

Jiří MIKA

Tadeáš OCHODEK

Vysoká Škola Báňská v Ostravě

Katedra Energetiky

## DOŚWIADCZENIA Z EKSPLOATACJI KOTŁA FLUIDALNEGO Z ODSIARCZANIEM SPALIN

**Streszczenie.** Artykuł podsumowuje doświadczenia z eksploatacji kotła fluidalnego o wydajności 25 t/h z odsiarczaniem spalin w Ciepłowni Trmice. Na podstawie doświadczeń, uzyskanych podczas próbnej eksploatacji kotła, rozpoczętej pod koniec 1984 roku, zaproponowano szereg zmian konstrukcyjnych. Celem tych zmian było usunięcie niedociągnięć, które utrudniały eksploatację, obniżały sprawność i skracaly okres eksploatacji.

### 1. WSTĘP

Katedra Energetyki Wyższej Szkoły Górniczej w Ostrawie od szeregu lat współpracuje przy badaniach i rozwoju kotłów z paleniskami fluidalnymi na potrzeby energetyki czechosłowackiej. W 1984 r. rozpoczął próbną eksploatację kocioł fluidalny w Ciepłowni Trmice.

#### Parametry kotła:

wydajność	25 t/h (8,75-33,75 t/h)
ciśnienie pary	2,45 MPa
temperatura pary	380°C

#### Charakterystyka paliwa:

wartość opałowa	6,42-8,55 MJ/kg
zawartość wilgoci	25,2-30,8%
zawartość popiołu	32,4-50,6%
zawartość siarki	0,9-5,7%
granulacja	0-40 mm
	z maks. zawartością nadziarna 15%

## 2. OPIS KOTŁA - rys. 1

### 2.1. Kocioł właściwy

Odpowiednio przygotowany węgiel doprowadzany jest do fluidalnego dozownika paliwa (FUP) i stąd kanałami transportowymi (DK) paliwo doprowadzane jest do złoża fluidalnego (FV) równomiernie wzdłuż całej warstwy. Złoże fluidalne twórczone jest przez popiół powstały w wyniku spalania węgla. Medium fluidyzującym jest powietrze, doprowadzane do paleniska na dwóch poziomach. Otwory na poszczególnych poziomach dobierane są tak, że przy mniejszej ilości dostarczanego do kotła powietrza, udział powietrza doprowadzanego przez górne otwory jest większy i fluidyzowana jest tylko górna część warstwy. Ze wzrostem ilości powietrza do spalania zwiększa się jego przepływ przez dolne otwory, w wyniku czego fluidyzacji ulega większa część warstwy FV, zwiększa się omywana powierzchnia parownika zanurzonego w złożu, co powoduje wzrost wydajności kotła.

Temperatura warstwy fluidalnej utrzymywana jest w zakresie 700-900°C. Odprowadzanie popiołu odbywa się za pomocą przewodu z powierzchni warstwy do fluidalnej chłodnicy popiołu (FChP).

