmiany temp. kryterialnych elementów ciśnieniowych, 49. możliwość pracy kotłów w ARCM, 50. elastyczność kotła.

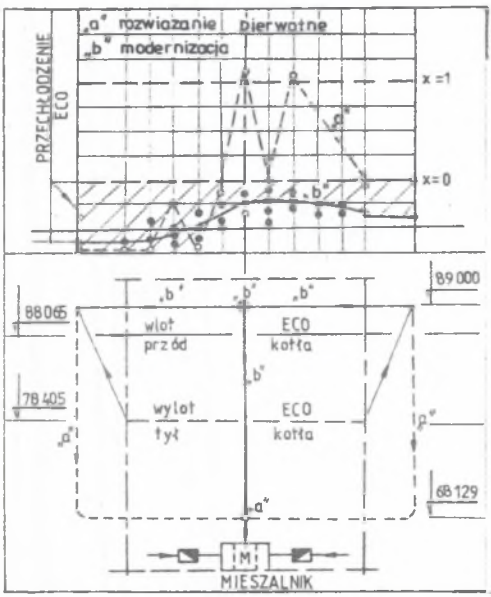
Celem zmian modernizacyjnych jest sprowadzenie składników oceny wg Rys.6 do poziomu linii z-z (wartości zadane) lub powyżej. Jednym z pierwszych doświadczeń w El. Bełchatów, już w fazie wstępnej działań rozruchowych było

zastosowanie nowego sposobu przedmuchiwania kotłów i rurociągów wg. patentu nr 138 499 (Rys.7)



Rys. 7. Instalacja przedmuchiwania kotła i rurociągów
P-przegrz. S-schładzacz, M-przegrz.wt. S_D-schładzacz dodatkowy
1-trójnik z zaślepką, 2-odrzutnik
Fig. 7. Blowing system of boiler and pipelines
P-SH, S-Spray Attemp. M-RH, S_D-auxiliary Spray Attemp.
1-plugged TEE, 2-deflector

Ten jednofazowy sposób przedmuchiwania z powodzeniem wypróbowany i realizowany w El. Bełchatów pozwolił na uzyskanie znacznych efektów, takich jak zmniejszenie ilości cykli przedmuchiwania, umożliwienie prac montażowych i regulacyjnych przy turbinie w czasie przedmuchiwania, zabezpieczenie przegrz. wtórnego , oszczędności paliwa, wody, energii, znacznie szybsze przekazanie bloku do eksploatacji.



Podczas uruchamiania pierwszego kotła zauważono niekorzystne zjawisko polegające na znacznej nierównomierności rozpływu wody w podgrzewaczu (ECO) przy układzie rurociągów wylotowych wg rozwiązania "a" Rys.8. Jak widać z Rys.8 w części ECO stwierdzono nieznaczne przegrzanie (stan powyżej x =1), podczas gdy dla stabilnej pracy pompy cyrkulacyjnej i zabezpieczenia parownika (EVA) konieczne jest utrzymywanie przechłodzenia wody (stan poniżej x = 0).
Po wprowadzeniu zmian w układzie rurociągów wg rozwiązania "b" nieprawidłowości zostały wyeliminowane.

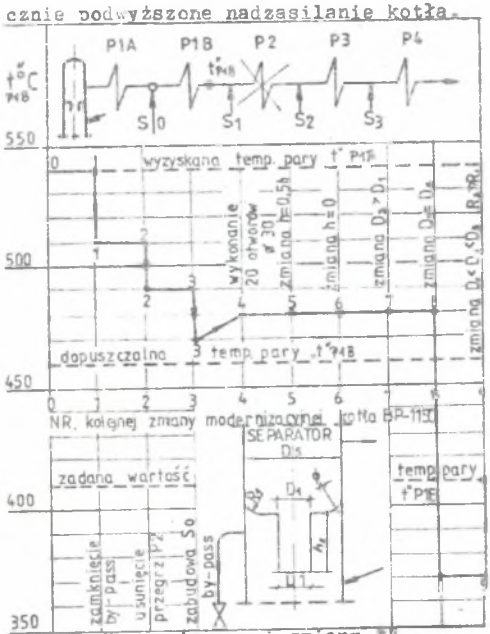
Rys. 8. Doświadczenia i modernizacja ECO
Fig. 8. Experiences and modernization of ECO

