

Kazimierz MIKUŁA

Barbara CHLUBNY

Ryszard LECH

Laboratorium Techniki Ciepłej

Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

## PALENISKO Z WIROWYM ZŁOŻEM FLUIDALNYM WSPÓŁPRACUJĄCE Z KOTŁEM WLM-2,5<sup>x</sup>)

**Streszczenie.** W strukturze wirowego złoża fluidalnego wyróżnia się poziomy transport ziarn fazy stałej w dolnej części złoża fluidalnego i znany pęcherzowy przepływ czynnika fluidyzującego w górnej części złoża. Takie złoże fluidalne intensyfikuje wymianę ciepła i masy w porównaniu ze stosowanymi złożami wykorzystującymi tylko pęcherzowy przepływ czynnika fluidyzującego przez złoże. Zastosowanie wirowego złoża w palenisku fluidalnym zamontowanym w kotle WLM-2,5 zamiast rusztu wędrownego istotnie poprawia wskaźniki eksploatacyjne kotła. Powiększa moc cieplną kotła WLM-2,5 o 72%, przy powiększeniu powierzchni ogrzewczej kotła o około 6%. Natomiast w porównaniu z paleniskami wyposażonymi w dystrybutory kołpaczkowe, dla przykładu, przy prędkości fluidyzacji 2,9 m/s i temperaturze złoża 1135 K podnosi o około 40% moc cieplną kotła. Spalanie paliwa stałego w wirowym złożu fluidalnym prowadzi się w przedziale  $\lambda$  1,06 do 1,10. Sprawność termiczna kotła wzrasta do wartości około 82%. Wirowe złoże utrzymuje w ruchu niesfluidyzowane ziarna fazy stałej. Przytoczone wyniki otrzymano w trakcie doświadczalnej eksploatacji urządzenia stosując prędkości fluidyzacji około 3 m/s i spalając miał węglowy i paliwa pozabilansowe przechodzące przez sito  $\Phi$  12 mm. Zastosowanie wirowego złoża w palenisku upraszcza eksploatację paleniska, zezwalając na punktowe jego zasilanie paliwem z otwartego składowiska.

### 1. WSTĘP

Strukturę złoża kształtuje dynamiczne oddziaływanie czynnika fluidyzującego na ziarna fazy stałej oraz kształt komory złożowej. Dla przykładu niemal poziome bądź poziome wprowadzenie strug czynnika fluidyzującego do komory złożowej powoduje poziomy transport ziarn fazy stałej w strefie złoża sąsiadującej z dystrybutorem czynnika fluidyzującego. Zastosowanie w tym przypadku cylindrycznej komory złożowej, powoduje utworzenie wirowego złoża fluidalnego [1], w którego strukturze poziomy transport ziarn

<sup>1</sup>Praca wykonana w ramach CPBP nr 02.13, kierunek 2, zad. 2.1.2.3.

fazy stałej jest czynnikiem wyróżniającym to złożo od innych. Nowa struktura złoża intensyfikuje wymianę ciepła i masy oraz przyczynia się do osiągnięcia nowych walorów eksploatacyjnych paleniska.

Pierwsze badania spalania niskokalorycznych paliw stałych przeprowadzone przy zastosowaniu wirowego złoża fluidalnego wykazały wysoką sprawność paleniska rzędu 85% oraz duże wartości współczynnika wnikańia ciepła do wymienników zanurzonych w złożu wynoszące około  $480 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  [2]. Prócz tego obserwacje eksploatacyjne przyniosły spostrzeżenia o przydatności stosowania wirowego złoża do nawęglania paleniska.

Rozwijając badania nad własnościami wirowego złoża fluidalnego opracowano sposób i urządzenie do opalania kotłów ogrzewczych [3] oraz urządzenie do nawęglania kotłowych palenisk fluidalnych [4]. Rezultaty prac eksperymentalnych posłużyły do opracowania i zastosowania paleniska fluidalnego z wirowym złożem fluidalnym w kotle WLM-2,5 pracującym w hucie "Ferrum" w Katowicach. Wyniki pracy urządzenia zostały zebrane w pracach [5, 6].

