

Damian TOMAS

Raciborska Fabryka Kotłów RAFAKO

PROPOZYCJE MODERNIZACYJNE KOTŁÓW PRODUKCJI RAFAKO DLA
ZMNIEJSZENIA EMISJI NO_x

Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono powstawanie NO_x, jego szkodliwe oddziaływanie na środowisko naturalne i możliwości jego ograniczania. Szczegółowo omówiono metody, propozycje i zamierzenia obniżania emisji NO_x w kotłach istniejących i nowo projektowanych.

1. WSTĘP

Zły stan środowiska naturalnego w Polsce spowodowany m. innymi emisją z urządzeń kotłowych do atmosfery szkodliwych związków gazowych, wymaga podjęcia działań zmierzających do szybkiego obniżenia emisji przede wszystkim tlenków azotu i siarki, NO_x i SO₂. Obydwa te tlenki są przyczyną powstawania "kwaśnych deszczy", powodujących wymieranie lasów (głównie iglastych), szkody w uprawach rolniczych, zakwaszenie gleb i wód, degradację starych budowli, pogorszenie zdrowotności ludzi itp. W ostatnim czasie ocenia się, że oddziaływanie tlenków azotu przewyższa szkodliwością dwutlenek siarki. Jedną z przyczyn takiej opinii związana jest z rozkładem zawartego w niższych warstwach atmosfery dwutlenku azotu NO₂ pod wpływem światła słonecznego, przy czym powstaje wtedy ozon O₃. Sądzi się, że ozon powoduje również bezpośrednio szkody w drzewostanie, a dodatkowo powiększa tzw. efekt cieplarniany. W większości uprzemysłowionych krajów świata opracowane są normy państwowe dopuszczalnej emisji NO_x i SO₂ z urządzeń kotłowych, odniesionych do jednostkowej ilości spalin wylotowych, przy czym na ogół dopuszczona emisja NO_x jest znacznie niższa od dopuszczalnej emisji SO₂. Takie podejście wydaje się być uzasadnione powodami wyżej wymienionymi. Przykładowo podaje się niżej normy dopuszczalnej emisji NO_x obowiązujące w RFN, kraju o największym potencjale energetyki cieplnej uzyskiwanej z węgla w Europie:

1) kotły nowo projektowane

- o wydajności do 400 t pary/h do 400 mg NO₂/Nm³ Sp.S.
- o wydajnościach większych do 200

2) kotły pracujące

- o wydajności do 400 t/h do 650 mg/Nm³ Sp.S
- kotły większe 200-650 w zależności od przewidywanej jeszcze żywotności

W innych krajach zachodnioeuropejskich (poza Austrią) normy te szczególnie dla kotłów nowych są łagodniejsze. W Polsce nie ma jeszcze ogólnokrajowej normy ograniczającej emisję zanieczyszczeń gazowych do atmosfery. W energetyce krajowej nie prowadzi się też regularnych i kompleksowych pomiarów emisji NO_x. Na podstawie zebranych dotąd przez RAFAKO danych, w oparciu o sporadyczne pomiary, wielkość emisji NO₂ w krajowych elektrowniach węglowych szacuje się orientacyjnie na następującym poziomie:

1) kotły na węgiel kamienny

- większość kotłów o wydajności od 200 - 1650 t/h posiada emisję w zakresie od 500 - 600 mg NO₂/Nm³ spalin,
- tylko nieliczne z kotłów (wyposażonych w palniki wirowe) posiadają emisję na poziomie 800 - 900 mg NO₂/Nm³ spalin,

2) kotły na węgiel brunatny

- starsze kotły emitują od 200 - 400 mg,
- nowsze (El. Bełchatów) do 600 mg/Nm³ spalin;

W oparciu o powyższe dane oraz światowe standardy dopuszczalnej emisji NO_x, proponuje się do czasu wydania krajowej normy dążyć do obniżenia emisji z dużych krajowych kotłów na węgiel kamienny do poziomu ok. 400 mg, a dla kotłów na węgiel brunatny do poziomu ok. 300 mg/Nm³ spalin. Dla mniejszych kotłów na węgiel kamienny proponuje się przyjąć 650 mg NO₂.