Szybkość rozruchu, zmian obciążenia i odstawienia kotła określane są wg. kryterium wytrzymałościowego, dopuszczalnych zmian temperatury kryterialnych elementów grubościennych oraz wg. kryterium dopuszczalnych spadków ciśnienia na wejściu do pompy cyrkulacyjnej. To ostatnie opisać można następująco:

$$\partial p = \frac{NPSHa - NPSHr}{T} \cdot 10^{-4} \quad [at/min]$$

gdzie: NPSHa [m] - odnosi się do układu cyrkulacyjnego kotła,
NPSHr [m] - do pompy cyrkulacyjnej, T [min] czas przepływu wody z separatora do pompy.

Ponieważ w początkowej fazie uruchamiania kotła, lub przy niskiej wydajności (niskie ciśnienie) wartość NPSHa osiąga minimum a NPSHr maximum, wymagana jest szczególnie kontrola parametrów wody w układzie ECO-EVA, a zwłaszcza kontrola obniżania ciśnienia. Przy obniżaniu ciśnienia następuje wzrost poziomu wody w separatorze, zmniejsza się ilość wody zasilającej, co prowadzi do zmniejszenia przechłodzenia wody, a nawet do odparowania, a w następstwie do kawitacji i zagrożenia parownika lub wyłączenia kotła (bloku). Dla ułatwienia uruchomienia i eksploatacji zabudowano dodatkowo bezpośredni wskaźnik wartości przechłodzenia wody. Z uwagi na częste wypadanie bloku zlikwidowano zabezpieczenie od niskiego poziomu wody w separatorze. W celu poprawienia warunków napływu wody na ssaniu pompy cyrkulacyjnej usunięto sito drobne , zmieniono sito grube w filtrze kotłowym oraz stosuje się znacznie podwyższone nadzasilanie kotła.

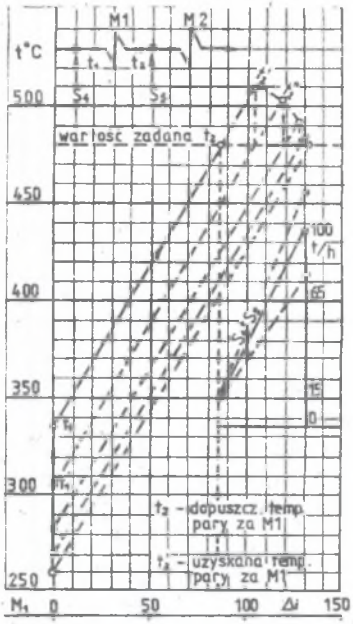


Rys. 9. Modernizacje i zmiany t''_{P1B}
Fig. 9. Modernization and t''_{P1B} change

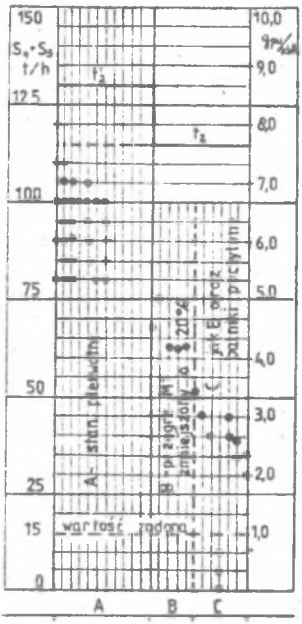
Przy uruchomieniu pierwszego kotła BB-1150 w El. Bełchatów i obciążeniu bloku powyżej 50%, stwierdzono znacznie podwyższoną temp. pary za konwekcyjnym przegrzewaczem P1B ponad wartość zadaną o 120°C i ponad wartość dopuszczalną o 80°C. W początkowym okresie spalany był węgiel z obszaru B2 wg. Rys. 3 o niskiej kaloryczności masy palnej (poniżej 5850 kcal/kg) i zawartości części lotnych poniżej 53%, co miało niekorzystny wpływ na stabilność spalania i było przyczyną kilku eksplozji. Zastosowane przy kotłach nr 6 i 7 palniki ze zrzutem oparów dla poprawienia stabilności spalania i obniżenia temperatury pary nie spełniły zadań, natomiast obniżyły żywotność młynów i moc bloków.

Na Rys. 9 pokazano kolejne zabiegi i zmiany modernizacyjne w celu obniżenia temp. pary za przegrzewczem P1B.