### 2.2. Rozruch kotła

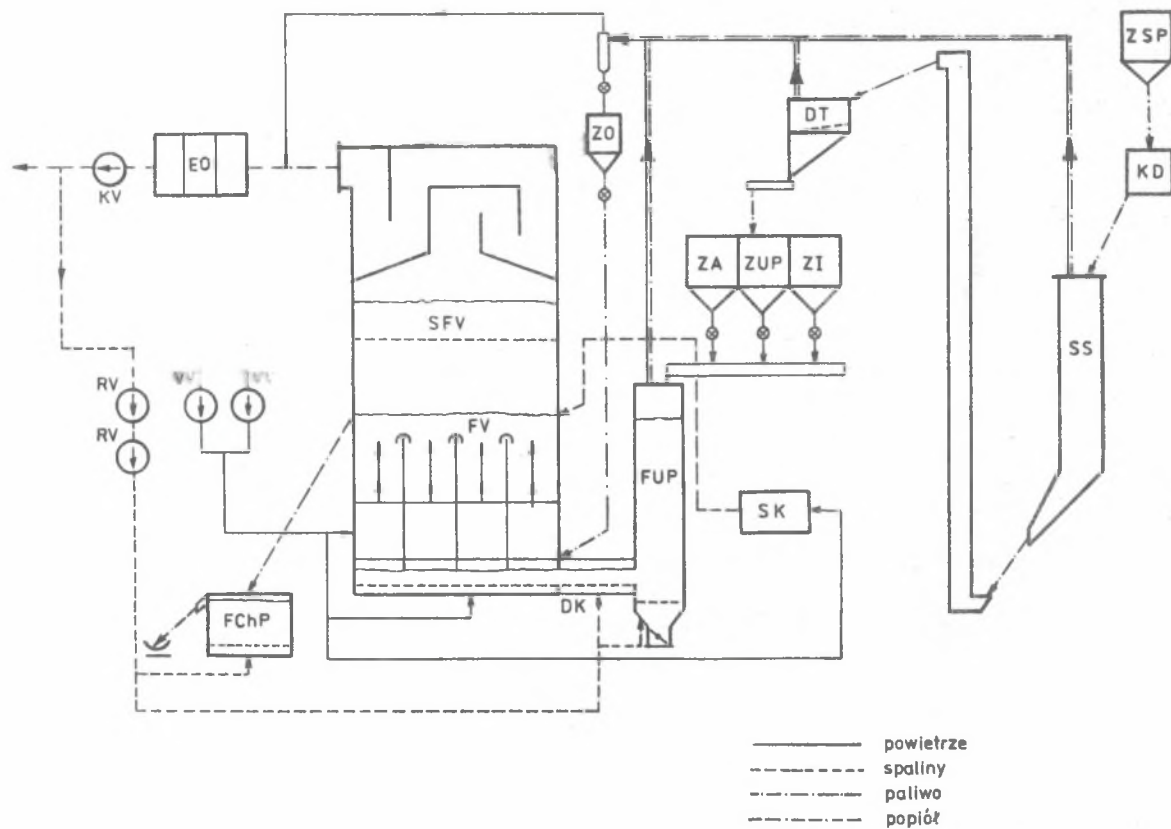
Nagrzewanie warstwy fluidalnej do założonej temperatury 500°C realizowane jest za pomocą spalin ze źródła zewnętrznego - komory spalania (SK), która wyposażona jest w palnik mazutowy. Spaliny o temperaturze 700-800°C doprowadzane są do warstwy fluidalnej od czołowej ściany paleniska.

### 2.3. Przygotowanie i transport paliwa

Paliwo z zasobnika węgla surowego (ZSP) doprowadzane jest za pomocą podajnika łańcuchowego do kruszarki młotkowej (KD). Rozdrobnione paliwo transportowane jest do suszarki przeciwprądowej (SS), a następnie przenośnikiem kubełkowym do przesiewacza (separatora) dynamicznego (DT) z sitem - początkowo o wielkości 3,15 mm, zmienionym później na 2,41 mm. Cząsteczki paliwa o wielkości większej od 3,15 mm (później 2,41 mm) zawracane są do kruszarki, mniejsze - odpowiednie do spalania - kierowane są do zasobnika paliwa przygotowanego (ZUP), a stąd do fluidalnego dozownika paliwa (FUP).

### 2.4. Układy odpylenia

W celu zabezpieczenia przed pyleniem w kotłowni wszystkie elementy układów przygotowania i transportu paliwa pracują w podciśnieniu, wytwarzanym za pomocą wentylatora spalin (KV). Odsysany czynnik doprowadzany jest do odpylaczy cyklonowych, a następnie, po oddzieleniu pyłu, wprowadzany jest do kanału spalin przed odpylaczem elektrostatycznym (EO). Oddzielony pył poprzez dozownik komórkowy (turnikiet) doprowadzany jest do zasobnika pyłu (ZO), a stąd, poprzez turnikiet,



Rys. 1. Pierwotny schemat technologiczny - przygotowanie i transport paliwa oraz układ powietrze - spaliny  
 Fig. 1. Primary technological scheme - preparation and fuel transport and the system air - combustion gas

grawitacyjnie do kanałów zasilających I sekcję (sekcja zapewniająca rozruch kotła).

### 2.5. Powierzchnie ogrzewalne

Przy projektowaniu powierzchni ogrzewalnych dążono do maksymalnego wykorzystania wysokiego współczynnika przenikania ciepła w warstwie fluidalnej. Dlatego większa część parownika umieszczona jest w złożu fluidalnym (FV), część jako węzownice zanurzone w warstwie, a część w formie ścian membranowych, które tworzą ściany komory paleniskowej. Dalsza część parownika ulokowana jest w spalinowej warstwie fluidalnej (SFV), usytuowanej nad złożem fluidalnym, w obszarze temperatur 600-450°C. Część parownika umieszczona jest w chłodnicy popiołu.