2. POWSTAWANIE NO_x I MOŻLIWOŚCI JEGO OGRANICZENIA

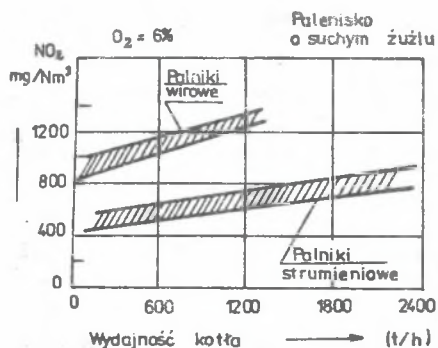
W procesie spalania węgla powstają tlenki azotu mające pochodzenie paliwowe (z części lotnych i z koksu) oraz z powietrza do spalania. Na wielkość wytworzonych tlenków ma więc wpływ zawartość azotu w paliwie oraz ilość powietrza doprowadzonego do komory paleniskowej. Dodatkowy wpływ bardzo często decydujący o wielkości emisji mają również:

- wielkość mocy bloku,
- typ paleniska (z palnikami strumieniowymi lub wirowymi) - porównanie dla elektrowni RFN podaje rys. 1,
- efektywna temperatura spalania (w tym m.in. wartość opałowa),
- koncentracja tlenu w strefie intensywnego spalania,
- konstrukcyjne ukształtowanie palnika,
- jakość przemiału pyłu węglowego,
- sposób doprowadzania powietrza wtórnego,
- stosunki prędkości lub liczba wiru w palniku,
- inne, mniej znaczące.

Istnieją dwa zasadnicze systemy ograniczenia emisji NO_x z urządzeń kotłowych:

- 1) ograniczenie emisji w momencie ich powstawania, tzn. w palenisku właściwym - tzw. metody pierwotne,

2) usuwanie NO_x ze spalin poza strefą spalania-tzw. metody wtórne.



Rys. 1 Emisja NO_x w zależności od typu palników

Fig. 1 NO_x emission according to burner type

3. METODY PIERWOTNE OBNIŻENIA NO_x

Sposób wielu możliwych rozwiązań pierwotnych; do głównych należy zaliczyć:

- 1) stosowanie powiększonych palenisk, z obniżonym obciążeniem cieplnym,
- 2) stosowanie palenisk tangencjalnych z palnikami strumieniowymi, posiadającymi niższą emisję niż paleniska z palnikami wirowymi,
- 3) praca z obniżonym nadmiarem powietrza w palenisku,
- 4) stopniowanie powietrza do paleniska, tzn. doprowadzenie części powietrza wtórnego nad palniki (tzw. system DFA),
- 5) doprowadzenie mieszanki pyłowej i powietrza wtórnego na różne średnice wiru w paleniskach tangencjalnych,
- 6) konstrukcja palnika wirowego, w którym tylko część wewnętrzna powietrza wtórnego jest zawirowywana (tzw. palnik z obniżonym NO_x),
- 7) polepszenie jakości przemiału,
- 8) recyrkulacja spalin do paleniska,
- 9) zróżnicowane doprowadzenie paliwa na poszczególne poziomy palników strumieniowych,
- 10) stopniowe doprowadzenie paliwa do palnika wirowego,
- 11) rozwiązanie z zastosowaniem atmosfery redukcyjnej w strefie końcowego dopalania paliwa w palenisku,
- 12) kombinacja jednoczesna kilku ww. rozwiązań.