Stwierdzono również przekroczenie temp. pary za przegrzewaczem M1 o ca 30 °C ponad wartość zadaną (dopuszczalną), jak to pokazano na Rys.10i11.



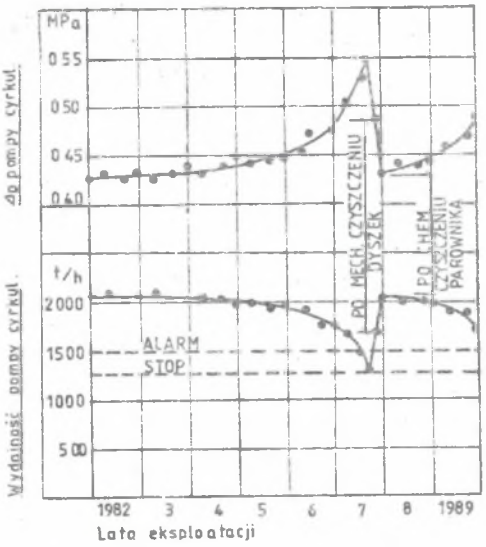
Rys.10.Charakterystyka przegrzewacza M1
Fig.10.Charakteristic of M1-RH



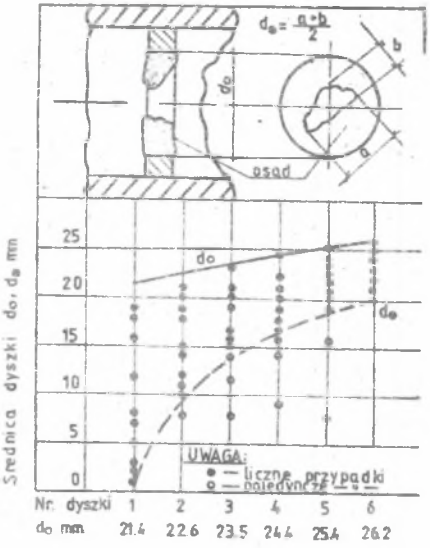
Rys.11.Modernizacje i efekty
Fig.11.Modernization and effects

W celu obniżenia tej temp. zwiększono ilość wody wtryskowej w schładzaczu S4. Ponieważ okazało się to niewystarczające, a suma wtrysków S4 + S5 osiągała ilości zbyt duże, zmniejszono przegrzewacz M1 o ca 20%, a w kotłach nr 6 – 12 pochylono górne palniki w dół 12 - 15 °. Rezultaty zmian w celu obniżenia temp. pary za przegrzewaczami P1B i M1 okazały się pozytywne i przyniosły następujące efekty: oszczędność energii około $2{,}5 \cdot 10^6 \frac{kWh}{rok}$, ponad 1000 ton stali, poprawienie warunków napływu wody na pompy cyrkulacyjne, żywotności przegrzewaczy P1B i M1, sprawności kotła i bloku oraz kilkukrotne zmniejszenie strat zużycia węgla z ca 8 do 1-2 gpu/kWh.

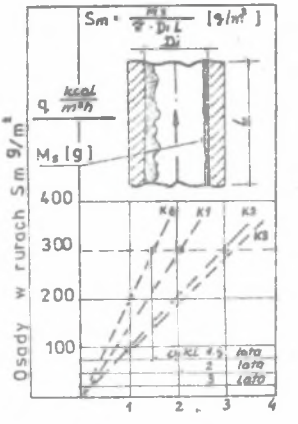
Jak pokazano na Rys. 9 (zmiana nr 3), po zabudowaniu dodatkowego schładzacza So, zauważono malejącą jego przepustowość i powtórny wzrost temp. pary. Również okresowe kontrole wykazały stopniowe zmniejszanie się ilości wody przepływającej przez parownik (Rys. 12). Po wycięciu i zbadaniu próbek kontrolnych rur parownika, dysz wtryskowych So i Si oraz dyszek parownika (Rys. 13), stwierdzono duże zróżnicowane osady magnetytu, miedzi i cynku. Obserwacje i badania wykazały również zróżnicowaną i rosnącą intensywność tworzenia się osadów w dyszkach wtryskowych So i Si, w rurach (Rys.14) i dyszkach parownika (Rys. 15).



