

POSTĘP TECHNICZNY w ciepłownictwie

XI KRAJOWA KONFERENCJA NAUKOWO - TECHNICZNA

nowoczesność
projektowanie
budowa
eksploatacja

KOMUNALNE
ŹRÓDŁA CIEPŁA

projektowanie
budowa
eksploatacja

XI KRAJOWA KONFERENCJA NAUKOWO - TECHNICZNA

POZNAŃ – PIŁA 2000

NOWE MOŻLIWOŚCI MODERNIZACJI KOTŁÓW WODNORURKOWYCH Z RUSZTEM MECHANICZNYM

I. Wstęp

Wiele ciepłowni, kotłowni przemysłowych napotyka na trudności spowodowane niedostateczną zdolnością wytwarzania ciepła, produkcji pary, niską sprawnością cieplną kotłów, a także nie przystosowaniem palenisk do spalanego paliwa.

Konstrukcje kotłów typu WLM1,25 , WLM2,5 i WLM5, powstały jeszcze przed drugą wojną światową a po wojnie trafiły do Polski w ramach pomocy międzynarodowej. Niektóre dane techniczne tych kotłów podano w tabelach 1,2. W eksploatacji są ich jeszcze znaczne ilości. W miarę upływu czasu podlegały one udoskonaleniom, czego wynikiem było rozpoczęcie produkcji kotłów typu WR2,5 , WR5. Rozwój techniki oraz postęp w technologii produkowanych materiałów, a także nowe wymagania ochrony środowiska spowodowały, że również te konstrukcje są obecnie technicznie przestarzałe.

Sytuacja taka powinna skłaniać do modernizowania i usprawniania starych konstrukcji poprzez właściwą i celową przebudowę kotłów, palenisk oraz urządzeń pomocniczych.

Przy podejmowaniu decyzji modernizacji kotła należy rozstrzygnąć trzy zasadnicze problemy:

1. Celowość i zakres modernizacji.
2. Wybór technicznego sposobu rozwiązania zamierzonej modernizacji.
3. Efektywność ekonomiczną.

I.1. Cel i hierarchia potrzeb modernizacji

Modernizacja kotłów powinna mieć na celu poprawę ich stanu technicznego, głównie ich konstrukcji lub urządzeń pomocniczych kotłowni. Powinna spełniać co najmniej jeden z podanych warunków:

- zwiększenie sprawności cieplnej lub dostosowanie wydajności kotła do potrzeb cieplnych,
- zwiększenie trwałości nadmiernie zużywających się elementów,
- usunięcie przyczyn zaburzeń ruchowych,
- przystosowanie paleniska do spalania otrzymywanych gatunków węgla,

- uproszczenie i zmniejszenie pracochłonności obsługi i remontów oraz poprawę warunków pracy,
- przygotowanie kotła do pracy w układach automatycznej regulacji.

Duża ilość potrzeb modernizacyjnych wymaga określenia hierarchii ich celowości. Przy ustaleniu kolejności przebudowy poszczególnych kotłów należy się kierować następującymi przesłankami:

- możliwością powiązania modernizacji z kapitalnym remontem kotła,
- typowością projektowanej modernizacji rokującą możliwość wielokrotnego wykorzystania,
- osiąganymi korzyściami technicznymi, a zwłaszcza stopniem usuwanych trudności ruchowych,
- stopniem opłacalności modernizacji,

II.2. Zakres modernizacji

Zakres modernizacji zależy w głównej mierze od typu i stanu technicznego kotła, żądanego efektu oraz od miejscowych uwarunkowań przebudowy.

Zakres modernizacji można usystematyzować w następujące grupy:

Grupa A. Naprawa lub wymiana zniszczonych lub przestarzałych elementów kotła.

Zmiany tego rodzaju narzucają względy bezpieczeństwa lub pewności ruchowej.

Grupa B. Przebudowa kotła mającą na celu podwyższenie sprawności cieplnej, dostosowanie wydajności do potrzeb odbiorców (zwiększenie lub zmniejszenie wydajności) lub uzyskanie możliwości spalania gorszych lub bardzo dobrych gatunków węgla.

Ta grupa modernizacji obejmuje:

1. Zmiany w konstrukcji i w układzie systemu wodno-parowego kotła właściwego.
2. Zainstalowanie lub przebudowa podgrzewacza wody, przegrzewacza pary lub podgrzewacza powietrza.
3. Przebudowę komory paleniskowej oraz wymianę rusztów starych typów na nowe.

Grupa C. Zmiany albo uzupełnienia poszczególnych elementów lub zespołów kotła w celu usunięcia wad konstrukcyjnych, powodujących zaburzenia w ruchu lub obniżających wydajność i sprawność cieplną.

Grupa D. Zmiany i uzupełnienia urządzeń pomocniczych kotłowni w celu dostosowania ich zmiennych warunków i wymagań ruchowych.

Wyróżnić w tej grupie można:

1. Przebudowę urządzeń ciągu.
2. Zainstalowanie nowych o wyższej sprawności odpylaczy spalin, spełniających wymagania ochrony środowiska.

Projektowanie modernizacji wymaga dużego doświadczenia konstrukcyjnego i ruchowego. Pożądane dla dokonania oceny stanu technicznego kotła jest wykonanie przynajmniej uproszczonego pomiaru cieplnego kotła a wręcz niezbędny jest udział konstruktora w nadzorze technicznym, od założeń aż do pomiarów ruchowych po zakończeniu modernizacji.

II. STOSOWANE ROZWIĄZANIA MODERNIZACyjne

II.1. Zmiana instalacji zasilania paleniska węglem.

W tym rozwiązaniu instalacji zasilania paleniska węglem funkcję, dotychczas powszechnie stosowanej warstwownicy ustalającej grubość warstwy mialu węglowego na ruszcie spełnia dozownik bębnowy, którego konstrukcję opracowano w Przedsiębiorstwie „Solve” w Koninie. Napór słupa węgla z zasobnika, szczególnie węgla o dużej zawartości wilgoci, ubijający dotychczas warstwę węgla na pokładzie rusztowym przejmuje podajnik bębnowy. W wyniku tego warstwa węgla na ruszcie jest spulchniona ułatwiając penetrację powietrza. Ilość mialu węglowego podawanego na ruszt zmieniana jest przez regulację prędkości obrotowej dozownika, ustalonej za pomocą przemiennika częstotliwości. Dzięki temu doskonale nadaje się on do pracy w układach automatycznej regulacji kotła.