Większość tych ww. koncepcji próbowanych było w skali półtechnicznej, a następnie zrealizowanych zostało w energetykach wysoko rozwiniętych państw świata, jak RFN, Japonia, USA. Uzyskuje się w nich zróżnicowane efekty, niejednokrotnie stosuje się kilka metod jednocześnie. Niżej podaje się skróctową informację o podanych wyżej metodach:

- Efektywność rozwiązań wymienionych w pkt. 1) i 2) została jednocześnie na świecie potwierdzona, doświadczenia krajowe również to potwierdzają.
- Możliwość obniżenia NO_x wymieniona w pkt. 3) jest najprostszą i najtańszą metodą, wymagającą w zasadzie tylko rezimowej regulacji ilości powietrza do spalania na niski poziom, przy którym nie ma jeszcze problemów ruchomych z kotłem. Możliwy do uzyskania efekt ograniczenia emisji sięga 10%.
- Rozwiązanie z pkt. 4), tzw. system OFA jest najpowszechniej stosowaną metodą, nadającą się zarówno do kotłów na węgiel kamienny, jak i brunatny. W tym systemie do strefy intensywnego spalania palnika doprowadzone jest powietrze z niedomiarem; powietrze pozostałe doprowadzane jest ponad blokiem palników dodatkowymi dyszami, utrzymując nadmiar projektowy paleniska.
- System OFA bywa często stosowany w połączeniu z innymi sposobami. W zależności od systemu paleniska, sposobu zabudowy dysz powietrza OFA, ilości powietrza do tych dysz, rodzaju paliwa, w tym głównie od jego reakcyjności i skłonności do szlakowania - zależą uzyskane efekty obniżenia NO_x , które zawierają się na ogół w zakresie od 20 - 40 %.
- Wymienione w pkt. 5) rozwiązanie paleniska tangencjalnego na węgiel kamienny przewiduje doprowadzenie mieszanki pyłowej na typowe koło wiru, a powietrza wtórnego na koło o znacznie większej średnicy. Uzyskane efekty nie przekraczają 20%, ale w połączeniu z DFA osiągnąć można ograniczenie do 40%.
- System ujęty w pkt. 6) jest powszechnie stosowany w RFN, jednak stosuje się tam palniki wirowe innego typu niż stosowane w Polsce. Dla warunków krajowych przewidujemy wykonanie prototypowego rozwiązania w małym kotle (mała ilość palników do przeróbki).
- Jakość przemiału (pkt 7) dwójako oddziałuje na zmniejszenie NO_x :
 - : pośrednio, poprzez zwiększenie szybkości spalania pozwala na spalanie z niższym nadmiarem powietrza;
 - : bezpośrednio, pozwalając na redukcję już wytworzonego NO_x z drobnym koksem w dalszej strefie spalania. Drobnny przemiał jest bardzo wskazany, np. w systemie OFA.
- Dla węgla kamiennego recyrkulacja spalin bezpośrednio do paleniska (pkt 8) jako środek ograniczający NO_x okazała się w zagranicznych próbach mało przydatna. Znalazła jednak zastosowanie w japońskich rozwiązaniach, w których spaliny wprowadzane są w palnikach strumieniowych między dysze pyłowe i dysze powietrza wtórnego. W niektórych kotłach RFN na węgiel brunatny wprowadzono recyrkulację spalin do młyna (zwiększenie strefy redukcyjnej w rejonie zapłonu) oraz do komory paleniskowej ponad palniki, powodując również redukcję już wytworzonego NO_x .
- Metoda z pkt. 9) przewiduje podawanie bogatszej mieszanki pyłowej do dysz wyżej położonych w palniku strumieniowym w stosunku do niżej położonych, co daje efekt redukcyjny. W próbach uzyskano 15% obniżenie emisji.

- Pewną odmianą w ww. systemie jest stopniowe doprowadzanie paliwa do palników wirowych (pkt.10). We właściwym palniku wirowym utrzymywany jest płomień z niedomiarem powietrza. W odpowiedniej odległości promieniowej od palnika wprowadzone jest z powietrzem nośnym paliwo wtórne (redukcyjne), powodując w płomieniu silny niedomiar powietrza. W trzecim stopniu - strefie wypalania, do produktów spalania zostaje wprowadzony silny strumień powietrza zapewniając dopalanie pyłu. Paliwo redukcyjne musi tu jednak posiadać bardzo wysoką reaktywność (np. bardzo miążki przemiał).
- Atmosfera redukcyjna w strefie końcowego dopalania paliwa (pkt.11) jest do zastosowania przede wszystkim w paleniskach tangencjalnych. Powyżej palnika z rozwiązaniem OFA zostaje wprowadzony do paleniska środek redukcyjny wraz z gazem obojętnym, powodując redukcję już powstałego NO ponownie w molekularny azot. Ponad dyszami ze środkiem redukcyjnym przewidziane są jeszcze dodatkowe dysze powietrza. Najlepszym środkiem redukcyjnym jest gaz ziemny, przy którym osiągnięto 50% stopień redukcji. Zastosowanie węgla jako środka redukcyjnego zostało dotąd sprawdzone jedynie w palenisku na węgiel brunatny. Węgiel kamienny mógłby być zastosowany jako środek redukcyjny jedynie w przypadku bardzo wysokiej jego reaktywności (wys. zaw. części lotnych + bardzo miążki przemiał). Opisana metoda wymaga powiększonego paleniska w stosunku do obecnie stosowanych.