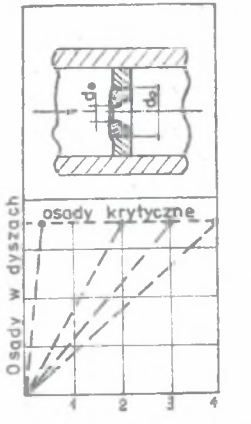
Rys. 12. Zmiany wydajności i Δp pompy w czasie eksploatacji kotła
Fig. 12. Pump capacity and Δp change during boiler operation



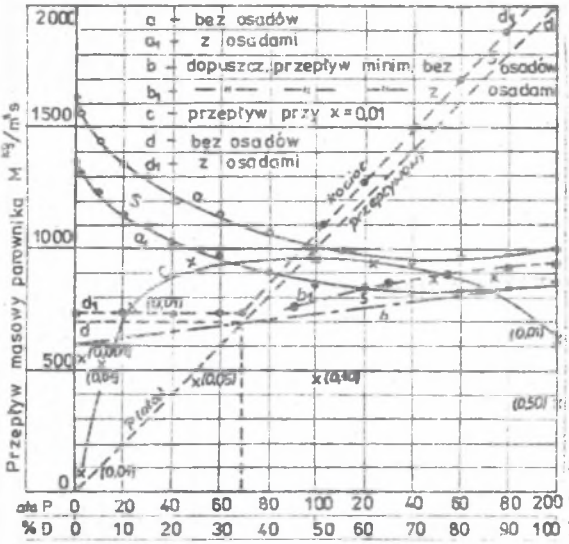
Rys. 13. Rozkład osadów w dyszkach parownika
Fig. 13. Distribution of EVA-NOZZLES Deposits



Rys. 14. Osady w rurach parownika
Fig. 14. EVA-Tubes Deposits

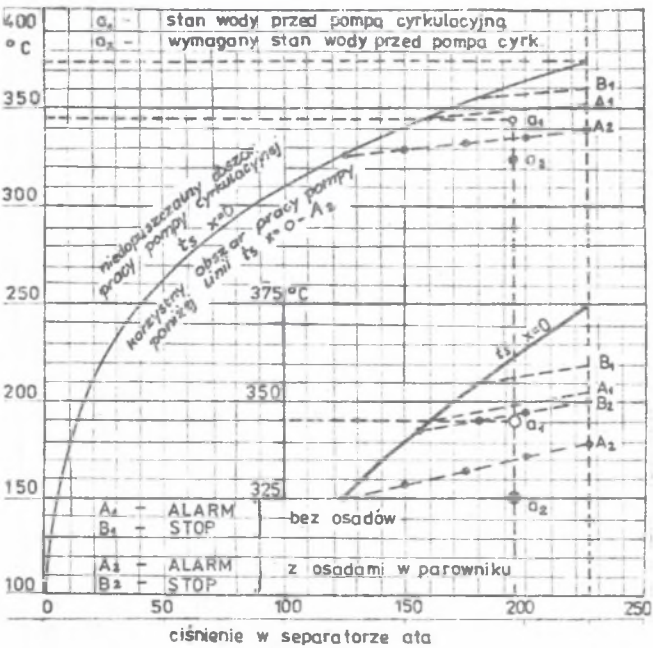


Rys. 15. Osady w dyszkach parownika
Fig. 15. EVA-NOZZLES Deposits



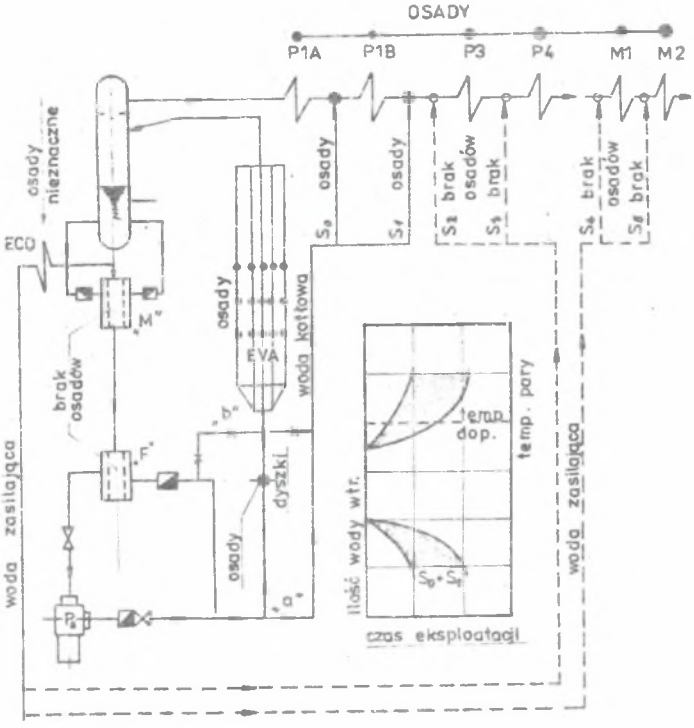
Rys. 16. Zmiany przepływu masowego w zależności od ciśnienia P, obciążenia D, osadów S i stopnia such. X
Fig. 16. EVA-Mass-Flow change acc. to pressure P, load D, deposits S and steam content X