Przegrzewacz pary podzielony jest na dwie części. Część wejściowa umieszczona jest w złożu fluidalnym, wyjściowa natomiast rozwiązana jest jako konwekcyjna i umieszczona nad złożem.

Podgrzewacz wody usytuowany jest częściowo w kanale spalinowym nad złożem fluidalnym i częściowo w chłodnicy popiołu.

Kocioł nie posiada podgrzewacza powietrza.

## 3. DOŚWIADCZENIA EKSPLOATACYJNE

Kocioł był opalany paliwem o wartości opałowej 5,26-14,46 MJ.kg<sup>-1</sup>. Eksploatowany był w zakresie wydajności 10-34 t.h<sup>-1</sup>. Mimo że kruszarka młotkowa nie spełniła oczekiwań (udział cząstek pyłowych był większy, niż zakładano), koncentracja popiołu w spalinach wynosiła 28-57 mg.m<sup>-3</sup> (projekt zakładał 200 mg.m<sup>-3</sup>). Zmierzone koncentracje NO<sub>x</sub> były w granicach 30-34 mg.m<sup>-3</sup> (w projekcie przyjmowano 600 mg.m<sup>-3</sup>), a sprawność odsiarczania osiągnęła wartość powyżej 80%, przy utrzymaniu, zgodnie z projektem, stosunku stechiometrycznego Ca/S = 1,5.

Nie zostały dotrzymane następujące parametry:

- okres nieprzerwanej eksploatacji 600 godzin,
- sprawność kotła powyżej 80%,
- równomierne doprowadzenie paliwa do warstwy,
- odprowadzenie popiołu bez zagęszczenia warstwy fluidalnej.

## 4. NIEDOCIĄGNIĘCIA MAJĄCE WPŁYW NA EKSPLOATACJĘ

### 1) Problemy z przygotowaniem paliwa:

- niska sprawność suszarki spalinowej, będąca wynikiem dużej ilości przysanego powietrza zimnego (temperatura czynnika za suszarką wahała się w granicach 60°C),

- mała wydajność cieplna suszarki, co w konsekwencji negatywnie wpłynęło na przygotowanie paliwa,
- wilgoć paliwa ponad 24% powodowała zalepianie się separatora dynamicznego, co obserwowane było zwłaszcza przy zastosowaniu sita 2,41 mm. Podane wyżej niedociągnięcia ograniczały wydajność kotła i w krańcowych przypadkach trzeba było przerywać jego pracę. Większa, niż zakładano w projekcie, ilość nadziarna obciążała nadmiernie kruszarkę i kanały transportowe oraz zwiększała udział frakcji pyłowych.

2) Przedostawanie się większych ziaren do kanałów transportowych (DK). Niedoskonała konstrukcja przesiewacza dynamicznego spowodowała przedostawanie się większych ziaren paliwa i przedmiotów obcych (guma, przedmioty metalowe, kawałki drewna itd.) do przygotowanego paliwa. Razem z paliwem doprowadzane były do fluidalnego dozownika paliwa i kanałów transportowych, co powodowało ich zatykanie. Problemy transportowe w kanałach doprowadzających stwarzały także zlepione cząsteczki większych rozmiarów, odrywające się od ścian zasobnika paliwa.

### 3) Rozruch kotła

Wybrany sposób uruchamiania kotła uniemożliwiał nagrzanie warstwy do zadanej temperatury 500°C. Pierwotnego zamiaru, tzn. nagrzania tylko I sekcji (sekcji przeznaczonej do uruchomienia kotła), a następnie uruchomienia całej warstwy, nie udało się zrealizować ze względu na nieszczelności klap powietrza. Z tego powodu do uruchomienia kotła wykorzystywano intensywną wymianę ciepła w warstwie fluidalnej. Paliwo zaczęto dozować przy temperaturze warstwy ok. 300°C. Dochodziło przy tym jednak do lokalnego zapalania paliwa i powstawania spieków.

### 4) Zagęszczanie się warstwy fluidalnej

Odprowadzanie popiołu z powierzchni warstwy fluidalnej spowodowało, że ziarna o większej gęstości pozostawały w warstwie. Wzrastała przy tym gęstość nasypowa złoża aż do chwili, gdy opory warstwy przekroczyły możliwości wentylatorów.