4. ZJAWISKA NEGATYWNE ZWIĄZANE Z OGRANICZENIEM EMISJI NO_x METODAMI PIERWOTNYMI

Wprowadzenie rozwiązań pierwotnych wymaga autentycznego zaangażowania się użytkowników elektrowni, ponieważ poza niezbędnymi w większości przypadków nakładami finansowymi, rozwiązania te powodują zwiększenie stopnia trudności w eksploatacji kotłów, zaostrenie reżimów pracy paleniska ~~orał~~ mogą spowodować negatywne skutki w kotle ~~wywołane~~ nieoptymalnym spalaniem. Do możliwych skutków zaliczyć należy:

- pogorszenie stabilności spalania,
- wystąpienie CO w spalinach za kotłem,
- wzrost zawartości pierwiastka węgla w popiele lotnym za kotłem,
- szlakowanie paleniska,
- korozja rur parownika.

Możliwość opanowania tych skutków (w tym przede wszystkim korozji rur) stanowi granicę sensownego stosowania ww. rozwiązań pierwotnych.

5. ZAMIERZENIA RAFAKO W OGRANICZENIU NO_x METODAMI PIERWOTNYMI DLA KOTŁÓW NOWO PROJEKTOWANYCH

Przewidywanie rozwiązań pierwotnych już na etapie projektowym wskazane jest przede wszystkim ze względów technicznych (większa możliwość manewru w wyborze systemu), ale również ze względów ekonomicznych (modernizacje są droższe od rozwiązań przewidzianych już w projekcie). Przyjmujemy zasadę, aby oferować takie rozwiązanie, które zostały już sprawdzone eksploatacyjnie (za granicą lub w kraju).

Preferować będziemy następujące rozwiązania:

- a) duże paleniska,
- b) paleniska tangencjalne,
- c) system OFA,
- d) dla węgla kamiennego różne średnice wiru dla mieszanki i powietrza,
- e) polepszenie jakości przemiału,
- f) recyrkulacje spalin dla węgla brunatnego,
- g) atmosferę redukcyjną w strefie końcowego dopalania paliwa (po wypróbowaniu na pilotowej jednostce).

Rozwiązania wymienione w pkt. a - e zastosowane zostały w projekcie nowego kotła OP-230 dla EC Lublin. Ten sam zakres zastosowany zostanie w EC II Łódź, gdzie nastąpi wymiana kotła o wydajności 120 t pary/h.

6. PROPOZYCJE DLA OGRANICZENIA NO_x W KOTŁACH ISTNIEJĄCYCH METODAMI PIERWOTNYMI

W niektórych dotychczasowych konstrukcjach RAFAKO zastosowane są już rozwiązania, które sprzyjają powstawaniu NO_x na poziomie obniżonym.

Zaliczyć do nich należy:

- duże kcmory paleniskowe, stosowane już od wielu lat,
- paleniska narożnikowe,
- recyrkulacje spalin w eksportowanych kotłach na węgiel brunatny,
- OFA (w dwóch kotłach na eksport),
- zrzut oparów w kotłach na węgiel brunatny, stanowiący rodzaj systemu z atmosferą redukcyjną w końcowej strefie spalania.