Palenisko z dozownikiem bębnowym może mieć również zastosowanie przy spalaniu odpadów takich jak drewno, kora i wióry.

II.2. Zmiany paleniska.

Zmiany paleniska obejmują wymianę starych nieszczelnych szkieletów rusztów, na szkielety nowe, o szczelnej konstrukcji, w zależności od potrzeb również szersze, wyposażone w kłapy regulacji powietrza w strefach nowej generacji posiadające stałoprocentową charakterystykę przepływu (otwory o specjalnym kształcie) lub przystosowane do indywidualnego wprowadzania powietrza podmuchowego.

Przez zastosowanie szczelnego szkieletu rusztu, posiadającego regulację ilości powietrza kłapami posiadającymi liniową charakterystykę przepływu powietrza w całym zakresie jej obrotu (tzn. wzrostowi kąta otwarcia kłapy odpowiada taki sam procentowo wzrost strumienia powietrza) uzyskano dokładną regulację i rozprowadzenie powietrza na poszczególne strefy podmuchowe oraz możliwości zróżnicowania ciśnienia powietrza na długości rusztu. Bez spełnienia tego

warunku nie można opanować wzrostu nadmiaru powietrza a tym samym spadku sprawności przy obniżeniu wydajności kotła oraz uniknąć obecności tlenku węgla i sadzy w spalinach przy wyższych obciążeniach. Jest to typowe zjawisko występujące w większości kotłów rusztowych.

Wykonywane jest również ekranowanie dołu komory paleniskowej, która w omawianych kotłach nie jest pokryta rurami w części lub całości. Zabezpiecza to obmurze przed destrukcyjnym działaniem wysokiej temperatury i żużla.

II.3. Modernizacja układu powietrza wtórnego.

Zadaniem powietrza wtórnego jest wymieszanie z tlenem i ich dopalenie. Gazy wydzielają się w procesie odgazowania węgla z przodu rusztu a nie z tyłu gdzie dopala się już tylko koks. Dlatego powietrze wtórne, we wszystkich kotłach powinno mieć wlot w przedniej części kotła. Oprócz tego musi ono zapewnić dopływ odpowiedniej ilości tlenu do dopalenia tlenku węgla na dwutlenek.

Warunki te spełnia instalacja z odpowiednio dobranym wentylatorem i wielodyszowym wylotem.

II.4. Modernizacja instalacji powietrza podmuchowego

Celem modernizacji instalacji powietrza podmuchowego jest polepszenie procesu spalania i obniżenie współczynnika nadmiaru powietrza w kotle. Z nadmiarem powietrza związana jest w sposób proporcjonalny największa ze strat kotła – strata wylotowa określona wzorem 1.

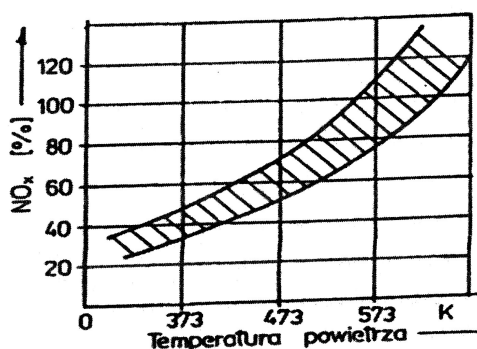
$$S_w = k o \frac{T_{sp} - T_o}{CO_2} \quad (1)$$

gdzie: k współczynnik zależny od rodzaju i własności paliwa

T_{sp} - temperatura spalin, K

T_o – temperatura otoczenia, K

CO_2 – stężenie dwutlenku węgla w spalinach, %



Rys.1. Wpływ temperatury powietrza podmuchowego na emisję NO_x . [1]

Od współczynnika nadmiaru powietrza zależy również temperatura spalin. Paradoksalnie do pewnego momentu, wzrost nadmiaru powietrza powoduje wzrost temperatury spalin, a więc i drugiego czynnika wpływającego na stratę wylotową.

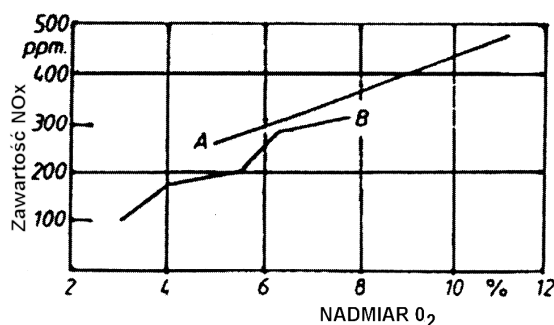
Możliwe są następujące rozwiązania modernizacyjne:

- Wymiana istniejącego kanału podmuchowego na nowy o aerodynamicznym kształcie z

modernizacją klap regulacyjnych w ruszcie. Nowy aerodynamiczny kanał zmniejsza stratę ciśnienia na odcinku od wentylatora do rusztu a tym samym podnosi ciśnienie w skrzyni rusztu poprawiając proces spalania;

- zastosowanie nowego zespołu kanałów podmuchowych z rozdzielaczem powietrza do poszczególnych stref rusztu umieszczonym na lub pod stropem poziomu palacza. Przepustnice o proporcjonalnej charakterystyce zabudowane są w kanałach przed rusztem.

W tym rozwiązaniu występują niekiedy trudności w uzyskaniu równomiernego wypalania się węgla na szerokości rusztu w całym zakresie obciążenia kotła.



Rys.2 Wpływ recyrkulacji spalin na zawartość NO_x w spalinach:
A – bez recyrkulacji. B – z recyrkulacją spalin [1]

Spotykane są również układy, w których do niektórych stref wtłaczane są spaliny, zawracane zza kotła lub podgrzane powietrze. O ile recyrkulacja spalin, może mieć korzystny wpływ na obniżenie emisji tlenków azotu, to stosowanie podgrzanego powietrza

prowadzi do wzrostu emisji tlenków azotu (ilość powstających tlenków zależy od temperatury w palenisku) i wzrostu temperatury pokładu rusztu, co obniża jego trwałość (Rys.1,2) [1].