Przy prędkości fluidyzacji  $2,9 \text{ m/s}$ , temperaturze złoża  $1135 \text{ K}$ , uzyskano podniesienie o około 40% mocy cieplnej kotła, odniesionej do jednostkowej powierzchni dystrybutora, w porównaniu z paleniskami wyposażonymi w dystrybutory kołpaczkowe. Palenisko to powiększyło moc cieplną kotła WLM-2,5 o 72% przy powiększeniu powierzchni ogrzewczej kotła o około 6%.

## 2. DOŚWIADCZALNE PALENISKO Z WIROWYM ZŁOŻEM FLUIDALNYM

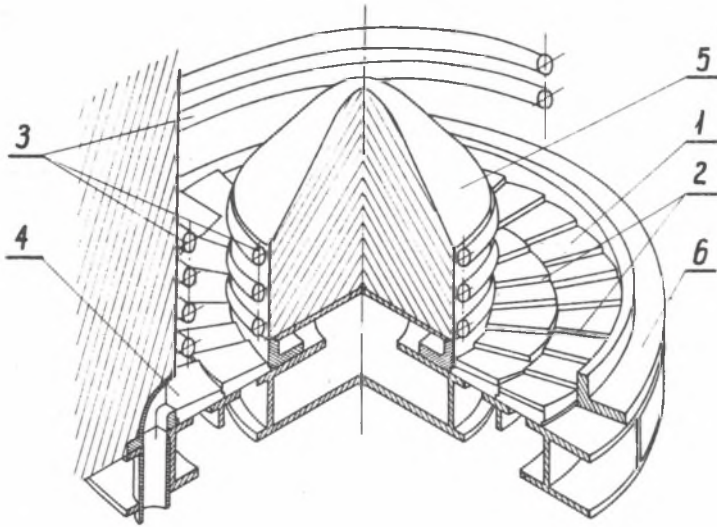
Po wymontowaniu rusztu wędrownego z odstawionego do remontu kotła WLM-2,5 zabudowano w nim palenisko z wirowym złożem fluidalnym. W pierwszej serii badań spalania niskokalorycznych paliw stałych palenisko zabudowano na poziomie roboczym kotłowni. Natomiast w drugiej serii badań palenisko zabudowano na poziomie zerowym kotłowni.

Palenisko (rys. 1) wytwarza wirowe złożo fluidalne, w którego strukturze w strefie przyrusztowej dominuje poziomy przepływ ziarn fazy stałej. Natomiast w dalszych częściach złoża obserwuje się pęcherzowy przepływ czynnika fluidyzującego.

W zależności od wydajności cieplnej paleniska (rys. 1) dystrybutor czynnika fluidyzującego składa się z jednego lub więcej rzędów kształtek (1). W każdej z nich nawierca się na płaszczyznach (2) odpowiednią ilość otworów, przez które czynnik fluidyzujący wpływa do komory złożowej (objętości złoża) pod kątem  $\alpha = 8-10^\circ$  w stosunku do poziomemu. Palenisko posiada wbudowany wymiennik ciepła (3).

Parametry techniczne dystrybutora paleniska współpracującego z kotłem WLM-2,5, przedstawione są w tabl. 1.

Na rys. 1 pokazany jest upust (4) przepalonych ziarn fazy stałej, które okresowo są odbierane ze złoża. Lokalizacja upustu jest nieprzypadkowa,

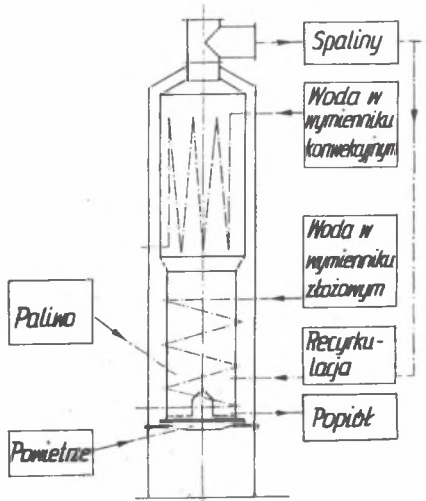


Rys. 1. Palenisko z wirowym złożem fluidalnym

1 - kształtka dystrybutora, 2 - płaszczyzny otworów czynnika fluidyzującego, 3 - wymiennik ciepła złożowy, 4 - upust inertyjnej masy złoża, 5 - kołpak, 6 - obudowa dystrybutora