Nasze działania dla krajowych kotłów pracujących zmierzające do obniżenia emisji chcielibyśmy skierować w pierwszej kolejności na:

- ograniczenie emisji pochodzącej z dużych źródeł, a więc z dużych elektrowni,
- ograniczenie emisji występującej w dużych skupiskach ludzkich, tj. w elektrociepłowniach większych miast.

Decyzja o wprowadzeniu rozwiązania na konkretnym obiekcie winna być poprzedzona długotrwałymi (np. min. 7-dobowymi) badaniami rzeczywistej wielkości występującej emisji NO_x ; a następnie wspólnie z użytkownikiem winien

być ustalony poziom dopuszczalnej wielkości emisji, do której należy dążyć. Uznaje się za celowe, aby dla obiektu pracującego wprowadzać kolejne rozwiązania etapami, podczas corocznych remontów kotłów. Taką praktykę przyjęło też wiele użytkowników w krajach zachodnich. Kompleksowe i docelowe rozwiązanie ograniczonej emisji NOx dla każdego eksploatatora winno być poprzedzone projektem, a następnie etapowo realizowane. Z przytoczonych wyżej informacji wynika, że na wielkość NOx emitowanego z kotła wpływ ma tak wiele czynników, że trudno jest z góry skatalogować rozwiązania, które dla poszczególnych jednostek kotłowych należy zastosować. Niżej podano kilka przykładowych propozycji rozwiązań systemów pierwotnych, które będą preferowane dla niektórych kotłów.

El. Bełchatów - kotły BE-1150

Rozważamy następujące środki ograniczające:

- a) Uregulowanie gospodarki powietrza do paleniska.
- b) Praca z obniżonym nadmiarem powietrza.
- c) Symulacja systemu OFA (przez odcięcie od młyna górnej dyszy pyłowej wszystkich palników) - rys. 2.
- d) Przy pozytywnych rezultatach symulacji - wbudowanie na stałe do kotła dysz OFA.
- e) Wprowadzenie recyrkulacji zimnych spalin.
- f) Stopniowanie paliwa do paleniska (węgiel brunatny jako paliwo redukcyjne).

El. Pątnów - kocioł OP-650b do zastosowania jest przede wszystkim OFA, który wprowadzimy w ramach modernizacji kotła.

El. Rybnik - kotły OP-650k

- a) W maksymalnym stopniu praca na niższych poziomach palników.
- b) Symulacja systemu OFA (otwarte powietrze wtórne dla górnego rzędu palników przy nieczynnych młynach zasilające te palniki - rys. 3).
- c) Przy pozytywnych rezultatach symulacji wprowadzenie na trwałe dysz OFA.
- d) Modernizacja palników przez wprowadzenie rozwiązań sprzyjających obniżeniu NOx (etapami).
- e) Polepszenie przemiału w młynach zasilających górny poziom palników.
- f) Niskonadmiarowa praca palników górnych poziomów.
- g) Docelowa poprawa przemiału dla wszystkich młynów.

El. Opole - kotły BP-1150 - układ DENOX jest aktualnie w projektowaniu.

W pierwszym kotle, którego montaż jest zakończony, przewiduje się:

- a) Dysze OFA (poprzedzone symulacją w ramach istniejącego palnika).
- b) Zróżnicowane doprowadzenie paliwa na poszczególne poziomy palników - rys. 4.
- c) Modernizację dysz powietrza wtórnego oraz zmianę szybkości powietrza płaszczowego.

W kotłach dalszych przewiduje się zmianę dysz powietrza wtórnego dla doprowadzenia powietrza wtórnego na większe koło wiru.

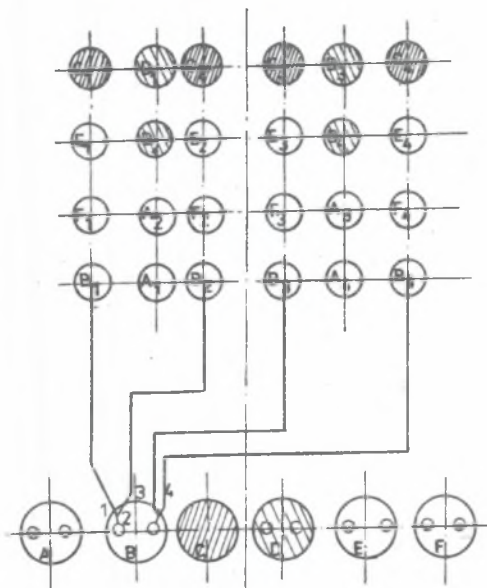
El. Dolna Odra - kotły OP-650 - układ DENOX aktualnie w projektowaniu.