II.5. Zastosowanie dodatkowego podgrzewacza wody

W celu obniżenia temperatury spalin i obniżenia straty wylotowej w kanał spalin za kotłem zabudowuje się dodatkowy podgrzewacz wody dochładzający spaliny. Wielkość podgrzewacza Przedsiębiorstwo „Solve” w Koninie dobiera do potrzeb klienta, biorąc pod uwagę temperaturę spalin przed i za podgrzewaczem oraz moc kotła. Przed podgrzewaczem znajduje się zazwyczaj odpylacz przelotowy, będący pierwszym stopniem odpylania zabezpieczającym podgrzewacz przed erozją popiołową.

Spaliny można również schłodzić, stosując podgrzewacz powietrza podmuchowego. Ale jest to układ mniej korzystny ze względu na opisane w punkcie 4 wady.

Orientacyjnie można przyjąć, że obniżenie temperatury spalin o $15^{\circ}C$ daje przyrost sprawności o 1 % $^{\circ}C$.

Modernizować można wszystkie wodne i parowe kotły rusztowe typu WR, CR, OR, oraz ich starsze odmiany typu WLM, PLM i OKR, jak również typu WCO-80 i PCO-60.

Parametry jakie kotły mogą osiągnąć po modernizacji będą różne, w zależności od ich typu i wielkości.

W dalszej części przedstawiono zakresy modernizacji kotłów, oferowane przez Przedsiębiorstwo Solve w Koninie tel. 063 2428109.

III. PRZEGLĄD MODERNIZACJI WYBRANYCH TYPÓW KOTŁÓW WODNYCH

III.1. KOTŁY WODNE TYPU WLM (WR) 1,25 I 2,5

Kotły te pierwotnie były zaprojektowane do pracy z ciągiem naturalnym. Prędkość spalin, przepływających przez część ciśnieniową jest mała więc i współczynniki przejmowania ciepła są małe. Mogą być one poddane bardzo głębokiej modernizacji, w zależności od oczekiwań inwestora.

Zakres modernizacji kotła obejmuje:

- zastosowanie bębnowego podajnika węgla;
- przebudowę komory paleniskowej, polegającą na oryginalnym rozwiązaniu ekranowania ścian bocznych i ścian przedniej rurami w układzie meandrowym ;
- podwyższenie komory paleniskowej, co eliminuje tworzenie się sadzy;
- montaż ekonomicznego pęczka konwekcyjnego, w którym prędkość spalin jest duża i odpowiednia dla ciągu sztucznego;
- wymianę starych, nieszczelnych szkieletów rusztów, na szkielety nowe o większej długości i szczelnej konstrukcji. W strefach rusztu zastosowano klapy regulacji powietrza nowej generacji, posiadające stałoprocentową charakterystykę przepływu;
- wymianę kanałów powietrza podmuchowego na nowe o aerodynamicznym kształcie;
- poprawę układu przepływu wody przez kocioł polegającą na obustronnym zasilaniu kotła oraz usunięciu wkładów kryzowych w wyniku czego, uzyskano bardziej równomierny rozdział wody na poszczególne rury;
- wydłużenie tylnego sklepienia dopalającego. Nowe sklepienie ma taką konstrukcję, że można dokonać wymiany części ciśnieniowej bez jego rozbiórki, co jest niemożliwe w dotychczasowych rozwiązaniach całego szeregu kotłów WLM i WR;
- wykonanie dodatkowego leja żużlowego;
- wykonanie instalacji powietrza wtórnego;
- zabudowanie dodatkowego podgrzewacza wody z odpylaczem przelotowym.

Efekty modernizacji

- w zależności od wersji, znaczny wzrost wydajności cieplnej kotła,
- wzrost sprawności kotła z 65% do 80% , - oszczędność energii elektrycznej (po zrealizowaniu całego zakresu zmian, jeden kocioł pracuje w miejsce dwóch);
- dodatkowy aspekt ekologiczny. Dzięki zastosowaniu nowych szkieletów rusztów z klapami posiadającymi liniową charakterystykę w całym zakresie pracy, uzyskuje się dokładną regulację rozprowadzenia powietrza, w poszczególnych strefach rusztu. Rośnie sprawność kotła. Dzięki instalacji powietrza wtórnego, spełnione są normy w zakresie stężeń tlenu w spalinach a podwyższenie komory paleniskowej ogranicza, emisję sadzy.

Tabela 1. Podstawowe dane techniczne kotłów o mocy 2,5 Gcal/h

Dane techniczne	Typ	WLM2,5-1	WLM2,5-2	WLM2,5-3	WLM2,5-4	WR2,5
Wydajność cieplna	Gcal/h	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Powierzchnia ogrzewalna	m ²	200	188,7	195	150,8	262
Ciśnienie obliczeniowe	MPa	1	1,6	1	1,6	1,6
Temperatura wody na dopływie	°C	45-90	90	50-90	50-90	50-90
Temperatura wody na odpływie	°C	80-180	180	80-180	190	180
Sprawność obliczeniowa	%	70-75	74	74	74	79
Temperatura spalin za kotłem	°C	200	200	200	200	180
Powierzchnia rusztu	m ²	2x3,12	4,68	4,68	4,68	4,32
Wymagany ciąg za kotłem	daPa	7	7	7	7	6,8
Masa kotła	kg	19300	19474	19605	16720	16400
Opory przepływu wody	kPa	75	75	75	280/50	75
Średni przepływ wody	m ³ /h	32	32	30-50	29,5	32

III.2. KOTŁY WODNE RUSZTOWE TYPU WLM5-0, WLM5-1 I WR5

Kotły typu WLM5 w zależności wersji, miały większe lub mniejsze powierzchnie grzewcze (tabela 2). Powstały w oparciu o ich konstrukcję kocioł WR5, jest najlepiej dopracowanym polskim kotłem wodnym w tej technologii.

Modernizacja kotłów tych typów obejmuje:

- zastosowanie bębnowego podajnika węgla;
- modernizację lub wymianę starego, nieszczelnego szkieletu rusztu na szkielet nowy, wyposażony w przepustnice powietrza nowej generacji;
- poprawę układu przepływu wody przez kocioł;

- ekranowanie dolnej części komory paleniskowej, oraz montaż pęczków konwekcyjnych z kotła WR5, wykonanych w nowej technologii, zapewniającej trwałe ustawienie ich w układzie przestawnym;
- wymianę kanałów powietrza podmuchowego na nowy o aerodynamicznym kształcie lub z indywidualnym doprowadzeniem powietrza do stref;
- modernizację układu powietrza wtórnego.