5) Doprowadzenie powietrza wtórnego do dwóch poziomów za pomocą jednego przewodu nie spełniło oczekiwań. Kocioł był stale eksploatowany z dużym nadmiarem powietrza, co wpłynęło negatywnie na jego sprawność.

### 6) Układy odpylania

Podczas pierwszych prób stwierdzono, że przyjęte rozwiązanie doprowadzenia wytrąconego pyłu do złoża fluidalnego jest nieodpowiednie. Oddzielony pył dostawał się do kanałów transportowych nieregularnie (uderzeniowo) i powodował zatykanie się wylotów części kanałów doprowadzających. Oprócz tego najdrobniejsze frakcje odsysanego pyłu, które nie zostały wytrącone w odpylaczu cyklonowym, zwiększały zawartość części palnych w popiele lotnym, a tym samym zmniejszały sprawność kotła.

## 5. WPROWADZONE ZMIANY KONSTRUKCYJNE - rys. 2

1) Aby zapobiec przedostawaniu się większych ziaren i obcych przedmiotów została zmieniona konstrukcja fluidalnego dozownika paliwa. Przed fluidalnym dozownikiem paliwa zainstalowano przesiewacz (separator) fluidalny. Ta zmiana nie spełniła oczekiwań i dlatego pomiędzy zasobnikiem przygotowanego paliwa a podajnikiem łańcuchowym wprowadzono sitowy separator bębnowy, który pracuje niezawodnie.

2) Poprawa działania suszarki spalinowej - na wlocie i wylocie paliwa były zainstalowane kłapy uszczelniające. Praca suszarki była jednak nadal niezadowolająca.

3) Rozwiązanie zagęszczania złoża fluidalnego przez zainstalowanie separatora fluidalnego nie dało żadnych rezultatów. Przy obecnej konstrukcji urządzenia problem ten rozwiązać można tylko przez okresową wymianę złoża. Dlatego na zewnętrzny płaszcz chłodnicy popiołu został zainstalowany dodatkowy ruszt fluidalny, zapewniający ciągły dopływ materiału inertnego do zbiornika popiołu (ZI).

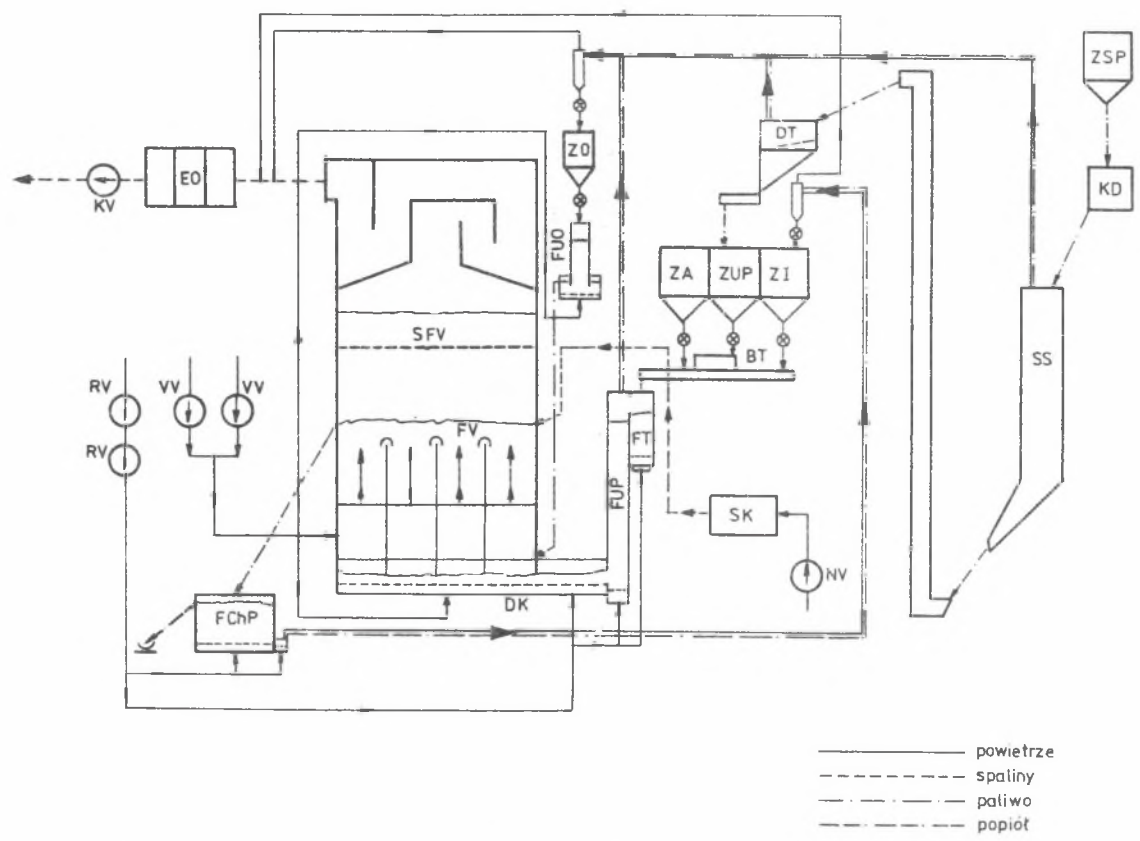
4) Oddzielone cząsteczki pyłu. W pierwszej fazie problem wytraconego pyłu rozwiązano przez doprowadzenie cząsteczek ze zbiornika pyłu na taśmowy podajnik popiołu. Ponieważ odprowadzono przy tym część dostarczanego paliwa, skonstruowano uidalny dozownik wytraconego pyłu (FUO) z rusztem płaszczowym, który dozował oddzielone cząsteczki do kanałów doprowadzających poszczególne sekcji. Po wyregulowaniu ilości powietrza, wprowadzanego do poszczególnych sekcji, FUO pracował bez problemów. Miejscowe doprowadzanie cząsteczek pyłu powodowało wzrost temperatur złoża w rejonie nad wprowadzeniem pyłu do kanałów. Unos najdrobniejszych frakcji pyłu do elektrofiltra pozostar bez zmian.