Fig. 1. Grate furnace with rotational fluidised bed

1 - distributor profile, 2 - planes of fluidising agent openings, 3 - bed heat exchanger, 4 - bottom outlet of bed inertial mass, 5 - cap, 6 - distributor housing



Rys. 2. Czynniki podlegające pomiarom bilansowym w trakcie bilansu cieplnego

Fig. 2. Agents subject to balance measurements in the course of thermal balance

Tablica 1

Parametry techniczne paleniska z wirowym złożem fluidalnym współpracującego z kotłem WLM-2,5

Lp.	Parametry	Jednostka	Wielkość	
			Palenisko I	Palenisko II
1	Dystrybutor			
	- powierzchnia dystrybutora	m <sup>2</sup>	1,760	2,043
	- liczba rzędów kształtek dystrybutora		4	5
	- średnice otworów w rzędach:			
	rząd I	mm	2,8	2,8
	rząd II	mm	2,9	2,8
	rząd III	mm	3,0	2,9
	rząd IV	mm	3,1	3,0
	rząd V	mm	-	3,1
	- prześwit	%	1	1
	- średnica kołpaka	mm	1000	800
	- średnica zewnętrzna dystrybutora	mm	1840	1840
2	Wymiennik złożowy o powierzchni ogrzewalnej <sup>x)</sup>	m <sup>2</sup>	11,66	12,33
3	Wysokość paleniska	m	1,5	1,5

x) Wymienniki wykonano z rur kotłowych  $\Phi 38 \times 2,9$

gdyż wykorzystuje własności wirowego złoża [5]. Transportowane po obwodzie złoża, sedymentujące ziarna fazy stałej najłatwiej można odebrać na obwodzie paleniska, a okresowy upust najmniej zaburza poziomy przepływ ziarn. Z tego samego względu paliwo wprowadza się również na obwód paleniska, przy czym otwór zasilający znajduje się ponad rurami wymiennika złożowego.

Lokalizacja paleniska na poziomie zerowym kotłowni umożliwiła utworzenie komory nadzłożowej w wysokości 4,4 m (rys. 2).

Parametry pracy kotła WLM-2,5, w którym zostało wmontowane palenisko z wirowym złożem, są następujące:

- ciśnienie wody w wymiennikach 0,5 MPa,
- temperatura dopuszczalna około 305 K (określana potrzebami technologicznymi).

Okresowo ciśnienie podwyższano do 0,6 MPa, a temperatura wody w wymienniku konwekcyjnym wynosiła 325 K.

W celu określenia wskaźników cieplnych uzyskiwanych przez palenisko podczas eksploatacji dokonano pomiarów bilansowych kotła WLM-2,5, wyposażonego w palenisko z wirowym złożem fluidalnym. Czynniki, których charakterystyki i parametry stanowiły przedmiot pomiaru, zebrane są na rysunku 2.

### 3. WYNIKI BADAŃ DOŚWIADCZALNYCH

Pierwsza seria pomiarowa obejmowała testowanie paleniska drogą spalania w nim niskokalorycznych miaśłów węglowych (odpady przywęglowe z grawitacyjnej metody wzbogacania miaśłu węglowego z KWK "Gliwice"). W drugiej serii pomiarowej spalano miaśły węgla kamiennego typu 30 pochodzące z KWK "Kazimierz Juliusz".

Charakterystyka użytych paliw jest przedstawiona w tabl. 2.

Wielkości strumieni powietrza, paliwa i spalin zmierzone w trakcie pomiarów bilansowych zestawione są w tabl. 3.

Bilanse cieplne kotła WLM-2,5 z paleniskiem fluidalnym są przedstawione w tabl. 4.

Na podstawie danych zawartych w tabl. 1 i 4 obliczono sprawność termiczną  $\eta_t$ , sprawność kotła  $\eta_k$ , moc cieplną kotła osiągniętą z jednostki dystrybutora N, przyrost mocy cieplnej  $\Delta N$ , prędkości fluidyzacji  $w_f$ . Wielkości te są zestawione w tabl. 5.

Tablica 6 podaje skład granulometryczny pyłów wynoszonych z kotła w poszczególnych próbach spalania.