W ramach modernizacji pierwszego kotła przewiduje się wprowadzić:



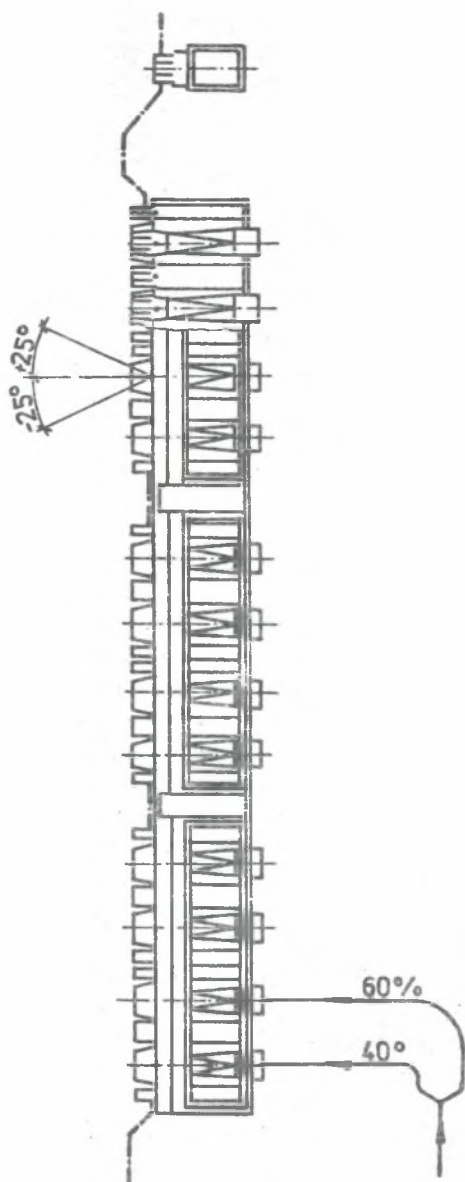
Rys. 2. Propozycja symulacji systemu OFA na węgiel brunatny

Fig. 2. Proposal of simulation of OFA system for lignite



Rys. 3. Propozycja symulacji systemu OFA na węgiel kamienny

Fig. 3. Proposal of simulation of OFA system for bituminous coal



Rys. 4. Zróżnicowana koncentracja na poziomy palników
 Fig. 4. Diversified concentration at burner levels

- a) Dysze OFA.
- b) Specjalnie obniżony udział powietrza płaszczowego.
- c) Doprowadzenie mieszanki powietrza i pyłu na różne koła wiru - rys. 5. Kotły 230 t/h - EC Siekierki - układ DENOX aktualnie w projektowaniu koncepcji Instytutu Energetyki.

Modernizacja przewiduje wymianę istniejących palników wirowych, zastąpienie ich wirowymi palnikami z tzw. separacją oparów (rys. 6), przy czym zrzut oparów do paleniska odbędzie się nad palnikami, dzięki czemu powstaje atmosfera redukcyjna w strefie końcowego dopalania. Dodatkowo wprowadzone zostaną dysze OFA.

Kotły OP-380 El. Łoisze

W związku z rozpoczynającym się projektem modernizacji kotła, który obejmuje również układ DENOX, przewiduje się wymianę istniejących palników wirowych na palniki wirowe o obniżonej emisji NO_x. Rozważa się możliwość zastosowania palników z separacją oparów; dobudowane też zostaną nad palnikami dysze OFA.