## 6. PROPOZOWANE ZMIANY - rys. 3

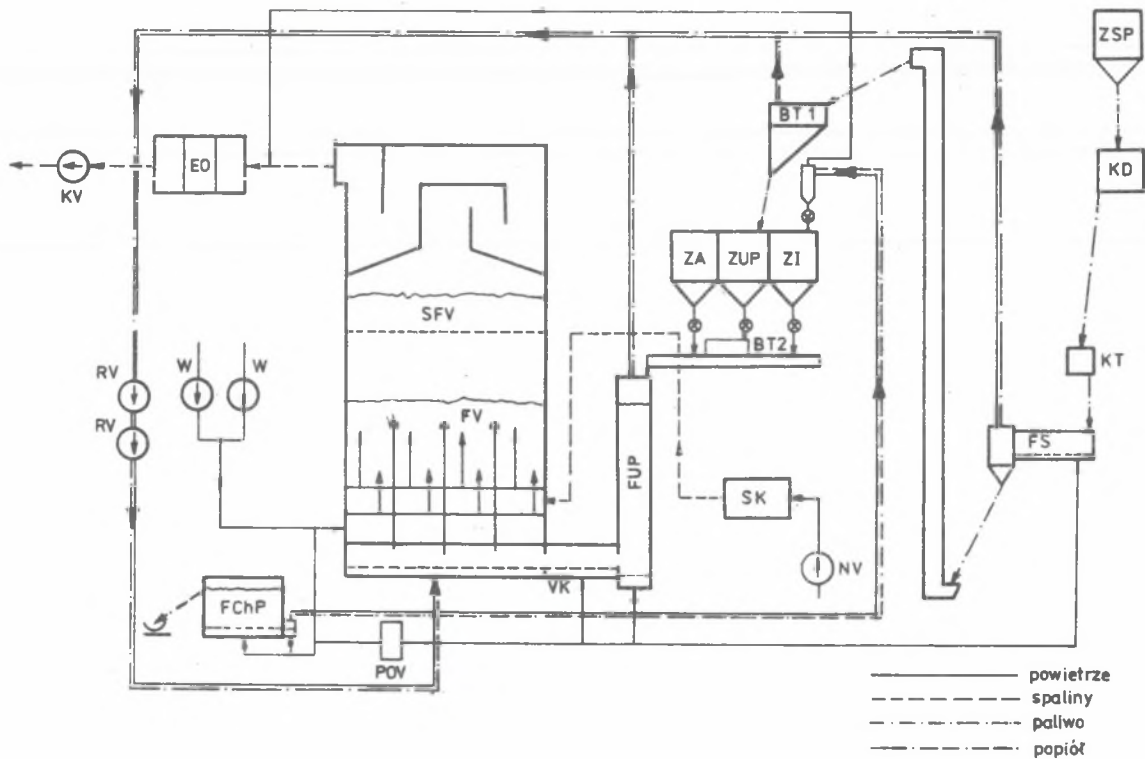
1) Doprowadzenie powietrza II do dwóch poziomów osobnymi przewodami. Zasilanie powietrzem górnego poziomu rozwiązano za pomocą wentylatora powietrza, służącego do uruchamiania kotła.