Z Rys. 16 widać, że na skutek osadów S w parowniku obniża się wymagany do chłodzenia rur przepływ masowy M, (linia a przechodzi w linię a1), natomiast podwyższa się minimalny dopuszczalny przepływ masowy (linia b przechodzi w b1). Zakres między liniami a1 - b1 na prawo od punktu przecięcia jest obszarem zagrożenia. Obszar zagrożenia znacznie rozszerza się, zwłaszcza na niższe obciążenia kotła, w przypadku gdy na ssaniu pompy cyrkulacyjnej pojawi się nawet bardzo mała ilość pary (linia C np. x = 0.01).



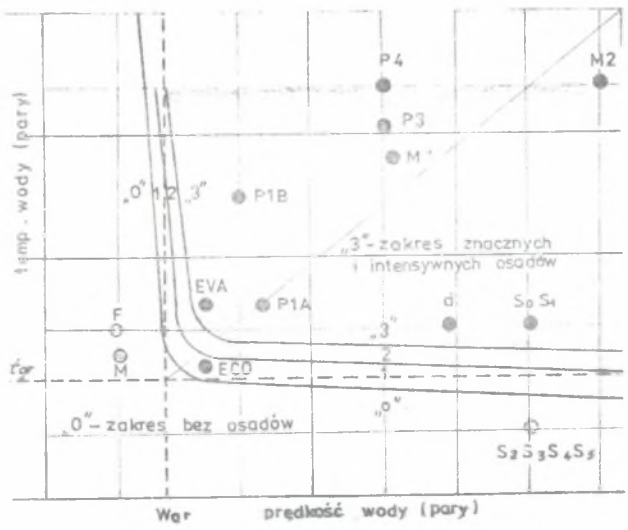
Osady zmniejszają również korzystny obszar pracy pompy cyrkulacyjnej, (Rys. 17).
Z tych też względów zaproponowano zmianę kotłów w El. Bełchatów z pompowych na przepływowe (linie d, d1 Rys. 16).

Rys.17. Krytyczny i korzystny obszar pracy pompy cyrk.
Fig.17. Critical and adventageous area circulating pump operation



Rys. 18. Schemat przepływowy kotła BB-1150 oraz miejsca powstawania osadów wewn.
Fig. 18. Boiler Flow Diagram with places of internal deposits

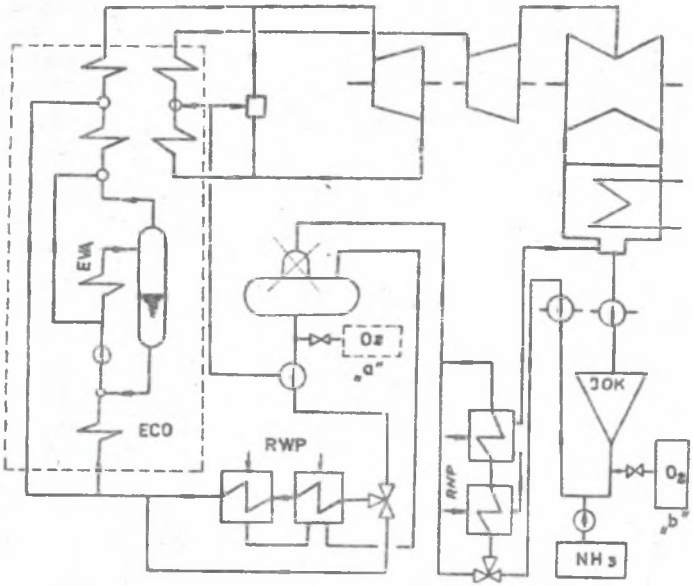
Po stwierdzeniu osadów w schładzaczach So i S1, w rurach i dyszkach parownika, wycięto i zbadano kontrolne próbki rur przegrzewaczy stwierdzając znaczne, stwarzające zagrożenia osady wewn. zwłaszcza w przegrzewaczu P1A (dolna część rur wieszakowych nad komorą paleniskową) oraz w przegrzewaczach P4, M2. Nie stwierdzono natomiast osadów w dyszach wtryskowych S2S3, S4iS5 oraz w mieszalniku M, filtrze F (Rys. 18).