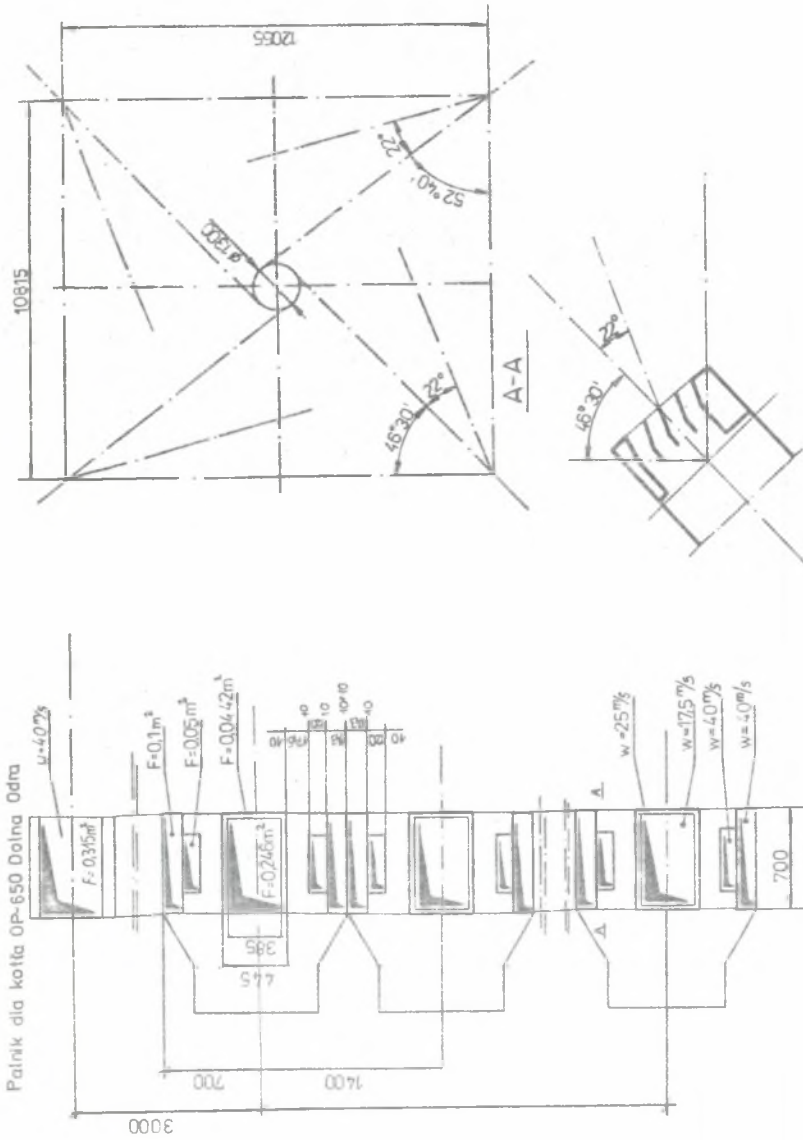
7. INFORMACJA O WTORNYCH METODACH OGRANICZANIA NO_x

Osiągnięcie tak niskiego poziomu emisji, jaki dopuszczany jest w najbardziej rozwiniętych krajach świata, jest nie do osiągnięcia metodami pierwotnymi. Z tych względów coraz powszechniej wprowadza się tam tzw. metody wtórne, obniżające poziom NO_x poza właściwym paleniskiem.

Metody wtórne obejmują w zasadzie dwa sposoby usuwania NO_x ze spalin:

- 1) System katalityczny (zwany SCR), w którym redukuje się NO_x amoniakiem w obecności katalizatora poza kotłem właściwym - w strefie temperatur spalin 350 - 400 °C. Metoda stosowana praktycznie tylko dla węglowych kotłów opalanych węglem kamiennym. Stopień efektywności do 90 %.
- 2) System niekatalityczny (zwany SNCR), w którym redukuje się NO_x amoniakiem lub mocznikiem - w zakresie temperatur 900 - 1200 °C, a więc jeszcze w kotle właściwym. Stosowany praktycznie tylko dla kotłów olejowych i węglowych na węgiel brunatny. Stopień efektywności przy węglu nie przekracza 50 %, powoduje też szereg utrudnień eksploatacyjnych, jak np. zabrudzenie w kotle.