W próbach I do IV stosowano paliwo o zwiększającej się wartości opałowej  $Q_w^R$  (tabl. 2). Skład granulometryczny paliwa w próbach I do III (tabl. 2) był zbliżony. Natomiast znaczne obniżenie udziału frakcji 12,0-4,0 mm w paliwie użytym w próbie IV wynika z dużej przydawki mułu węglowego.

W próbach III i IV (tabl. 3) stosowano recyrkulacyjne dopalanie pyłu w komorze nadzłożowej, przy zamontowaniu paleniska na poziomie zerowym kotłowni. Stąd w próbach tych pojawia się powietrze wtórne. Duża zawartość pyłu w spalinach w próbie IV (tabl. 3) wynika z sygnalizowanej wyżej przydawki mułu węglowego. Zawartość pyłu w spalinach w próbach I do III jest zbliżona.

Tablica 4, w której zestawiono bilans cieplny kotła WLM-2,5 z zamontowanym paleniskiem fluidalnym, pokazuje wzrost strumieni ciepła wnikających do wymiennika złożowego i konwekcyjnego wraz ze wzrostem wartości opałowej paliwa. Spalanie paliw w wirowym złożu fluidalnym prowadzono ze współczynnikiem nadmiaru powietrza zawartym w przedziale  $\epsilon$  [1,06; 1,10].

Podobną zależność obserwuje się w tabl. 5. Sprawność termiczna  $\eta_t$  wzrasta od wartości 65,1% w próbie I do wartości 81,5% w próbie ostatniej.

Tablica 2

Charakterystyka paliw spalanych w palenisku wirowym złożem fluidalnym

Analiza surowa paliwa i skład granulometryczny	Jednostka	Wielkość			
		Paliwo <sup>x)</sup> pozabilanso- we z KWK "Gliwice"	Paliwo <sup>x)</sup> pozabilan- sowe z KWK "Gliwice"	Paliwo <sup>x)</sup> pozabilanso- we z KWK "Gliwice"	Miał węgiel kamiennego z KWK "Kazimierz Juliusz"
- wilgoć całkowita w stanie roboczym $W_C^r$	%	8,1	9,4	7,3	18,6
- popiół $A^r$	%	67,4	56,3	58,5	24,2
- wartość opałowa $Q_W^r$	MJ/kg	4,77	8,25	8,46	16,70
Skład granulometryczny					
12 - 4,0 mm	%	20,3	18,2	18,6	7,2
4,0 - 0,5 mm	%	75,0	77,2	76,8	68,6
poniżej 0,5	%	4,7	4,6	4,6	24,2

x) Odpad z grawitacyjnej metody wzbogacania miału węglowego KWK "Gliwice".

Tablica 3

Strumienie powietrza, paliwa i spalin w poszczególnych seriach pomiarowych

Seria	Jednostka	I	II	III <sup>x)</sup>	IV <sup>x)</sup>
Powietrze:					
a) pierwotne					
- strumień	um <sup>3</sup> /s	1,100	1,064	1,244	1,244
- gęstość	kg/um <sup>3</sup>	1,23	1,22	1,22	1,23
- ciśnienie stat. pod rusztem	hPa	101	102	122	126
b) wtórne					
- strumień	um <sup>3</sup> /s	-	-	0,168	0,257
- gęstość	kg/um <sup>3</sup>	-	-	1,22	1,23
Paliwo:					
- strumień	kg/s	0,825	0,325	0,567	0,317
Spaliny	um <sup>3</sup> /s	1,242	1,181	1,578	1,603
Pył w spalinach	kg/s	0,0302	0,0272	0,0275	0,0817

x) Próba III i IV jest wykonana z recyrkulacyjnym dopalaniem pyłu w komorze nadzłożowej.

Sprawność kotła zmienia się od wartości 62,1% do 78,7% w ostatniej próbie. Zmiany te występują przy zbliżonych wartościach prędkości fluidyzacji.

Tablica 6 ujmuje skład granulometryczny pyłów wynoszonych z kotła. Charakterystyczny jest wysoki udział grubej frakcji (powyżej 0,1 mm) w pyłach wynoszonych w próbie I i II. Wiąże się to z brakiem komory nadzłożowej, gdyż w tych próbach palenisko zamontowane było na poziomie roboczym kotłowni. Natomiast fakt niskiego udziału frakcji poniżej 0,02 mm wynika ze stosowania w tych próbach paliwa pozabilansowego odpadu z grawitacyjnej metody wzbogacania miazgu węglowego z KWK "Gliwice".