Tabela 2. Podstawowe dane techniczne kotłów o mocy 5 Gcal/h

Dane techniczne	Typ	WLM5	WLM5-0	WLM5-1	WR5-022
Wydajność cieplna	Gcal/h	5	5	5	5
Powierzchnia ogrzewalna	m ²	225	260	409	487
Ciśnienie obliczeniowe	MPa	1	1	1,6	1,6
Temperatura wody na dopływie	°C	42-70	45-90	70	70
Temperatura wody na odpływie	°C	70-165	80-180	150	150
Sprawność obliczeniowa	%	75	75	75	82
Temperatura spalin za kotłem	°C	200	200	180	155
Powierzchnia rusztu	m ²	9	9	9	8,1
Wymagany ciąg za kotłem	daPa	7	40	40	15
Masa kotła	kg	32807	34000	34700	32000
Opory przepływu wody	kPa	170		80	85
Średni przepływ wody	m ³ /h	65	65	65	64

Efekty z wykonania modernizacji

- wzrost wydajności cieplnej kotła do 8,5 MW;
- wzrost sprawności kotła z 70% do 82-84%,
- oszczędność energii elektrycznej (jeden kocioł pracuje w miejsce dwóch);
- obniżenie stężenia CO w spalinach, poniżej wartości dopuszczalnych;
- obniżenie emisji zanieczyszczeń, dzięki podniesieniu sprawności kotła.

III.3. KOTŁY WODNE RUSZTOWE TYPU WR-10

Wyjątkowo nieudane są konstrukcje kotłów WR-10. Ze względu na duże opory przepływu po stronie spalin i wody wentylatory i pompy zużywają dużo energii elektrycznej. Katalogowy spadek ciśnienia wody w kotle wynosi aż 0,12 MPa.

Kotły WR10 posiadają również wyjątkową niedrożność ciągu konwekcyjnego. Według danych technicznych, opory przepływu spalin przez kocioł wynoszą 350 Pa. W praktyce często są one jeszcze większe.

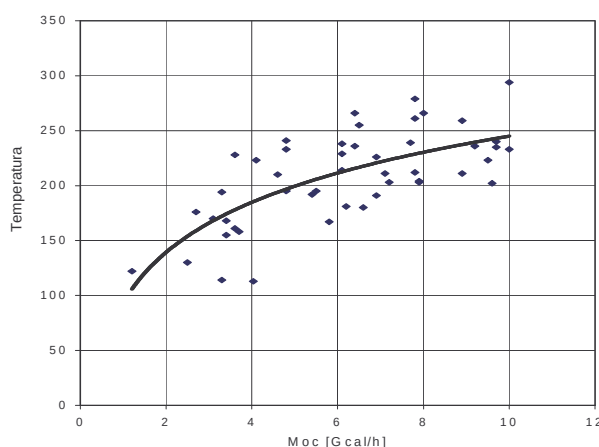
Cały pęczek konwekcyjny II-go ciągu ważący ok. 8,5 tony, ma tylko jeden punkt podparcia, który znajduje się na poziomej belce, przyspawanej do meandrowej tylnej ściany komory paleniskowej. Z doświadczenia wiadomo, że w trakcie montażu pęczków konwekcyjnych w kotle, nie zwraca się uwagi na dokładność ułożenia w nim węzownic w układzie przestawnym. Rury wszystkich węzownic przyjmują w czasie montażu całkowicie dowolne położenie względem siebie. Tylony ekran komory paleniskowej wraz z obciążoną jeszcze ciężarem pęczka belką, w trakcie eksploatacji kotła ulega odkształceniu. W efekcie tego węzownice są ułożone w ciągu konwekcyjnym chaotycznie, co powoduje, że znaczna część węzownic jest nieczynna i zostaje zasypana popiołem. Odbiór ciepła w drugim ciągu szybko maleje a temperatura spalin już po kilkudziesięciu godzinach eksploatacji od czyszczenia szybko rośnie, osiągając nierzadko ponad 250 °C, przy mocy nominalnej. Na rysunku nr. 3 pokazano uśrednioną charakterystykę temperatury spalin kotła WR10, w zależności od jego obciążenia opracowaną w oparciu o wieloletnie pomiary różnych kotłów wykonane przez Przedsiębiorstwo „Solve” w Koninie.

W kotłach WR-10, woda zasilająca doprowadzona jest do górnych bocznych komór ekranów ciągu konwekcyjnego. Jej przepływ, ku dołowi naraża ekrany na przegrzanie i uszkodzenie, przy odcięciu dopływu wody do kotła. W skutek wysokiej temperatury spalin na wylocie z komory paleniskowej, woda w górnej części rur ekranowych odparowuje. Rury pozbawione przepływu wody szybko osiągają temperaturę spalin, ulegając intensywnemu utlenianiu.

Jak wynika z przedstawionych wyżej rozważań, konstrukcja kotła ma szereg wad, dlatego sposoby modernizacji tego typu kotła zostaną przedstawione bardziej szczegółowo.

Modernizacja może być prowadzona wg. dwóch ogólnych koncepcji:

- 1) *Modernizowana jest dotychczasowa konstrukcja kotła sukcesywnie w miarę posiadanych środków z modernizacją części ciśnieniowej w czasie remontu kapitalnego. Zakres uzyskiwanych mocy: 11,6 – 17 MW, sprawności 80 – 83%;*
- 2) *Na istniejącym fundamencie kotła w istniejących gabarytach stawiany jest nowy kocioł o ścianach szczelnych i lekką izolacją powłokową skin-casing . Zakres uzyskiwanych mocy: 11,6 – 20 MW, sprawności 82 – 85%.*