2) Do uruchamiania kotła wykorzystano przewody powietrza II, zasilające górny poziom, w celu doprowadzenia gorących spalin z urządzenia rozruchowego wzdłuż całej warstwy fluidalnej. W ten sposób czas nagrzewania będzie znacznie krótszy i osiągnię się podgrzanie całej górnej części złoża do żądanej temperatury 500°C przed wprowadzeniem paliwa.

3) Przygotowanie paliwa - za kruszarką młotkową włączony jest przesiewacz tarczowy w celu oddzielenia ziaren większych od 9 mm oraz przedmiotów obcych. Oddzielona frakcja skierowana jest za pomocą przenośnika taśmowego



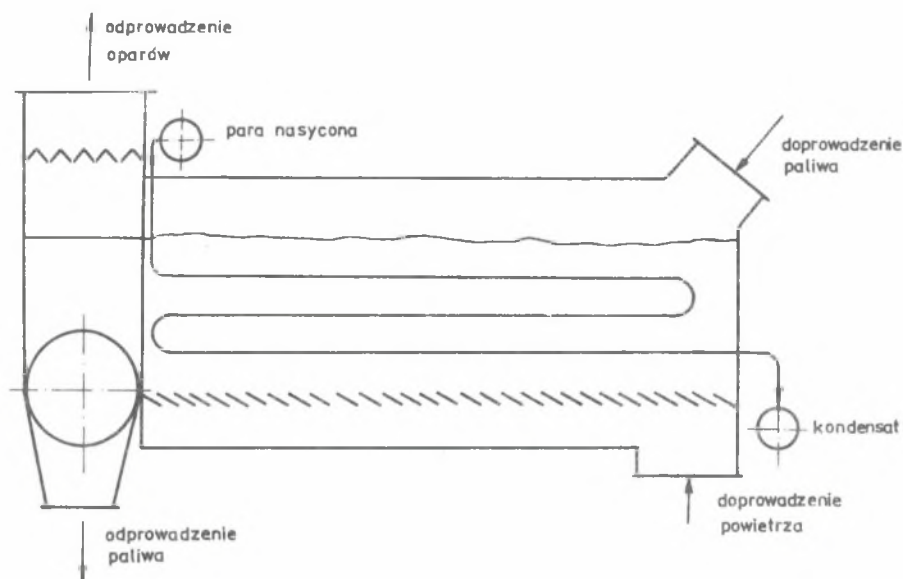
Rys. 2. Schemat technologiczny z wprowadzonymi zmianami konstrukcyjnymi  
 Fig. 2. Technological scheme with construction changes introduced



Rys. 3. Schemat technologiczny uwzględniający proponowane dodatkowe zmiany  
 Fig. 3. Technological scheme taking into account additional changes



do kotłów rusztowych, zainstalowanych w ciepłowni. Suszenie paliwa realizowane jest w suszarce fluidalnej (rys. 4). Suszarka ta skonstruowana jest jako rynnna z izolowanymi ścianami o rozmiarach 2000 x 800 x 500 mm i rusztem szczelinowym. Suszenie odbywa się za pomocą popiołu i powietrza (fluidyzującego), podgrzanego do temperatury maksimum 160°C oraz przy użyciu powierzchni ogrzewalnej. Z suszarki paliwo transportowane jest przenośnikiem kubełkowym przez bębnowy przesiewacz sitowy do zasobnika przygotowanego paliwa. Istniejący przesiewacz bębnowy między zasobnikiem paliwa przygotowanego a podajnikiem łańcuchowym do FUP został zachowany w celu zatrzymania ewentualnych zlepionych kawałków ze zbiornika paliwa, które mogłyby przedostawać się do dozownika fluidalnego i kanałów transportowych.