Inaczej przedstawiają się wyniki zebrane w próbach III i IV. Obniżenie udziału frakcji grubej w wynoszonych pyłach wynika ze spalania pyłów w komorze nadzłożowej. Wzrost udziału frakcji poniżej 0,02 mm wynika z zastosowanej recyrkulacji pyłu, między innymi z rozdrobnienia pyłu podczas jego transportu w recyrkulacji.

Dla prób III i IV przeprowadzono obliczenia bilansu pierwiastka C, w wyniku których stwierdzono w próbie III spalanie około 54% pierwiastka C

Tablica 4

## Bilans cieplny kotła WLM-2,5 z paleniskiem fluidalnym

Składnik	Seria	Jednostka	Wielkość			
			I	II	III	IV
- strumień ciepła do wymiennika złożowego	$\frac{MW}{\%}$	$\frac{t}{\%}$	$\frac{0,98}{24,9}$	$\frac{1,13}{21,8}$	$\frac{1,35}{27,4}$	$\frac{1,82}{34,3}$
- strumień ciepła do wymiennika konwekcyjnego	$\frac{MW}{\%}$	$\frac{t}{\%}$	$\frac{1,58}{40,1}$	$\frac{1,64}{40,0}$	$\frac{2,31}{47,0}$	$\frac{2,50}{47,2}$
- straty kominowe	$\frac{MW}{\%}$	$\frac{t}{\%}$	$\frac{0,43}{10,9}$	$\frac{0,40}{9,8}$	$\frac{0,55}{11,2}$	$\frac{0,55}{10,6}$
- straty z popiołem	$\frac{MW}{\%}$	$\frac{t}{\%}$	$\frac{0,43}{10,4}$	$\frac{0,21}{5,1}$	$\frac{0,27}{5,5}$	$\frac{0,06}{1,1}$
- straty niedopażu	$\frac{MW}{\%}$	$\frac{t}{\%}$	$\frac{0,49}{12,4}$	$\frac{0,58}{14,1}$	$\frac{0,31}{6,3}$	$\frac{0,30}{5,7}$
- straty do otoczenia wraz z tolerancją pomiarową	$\frac{MW}{\%}$	$\frac{t}{\%}$	$\frac{0,05}{1,3}$	$\frac{0,09}{2,2}$	$\frac{0,13}{2,6}$	$\frac{0,06}{1,1}$
Razem	$\frac{MW}{\%}$	$\frac{t}{\%}$	$\frac{3,94}{100,0}$	$\frac{4,10}{100,0}$	$\frac{4,92}{100,0}$	$\frac{5,30}{100,0}$
- współczynnik nadmiaru powietrza		1	1,07	1,06	1,10	1,06
- zawartość C w pyłe		%	47,4	63,1	33,8	12,8
- straty przepadu C		%	12,8	15,2	7,0	6,5
- zapylenie spalin		g/um <sup>3</sup>	28,3	26,3	19,5	48,8



Tablica 5

Wskaźniki charakteryzujące pracę kotła WLM-2,5  
z paleniskiem fluidalnym

Wskaźnik	Próba			
	I	II	III	IV
- sprawność termiczna $\eta_t$ , %	65,1	69,5	74,4	81,5
- sprawność kotła $\eta_k$ , %	62,1	66,4	71,7	78,7
- moc cieplna kotła z powierzchni dystrybutora N, MW <sub>t</sub> /m <sup>2</sup>	1,45	1,60	1,79	2,11
- przyrost mocy cieplnej kotła $\Delta N$ , %	2,4	12,8	46,4	72,8
- prędkość fluidyzacji $w_f$ , m/s	2,9	2,7	2,8	3,1