Rys.3. Zmiana temperatury spalin kotła WR10 w zależności od mocy

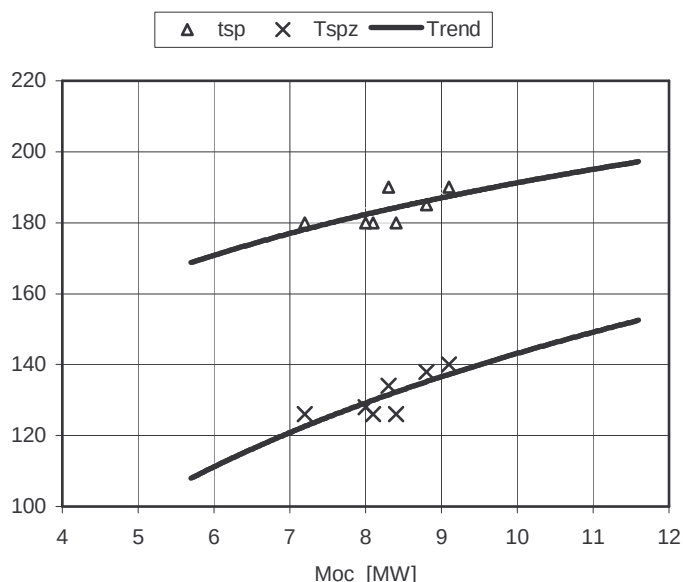
W obydwu koncepcjach możliwe jest etapowanie prac, zwłaszcza w koncepcji 1. Zakres modernizacji zależy od zakładanego efektu. Inny będzie zakres prac dla uzyskania wzrostu sprawności przy zachowaniu mocy nominalnej kotła, a inny przy wzroście mocy i sprawności. Przy większych wzrostach mocy należy się liczyć z ingerencją w układ odpylania i wyciąg spalin.

III.3.1. Modernizacja dotychczasowej konstrukcji kotła WR10

Modernizacja kotła WR-10 obejmuje (rys.5.):

- zastosowanie bębnowego podajnika węgla;
- modernizację lub wymianę starego, nieszczelnego szkieletu rusztu na szkielet nowy, wyposażony w klapy regulacji nowej generacji;
- wymianę kanałów powietrza podmuchowego na nowy układ z indywidualnym doprowadzeniem powietrza do stref, z kolektorem umieszczonym pod stropem poziomu palacza;
- Zmiany w części ciśnieniowej kotła, w zależności od żądanej mocy kotła, polegające na :
 - a) ekranowaniu dolnej części komory paleniskowej;
 - b) przebudowie ciągu konwekcyjnego, z wykorzystaniem nowego rozwiązania pęczków konwekcyjnych i innej technologii ich montażu, zapewniającej trwałość przestawnego ustawienia. Zmieniony ciąg konwekcyjny kotła jest znacznie lżejszy od dotychczasowego. Wężownice nowych pęczków konwekcyjnych, w odróżnieniu od poprzednich wężownic, są trwale podparte lub podwieszone. Specjalny sposób ich zamontowania w kotle, wyklucza jakąkolwiek zmianę położenia rur w stosunku do regularnego układu przestawnego, a tym samym nie ma możliwości zasypywania prześwitów popiołem. Brak ekranowania umożliwia dostęp do wężownic przez włazy. Łatwo więc je można czyścić;
Po przebudowie drugiego ciągu, temperatura obliczeniowa spalin na wylocie z kotła przy mocy 14 MW wynosi 160 °C. Nie ma więc potrzeby stosowania dodatkowego podgrzewacza wody.
 - c) obniżeniu oporów przepływu wody przez kocioł;
 - d) zabudowie dodatkowego podgrzewacza wody o powierzchni grzewczej tak dobranej, żeby uzyskać żądane schłodzenie spalin lub przyrost mocy. Wielkość podgrzewacza
Przedsiębiorstwo Solve w Koninie projektuje każdorazowo do wymogów inwestora, dzięki czemu, nie są one przewymiarowane i zajmują mało miejsca. Na rysunku nr.4 przedstawione przebiegi temperatury spalin przed i za podgrzewaczem wody o projektowym schłodzeniu $\Delta T = 50\text{ °C}$, dla wyczyszczonego kotła;

- e) modernizacji układu powietrza wtórnego, z umieszczeniem na przedzie kotła wielowylotowego kolektora dyszowego;
- f) zainstalowanie dodatkowego odpylacza pośredniego spalin, zabezpieczającego podgrzewacz przed erozją popiołową, z odprowadzeniem pyłu do leja żużlowego;
- g) w zależności od przyrostu mocy, ewentualne dostosowanie wentylatora spalin do większego obciążenia.



Rys.4. Temperatura spalin kotła WR10 z podgrzewaczem wody:
 t_{sp} – temperatura przed podgrzewaczem, T_{spz} – temperatura za podgrzewaczem