Na podstawie analizy zjawiska tworzenia się osadów określono graniczne wartości prędkości i temp. wody (pary), powyżej których występują osady wewnętrzne (Rys. 19).

Rys. 19. Zależność osadów od temp. i prędkości wody. F-Filtr, M-mieszalnik, S-schładzacz, d-dyszki, P-przegrz. M1,2 przegrz. wt.
Fig. 19. Deposits dependence on water temp. and velocity.

Powstawanie osadów jest jednym z najpoważniejszych problemów w El. Bełchatów. Wszystkie kotły oprócz chemicznego czyszczenia po montażu, były już 1 lub 2 razy czyszczone w czasie eksploatacji. Okres między kolejnym czyszczeniem skrócony został do 2 lat, a nawet do roku. Dyszki parownika często czyszczono mechanicznie, chemicznie lub wymieniano na nowe. Operacje takie są jednak uciążliwe i kosztowne. Dlatego też po wykonaniu odpowiednich obliczeń usunięto wszystkie dyszki na wlocie do parownika, zastępując je jedną kryzą dobieraną indywidualnie dla każdego kotła wg specjalnej procedury postępowania. Próby wykonane na kilku kotłach potwierdziły możliwość i celowość takiego rozwiązania. Usuwając dyszki parownika, wyeliminowano najpoważniejsze jego zagrożenie. W celu wyeliminowania lub znacznego ograniczenia osadów w rurach parownika, od połowy roku 1989 zmieniono w bloku nr 11 dotychczasowy alkaliczny system wodny tzw. system "COMBI" (Rys. 20).



Rys. 20. System "COMBI" - miejsca dawkowania O_2
"a"- rozwiązanie warunkowe (RNP z mosiądzu)
"b"- rozwiązanie zalecane (RNP ze stali)
Fig.20. "COMBI" SYSTEM - place of O_2 dosing
"a" - conditional solution (LP-HEATERS of brass)
"b" - recommended solution (LP-HEATERS of steel)

System "COMBI" charakteryzuje się tym, że za instalacją oczyszczania kondensatu (JOK) dozuje się tlen (rozwiązanie b-zalecane).
Warunki dla systemu "COMBI" są następujące:
- jakość wody zasilającej - pH = 8 ÷ 8,5; przewodność poniżej 0,15 $\frac{\mu S}{cm}$ (za kolumną kationową przy 25°C); O_2 50 - 200 ppb,
- zastąpienie styllitu w zaworach regulacyjnych zasilania i wtryskowych,

materiałem np. x 22 Cr 17 lub A1 S1 431,
- wyłączenie odgazowywacza,
- unikanie mosiężnej regeneracji niskoprężnej.