Rys. 4. Schemat fluidalnej suszarki paliwa

Fig. 4. A scheme of fluid fuel dryer

4) Rozwiązanie transportu oddzielonego pyłu wynikało z dążenia do usunięcia nierównomiernego rozdziału wytraconych cząsteczek w złożu fluidalnym i uniknięcia unoszenia najdrobniejszych frakcji do elektrofiltra (EO). Równocześnie dążono do jak największego uproszczenia instalacji. Dlatego strefy odpylania były przyłączone do króćców ssawnych szeregowo połączonych wentylatorów (pierwotnie traktowanych jako recykulacyjne), które po modernizacji stanowiąc będą źródło powietrza I do kanałów transportowych. Zmiana ta zapewni doprowadzenie wszystkich wytraconych cząsteczek równo-

miernie do całej warstwy fluidalnej, usunie nierównomierności temperatur oraz zapobiegać będzie unoszeniu niespalanych najdrobniejszych frakcji.

#### OZNACZENIA NA RYSUNKACH

BT (1 i 2)	- bębnowy przesiewacz sitowy
DK	- kanał doprowadzający paliwo
DT	- separator dynamiczny (sitowy)
EO	- elektrofiltr
FChP	- fluidalna chłodnica popiołu
FS	- fluidalna suszarka paliwa
FT	- przesiewacz fluidalny
FUO	- fluidalny dozownik oddzielonych cząsteczek
FUP	- fluidalny dozownik paliwa
FV	- warstwa fluidalna (złoże fluidalne)
KD	- kruszarka młotkowa
KV	- wentylator spalin
NV	- wentylator rozruchowy
POV	- parowy podgrzewacz powietrza
RW	- wentylator recyrkulacyjny
SFV	- spalinowa warstwa fluidalna
SK	- komora spalania z palnikiem mazutowym
SS	- spalinowa przeciwprądowa suszarka paliwa
VV	- wentylator powietrza
ZA	- zasobnik addytywu
ZI	- zasobnik materiału inertnego
ZO	- zasobnik oddzielonych cząsteczek pyłu
ZSP	- zasobnik paliwa surowego
ZUP	- zasobnik paliwa przygotowanego (rozkruszonego).

#### LITERATURA

- [1] Dobrozemský J., Fibinger V.: Zadávací studie k státnímu výzkumnému úkolu "Vývoj fluidního kotle s odsiřováním spalin", zpráva VŠB Ostrava 1978.
- [2] Havran M.: Prevádzkové predpisy pre fluidný kotol Tp Trmice SES Tlmače 1984.
- [3] Beránek J. a kol.: Závěrečná zpráva o výsledcích řešení dílčího úkolu DÚ 01 státního planu TR č. ZA 02-125-103 "Vývoj fluidního ohniště s odsiřováním spalin", zpráva ČSAV ÚTŽCHT Praha 1984.
- [4] Dobrozemský J. a kol.: Vývoj fluidního ohniště s odsiřováním spalin pro kotel 25 t.h<sup>-1</sup> páry v Teplárně Trmice - závěrečná zpráva dílčího úkolu DÚ 02 VŠB Ostrava srpen 1985.
- [5] Kolat P.: Přenos tepla a hmoty, skripta VŠB Ostrava 1986.

- [6] Dobrozemský J. a kol.: Návrh minimálních úprav, zajišťujících stabilní provoz fluidního kotle 25 t.h<sup>-1</sup> páry v Teplárně Trmice - zpráva VŠB 1987.
- [7] Kolat P., Noskiewič P.: Řízené spalování uhelného prášku. Energetika ročník 39, č. 5, 1989.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Ludwik Cwynar

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОТЛА СБОРУДОВАННОГО ТООСКОМ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ  
С ОБЕССЕРИВАНИЕМ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ

Р е з ю м е

В этой статье собран опыт, полученный в процессе испытательной работы котла, сжигающего низкокачественный уголь в кипящем слое с целью обессеривания продуктов сгорания. Кроме того в статье указаны основные переделки и видоизменения, проведенные в процессе испытательной работы и тоже видоизменения предлагаемые в настоящее время.

EXPERIENCES FROM EXPERIMENTAL WORKS WITH THE FLUID BED FIRING  
BOILER WITH DESULPHURISATION OF FLUE GASES

S u m m a r y

The paper contents the experiences from experimental works with the boiler with fluid bed firing which was designed for combustion of the low heat value coal with high content of sulphur. There are also the most important adaptations and reconstructions that were made and achieved results and the reconstructions being designed now.