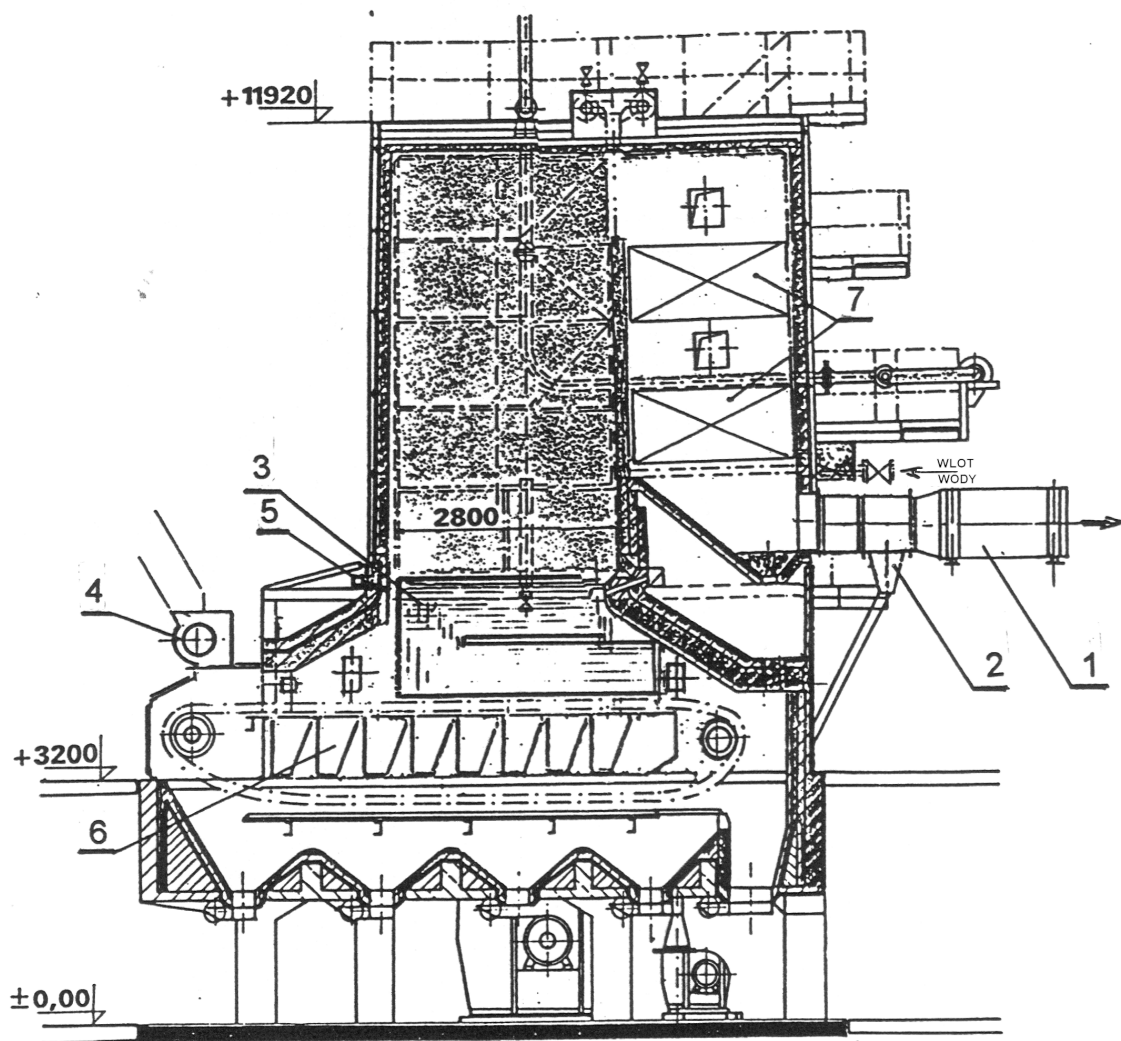
Efekty modernizacji

- wzrost wydajności do 17 MW;
- wzrost sprawności od 80 do 83 %;
- oszczędność energii elektrycznej dzięki obniżeniu oporów przepływu wody przez kocioł;
- znaczne obniżenie kosztów remontu kapitalnego, ponieważ w wyniku zmiany ciągu konwekcyjnego jest on lżejszy od dotychczasowego, w którym wykonanie meandrowych ekranów II ciągu

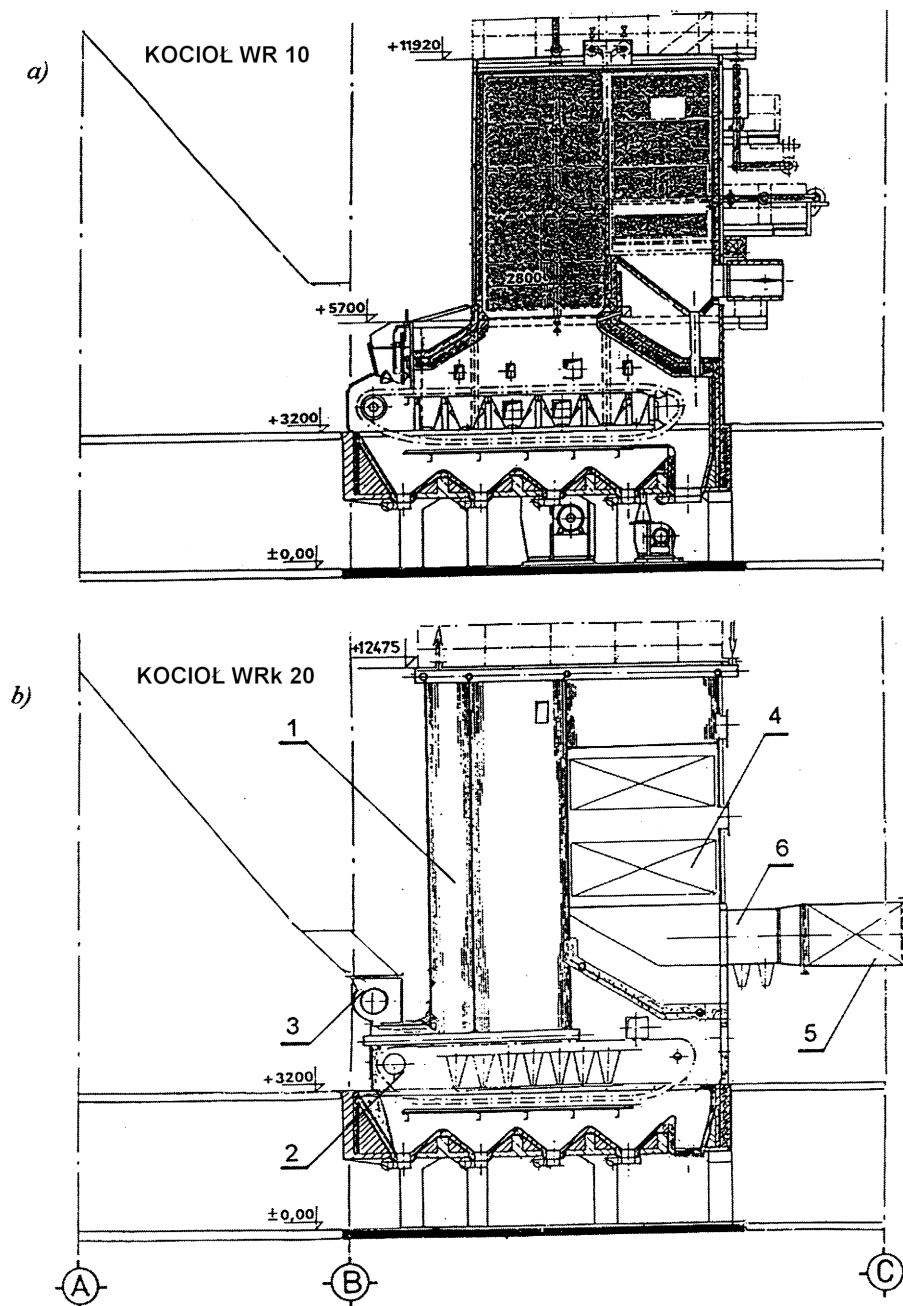
jest bardziej pracochłonne od wykonania samych węzownic. Całe zmniejszenie masy przypada na ekrany, których stosowanie w zakresie niskich temperatur nie ma technicznego uzasadnienia;

- stworzenie możliwości czyszczenia pęczków drugiego ciągu, co podniesie średnią sprawność eksploatacyjną;
- obniżenie stężenia CO w spalinach poniżej wartości dopuszczalnych;
- obniżenie emisji zanieczyszczeń dzięki podniesieniu sprawności kotła i zainstalowaniu dodatkowego odpylacza przelotowego;

W ramach tego wariantu możliwe jest etapowe przeprowadzenie prac. Ekranowanie dołu komory paleniskowej i przebudowę II ciągu, ze względów ekonomicznych, najkorzystniej jest przeprowadzić podczas remontu kapitalnego. W takim przypadku koszt remontu kapitalnego z modernizacją nie powinien przekroczyć 500 tys. zł.