System SNCR jest wielokrotnie tańszy inwestycyjnie od SCR, ponieważ nie wymaga drogich katalizatorów. Wysoki pozostaje jednak koszt amoniaku. Zastosowanie metody SNCR jest do rozważenia dla tych krajowych kotłów, w których zastosowanie metod pierwotnych jest niemożliwe ze względu na występujące już w nich obecnie trudności eksploatacyjne w palenisku (np. szlakowanie, duża strata niedopału itp.). Wymagałoby to jednak wykupienia zagranicznych patentów zgłoszonych w Polsce lub wręcz zakup licencji.



Rys. 5. Koncepcja palnika na obniżone NOx dla El. Dolna Odra
 Fig. 5. Burner idea for reduced NOx for Dolna Odra Power Station

8. NOTATKA INFORMACYJNA O METODACH JEDNOCZESNEGO USUWANIA NO_x I SO_2

Niezależnie od selektywnych metod ograniczenia emisji NO_x i SO_2 wprowadza się w światowej technice ekologicznej metody do jednoczesnego ograniczenia ich emisji. Spośród wdrożonych już metod jednoczesnych należałoby wymienić przynajmniej niektóre z nich:

- system amoniakalno - ozonowy firmy Walter (RFN);
- system katalityczny, oparty na katalizatorach z aktywnego koks z użyciem amoniaku - firmy Uhde (RFN)
- system EDTA z wykorzystaniem żelaza dwuwartościowego (RFN)
- technologia japońska, w której stosuje się obróbkę spalin wylotowych w strumieniu elektronów.

Metody jednoczesne nie znalazły dotąd szerokiego zastosowania, ponieważ często ich efekty znacznie odbiegają od założeń projektowych; są też bardzo drogie inwestycyjnie i eksploatacyjnie.

Ponieważ w kraju zauważa się u pojedynczych użytkowników, tendencje rozwiązania problemu oczyszczania spalin z tlenków siarki i azotu właśnie metodami jednoczesnymi, przez pozyskanie we własnym zakresie takiej technologii, RAFAKO ze swej strony deklaruje gotowość dostawy elementów i urządzeń będących w jej profilu produkcyjnym.

LITERATURA

- [1] Opracowanie Rafako pt. "Przegląd możliwości obniżenia tlenków azotu emitowanych z kotłów węglowych. Propozycje Rafako" - przywołujące 113 pozycji literatury.
- [2] Opracowanie I. Energetyki pt. "Opracowanie projektu palnika niskoemisyjnego dla kotła OP-230 EC Siekierki" - grudzień 1989r.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Ludwik Cwynar

ПРЕДЛОЖЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ КОТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ИЗГОТОВЛЕННЫХ
ФАБРИКОЙ RAFAKO С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА

Р е з ю м е В статье представлен процесс образования NO_x , его вредное влияние на окружающую среду и возможности его ограничения. Подробно оговорены методы, предложения и меры по уменьшению выбросов в существующих и проектируемых котлах.

Данная величина существующих и допустимых выбросов NO_x , подчеркивается необходимость модернизации существующих котлоагрегатов, а также применения новых решений в проектируемых котлоагрегатах с целью уменьшения выбросов NO_x .

Методы первичного уменьшения выбросов NO_x и отрицательные явления связанные с этими методами, меры и предложения в этой области, а также информация о вторичных методах ограничения NO_x являются предметом настоящей статьи.

RETROFIT PROPOSALS OF BOILERS MANUFACTURED IN RAFAKO
FOR REDUCTION OF NO_x EMISSIONS

S u m m a r y

In the present paper formation of NO_x , its harmful influence on the environment and possibilities of its limitations were presented. Methods, proposals and plans for reducing NO_x emission in existing and newly designed boilers were discussed in detail. Values of occurring and permissible NO_x emission were stated and it was stressed that modernization of existing boilers is necessary and purposeful and new solutions should be introduced in new boiler designs to reduce NO_x emission. The subject of this paper are primary methods of reducing NO_x emission and negative phenomena related to these methods as well as plans, proposals and information regarding secondary methods of limiting NO_x .