Podgrzewacze regeneracji niskoprężnej w El. Bełchatów wykonane są z mosiądzu (70-72% Cu, 27-29% Zn).
Z doświadczeń El. Bełchatów wiadomo, że w rurach podgrzewaczy występuje erozja i korozja. Powstałe przez erozję produkty miedziowo - cynkowe zostają wniesione z wodą zasilającą do kotła, tworząc groźne osady, przy czym szczególnie groźnie oddziałuje, niszcząc warstwę ochronną rur, podobny do magnetytu spinell cynkowy $ZnFe_2O_4$. W tym prawdopodobnie należy dopatrywać się głównej przyczyny powstawania nadmiernych osadów i ich problemów w kotłach BB-1150 El. Bełchatów.
Ponieważ liczyć się trzeba z możliwością zwiększenia się erozji (korozji) mosiężnych podgrzewaczy przez kondensat z większą zawartością tlenu (Rys. 20, rozwiązanie "b"), zdecydowano się w El. Bełchatów na rozwiązanie z dozowaniem tlenu na ssaniu pomp zasilających (Rys. 20, rozwiązanie "a").
Przez wprowadzenie systemu "COMBI", należy spodziewać się znacznego ograniczenia powstawania osadów w rurach ECO i EVA, a zatem oprócz wyeliminowania zagrożenia rur parownika w komorze paleniskowej, również znacznych oszczędności hydrazyny, amoniaku, chemikalii do czyszczenia JOK, ECO, EVA, których roczną wartość w El. Bełchatów oszacować można na około 1 milion dolarów. Na potwierdzenie tego trzeba będzie oczywiście jeszcze nieco poczekać, gdyż blok nr 11 jest eksploatowany w systemie "COMBI" dopiero od połowy roku 1989, chociaż już pierwsze próbki wykazują znaczne zmniejszenie związków miedzi i cynku, dosyć wyraźną warstwę hematytową Fe_2O_3, a badania elektroniczne - mikroskopowe wykazują wyraźnie mniejsze (drobniejsze) krystaliczne struktury, z czego można wnioskować o zwiększonej wytrzymałości warstwy ochronnej.

Zawarte w opracowaniu doświadczenia i modernizacje nie wyczerpują wszystkich doświadczeń i modernizacji kotłów BB-1150 El. Bełchatów.
Pełniejszy ich zakres pokazano ogólnie w zestawieniu na Rys. 6.
Z zestawienia tego należy szczególnie wymienić doświadczenia i modernizacje dotyczące, np. drgań górnej części kotłów, problemów rur wieszakowych nad komorą paleniskową, spalania węgla brunatnego ze zmniejszoną ilością powietrza, oszczędności zużycia mazutu, zwłaszcza przy uruchomieniu kotłów ze stanu zimnego, a także ochrony środowiska.
Planowane są również dalsze modernizacje i badania mające na celu zmniejszenie zużycia paliwa, wody i energii podczas uruchamiania i odstawiania kotłów oraz osadów wewnętrznych w rurach przegrzewaczy.
Zakres wszystkich doświadczeń, pomiarów, badań i modernizacji kotłów BB-1150 jest bardzo szeroki, przyczyniły się one do znacznego udoskonalenia kotłów i przyniosły wymierne, pozytywne efekty.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Ludwik CWYNAR

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ И МОДЕЛИРОВАНИИ КОТЛОВ ББ-1150 НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ БЕЛХАТУВ

Р е з ю м е

В реферате освещается избранный опыт 20-летнего периода, включая проект, монтаж и 10-летнюю эксплуатацию и модернизацию котельных агрегатов ВВ-1150 эл.Белхатув. Широко представлены такие вопросы как достижение проектных параметров сжигания бурого угля открытой разработки Белхатув, условия работы циркуляционных насосов, превышения допустимых температур, появление внутренних отложений в отдельных элементах котла. Сформулированы критерия необходимости модернизации, представлены способы её проведения и полученные эффекты. В общем можно сказать, что основные проектные параметры, как производительность, давление и температура пара, диапазон производительности с номинальной температурой пара, минимальная производительность без использования мазутных горелок, оказалисьдостигнуты. В процессе эксплуатации однако обнаружились трудности с сжиганием углей критического качества, в работе циркуляционной системы, в превышении допустимых температур и в появлении внутренних отложений.

OPERATION EXPERIENCIES AND RETROFITS OF BOILERS IN BEŁCHATOW POWER STATIONS

S u m m a r y

Selected experiences from a 20-year period of designing BB-1150 boilers for Bełchatów PS with particular regard to 10-year period of operation experiences and modernization of these boilers were included in this paper. Basing on observation results and boilers tests the following problems were represented in detail: meeting of design assumptions, burning of lignite from Bełchatów deposit, operation conditions of circulating pumps, exceeding of permissible temperatures, formation of internal deposits in particular boiler elements.
The criteria for usefulness and necessity of modernization were formulated. Manners of carrying out modernization and their effects were stated.
Generally speaking, it was found that basic design assumptions of BB-1150 boilers regarding reaching required steam parameters as boiler capacity, pressure, temperature, boiler capacity range at nominal steam temperature, minimum boiler load without the use of mazout burners were met.
Operation experiences revealed, however, problems regarding certain limitations of burning critical quality lignite for the operation of circulating system exeessive internal deposits.
These experiences and modernizations resulting therefrom are the subject of this paper.