Rys.5. Kocioł WR10 po modernizacji: 1 – podgrzewacz wody, 2 – odpylacz przelotowy, 3 – dodatkowe ekranowanie, 4 – powietrze wtórne, 6 – zmodernizowany szkielet rusztu, 7 – zmodernizowane pęczki konwekcyjne



Rys.6. Porównanie kotłów WR10 i WR_k: a) kocioł WR10, b) kocioł WR_k; 1 – komora paleniskowa w układzie ścian szczelnych, 2 – ruszt, 3 – dozownik węgla, 4 – zmodernizowany ciąg konwekcyjny, 5 – podgrzewacz wody, 6 – odpylacz przelotowy.

III.3.2. Przebudowa kotła WR10 w nowej technologii ścian szczelnych

III.3.2. Przebudowa kotła WR10 w nowej technologii ścian szczelnych

W Przedsiębiorstwie „Solve” w Koninie opracowano konstrukcję nowoczesnego kotła WR_k w technologii ścian szczelnych o mocy od 6 do 20 MW (w zależności od wersji), o tak dobranych wymiarach, aby można go było zabudować w miejsce kotła WR5, WR10.

Wymieniając w typowej kotłowni kocioł WR10, na nowo zaprojektowany kocioł WR_k-20 (rys. 6b), można uzyskać około dwukrotny wzrost wydajności cieplnej.

Kocioł WR_k-20 , z częścią ciśnieniową z ekranami z rur pionowych przylegających do siebie (nie mylić ze ścianami membranowymi), z izolacją powłokową (skin-casing), jest jednostką nowoczesną, odpowiadającą trendowi światowemu w zakresie konstrukcji części ciśnieniowej.

Funkcję dotychczas powszechnie stosowanej warstwownicy ustalającej grubość warstwy mialu

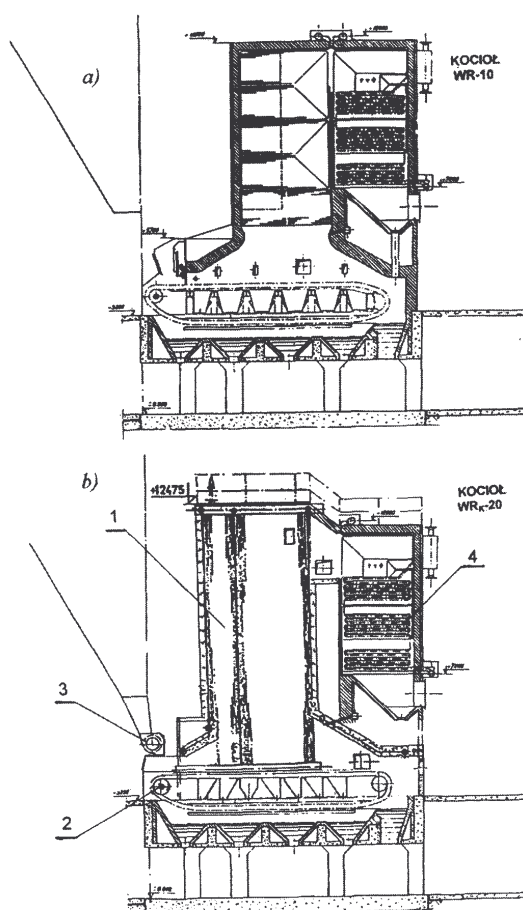
węglowego na ruszcie spełnia podajnik bębnowy. Z podajnika bębnowego, mial węglowy jest

dozowany na ruszt w dowolnej ilości poprzez napęd z płynną regulacją jego prędkości obrotowej.

Wymianę starego kotła WR10 na kocioł nowy WR_k , można podzielić nawet na 3 etapy, rozkładając w ten sposób koszty inwestycji na kilka lat:

1 etap modernizacji (Rys.7.)

Przebudowa komory paleniskowej na bazie ekranów z rur pionowych, przylegających do siebie z izolacją powłokową (poz.1). Wymiana istniejącego szkieletu rusztu na nowy o



Rys.7. Etap 1 przebudowy kotła WR10 na kocioł WR_k-20 : a) kocioł WR10, b) kocioł WR10 po 1 etapie przebudowy: 1 – komora paleniskowa w technologii ścian szczelnych, 2 – ruszt, 3 – bębnowy dozownik węgla, 4 – pozostawiony ciąg konwekcyjny WR10.

szczelnej konstrukcji (poz.2). Zastosowanie bębnowego dozownika węgla (poz.3). Drugi ciąg kotła pozostaje bez zmian.

2 etap modernizacji (Rys.6.)

Przebudowa ciągu konwekcyjnego (Rys.6. poz.4) z węzownicami pęczków konwekcyjnych ustawionymi poprzecznie do osi wzdłużnej kotła, których kolana znajdują się przy ścianach bocznych.

3 etap modernizacji

W zależności od żądanej mocy kotła ewentualna zabudowa dodatkowego, poziomego podgrzewacza wody (Rys.6. poz.5) umieszczonego za pośrednim żeliwnym odpylaczem spalin

(Rys.6. poz.6). Rozwiązanie takie zabezpiecza przed erozją pyłu prawie połowę powierzchni konwekcyjnej kotła.

Wielkość kotła pod względem jego wydajności cieplnej, może być dobrana w zależności od potrzeb cieplnych użytkownika, przy zachowaniu wydajności nominalnej kotła od 10 MW, do wydajności max. 20 MW .

Część ciśnieniowa kotła składa się z trzech części zmontowanych u producenta:

- komory paleniskowej,
- ciągu konwekcyjnego,
- podgrzewacza wody.

Do kotłowni są one przywożone w stanie gotowym do montażu. Wkłada się je do wnętrza kotłowni przez dach. Dzięki takiej technologii montaż kotła trwa krótko.

Efekty modernizacji:

- wzrost wydajności wg. życzenia do 20 MW;
- sprawność od 82-84%, o płaskiej charakterystyce;
- eliminacja ciężkiego obmurza kotła;
- duża szczelność komory paleniskowej i ciągu konwekcyjnego;
- niska strata wylotowa.

Kocioł WR_k-20 również może znaleźć zastosowanie w ciepłowniach wyposażonych w kotły wielkości WR25. Przy konieczności wykonania remontu kapitalnego tego kotła możliwe jest postawienie na jego fundamencie dwóch symetrycznie wykonanych kotłów WR_k-20, z pozostawioną między nimi przerwą, zapewniającą dostęp do montażu i ewentualnych remontów (rys.8.). Przy takim rozwiązaniu (2 x 20 MW = 40 MW, obecnie 29 MW) zyskuje się na dyspozycyjności i możliwości rozłożenia kosztów inwestycyjnych w czasie. Obydwa kotły nie muszą być stawiane jednocześnie. Ta koncepcja powinna znaleźć zastosowanie w pierwszej kolejności tam, gdzie nie

ma kotłów mniejszych, a wymagana jest praca kotła poza sezonem grzewczym na niższych obciążeniach od jego nominalnej wydajności lub kotłownia ma nadmiar mocy.

Możliwa jest również zabudowa na miejscu kotła WR 25 dwóch kotłów WR_k o mniejszej mocy np. 12 MW.

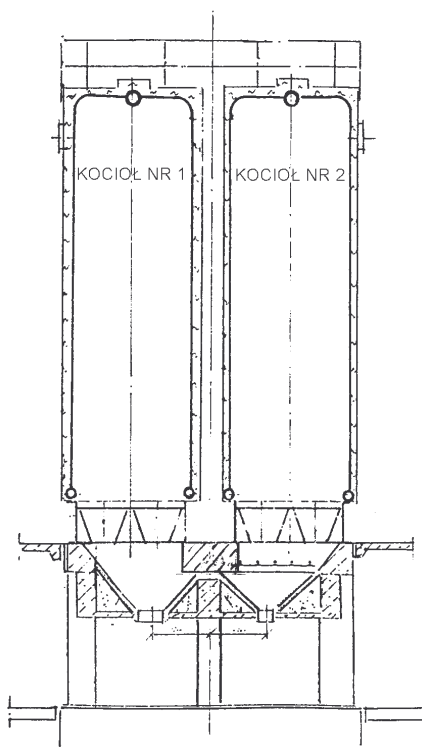
IV. ROZWIĄZANIA SPECJALNE

Należy również wspomnieć o zmianach jakie, należy wykonać w kotłach, żeby dostosować je do spalania węgla wysokokalorycznych. W komorach paleniskowych, spalających taki węgiel panują znacznie większe temperatury. W związku z tym sklepienia zapłonowe, nie wyekranowane powierzchnie obmurza, powinny zostać wykonane z odpowiednich materiałów ceramicznych. Również pokład rusztu powinien być dostosowany do pracy w wyższych temperaturach. Wyższa temperatura w komorze paleniskowej, może powodować wzrost temperatury spalin na wylocie z komory paleniskowej, powyżej temperatury mięknienia popiołu, w wyniku czego następuje oblepienie popiołem rur części ciśnieniowej i gwałtownym wzrostem temperatury spalin, co związane jest ze spadkiem sprawności kotła.

W celu obniżenia temperatury sklepienia zapłonowego, można wykonać go z zastosowaniem chłodzenia wodą.

Wiele ciepłowni wyposażonych w kotły rusztowe typu WR (WLM), w okresie letnim eksploatuje je przy niskich obciążeniach w

zakresie małych sprawności. Przedsiębiorstwo „SOLVE” w Koninie tel 063 2428109, opracowało rozwiązanie przystosowania kotłów do pracy w niskich obciążeniach w okresie letnim z możliwością powrotu do pracy z pełnym obciążeniem w sezonie grzewczym.



Rys.8. Kotły WR_k20 na fundamencie kotła WR25.

Zastosowanie rozwiązania znacznie zwiększa sprawność cieplną kotła przy niskim obciążeniu. Koszty przystosowania kotła spłacają się w kilka miesięcy.

V. PODSUMOWANIE

Kotły wodnorurkowe z rusztem mechanicznym po modernizacji mogą pracować ze sprawnością powyżej 80% przy odpowiednim obciążeniu. Ich sprawność będzie niższa o parę procent od kotłów gazowych i olejowych, ale koszty zużywanego paliwa są wiele niższe. Różnica między cenami gazu, a węglem będzie rosła z czasem. Już teraz ten ruch został zapoczątkowany marcową podwyżką cen gazu, a w przyszłym roku, jak podała prasa, ceny gazu mają wzrosnąć o 12 % ponad inflację. Jak szybko mogą wzrosnąć ceny w wyniku zmowy producentów, przekonaliśmy się w tym roku w przypadku oleju opałowego. A przecież producentów gazu jest jeszcze mniej niż oleju opałowego, a uzależnienie odbiorców jeszcze większe. W udokumentowanych zasobach geologicznych kopalnych nośników energii, węgiel stanowi 81 %, ropa naftowa 16 %, a gaz tylko 3 %. Wnioski nasuwają się same. Tylko ciepłownictwo oparte o węgiel zapewni stabilne ceny ciepła, możliwe do zaakceptowania przez społeczeństwo. Kotły węglowe po modernizacji mogą produkować tanie ciepło, jako kotły podstawowe, zwłaszcza gdy się je zautomatyzuje. Kotły gazowe, olejowe w kotłowniach miejskich powinny natomiast pełnić rolę kotłów regulacyjnych, szczytowych, szybko dostosowujących się do zmiennego zapotrzebowania odbiorców oraz latem, gdy moc odbiorców bardzo się zmienia.

VI. LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa.: *Ciepłownictwo. Poradnik: eksploatacja, projektowanie, inwestycje. Fundacja Rozwoju Ciepłownictwa. Unia Ciepłownictwa. 1995*