Tablica 6

Skład granulometryczny pyłów wynoszonych z kotła

Fracja, mm	Próba			
	I %	II %	III %	IV %
pow. 0,1 mm	53,2	54,9	35,6	36,8
0,1 - 0,071	17,3	17,7	15,3	12,3
0,071 - 0,063	12,4	11,8	8,7	4,6
0,063 - 0,04	7,2	5,6	9,4	5,7
0,04 - 0,02	5,1	3,6	14,8	12,1
poniżej 0,02	4,8	6,4	16,2	27,7

wyemitowanego do komory nadzłożowej. Natomiast w próbie IV w komorze nadzłożowej spalano około 75% wyemitowanego ze złoża pierwiastka C. Różnicę w przytoczonych wynikach uzasadnia się wyższą temperaturą złoża wynoszącą w IV próbie około 1235 K i dużym udziałem drobnej frakcji pyłu pochodzącej z miazgi węglowej. W próbie III temperatura złoża wynosiła około 1135 K. Przytoczone wyniki spalania pierwiastka C w komorze nadzłożowej są wynikami wstępnymi z prób rozruchowych kotła.

## 4. WNIOSKI

Zebrany materiał doświadczalny oraz przeprowadzone obliczenia wskazują, że:

- wirowe złożo fluidalne zwiększa stopień przemiany tlenu wprowadzonego z powietrzem, zmniejsza straty unosu drobnej frakcji pyłowej zawartej w paliwie. Zwiększa stopień konwersji paliwa w złożu. W złożu konwertuje 79-84% pierwiastka C przy spalaniu omawianych paliw. Wirowe złożo fluidalne utrzymuje w ruchu niesfluidyzowane ziarna fazy stałej. Przy stosowanej prędkości fluidyzacji około 3 m/s spalano miał węglowy i paliwa pozabilansowe przechodzące przez sito  $\Phi$  12 mm;
- zastosowanie wirowego złoża w palenisku upraszcza eksploatację paleniska. Palenisko nawęglane jest punktowo wilgotnym paliwem pozabilansowym z otwartego składowiska węgla;
- przedstawione w niniejszym opracowaniu wyniki spalania paliw stałych w palenisku z wirowym złożem fluidalnym współpracującym z kotłem WLM-2,5 nie wyczerpują zagadnienia organizacji spalania różnych paliw o zmieniającym się składzie granulometrycznym. Do rozwiązania tego problemu konieczne jest zbadanie skuteczności recyrkulacyjnego spalania pyłu w wirowej części złoża. Stworzy to możliwość ustalonego spalania paliwa o zmieniającej się granulacji i wartości opałowej;
- uzyskane wskaźniki pracy paleniska stwarzają przesłanki do stosowania omówionego rozwiązania konstrukcyjnego w paleniskach i kotłach dowolnej wielkości, w tym w kotłach ciśnieniowych mających stanowić główny element bloku energetycznego, a w dalszej przyszłości energetycznego bloku gazowo-parowego. Jednak przyszłościowe rozwiązania muszą być poprzedzone przemysłowym wdrożeniem omówionego paleniska w kotłach małej mocy.

## LITERATURA

- [1] Liszka J., Mikuła K.: Patent PRL nr 83343 z dn. 1977-07-01.
- [2] Mikuła K., Liszka J.: Sympozjum Przetwarzania Energii. Łódź, listopad 1980, s. 123-129.
- [3] Mikuła K., Liszka J., Tokarski T., Kosmański Z.: Patent PRL nr 119644 z dn. 1984-12-14.
- [4] Mikuła K., Liszka J.: Patent PRL nr 133352 z dn. 1987-03-31.
- [5] Mikuła K.: Sprawozdanie z prac n-b. CPBP nr 01.18, zadanie 2.1.2.8. LTC AGH, Kraków 1987.
- [6] Kosmański Z.: Założenia techniczno-ekonomiczne modernizacji kotłowni huty "Ferrum". Katowice 1987-08-20.

КАМЕРА СГОРАНИЯ С ВИХРЕВЫМ ФЛУИДНЫМ СЛОЕМ В СОЗВЕСТНОЙ РАБОТЕ  
С КОТЛА ТИПА

## Р е з ю м е

В структуре флуидного слоя различают горизонтальный транспорт зерен постоянной фазы в нижней части слоя и известный пузырьчатый поток флуидируемого элемента в верхней части слоя. Такой флуидный слой интенсифицирует обмен тепла и массы по сравнению с применяемыми слоями использующими только пузырьковый поток флуидируемого элемента через слой. Применение вихревого слоя в флуидальной топке смонтированной в котле WLM 2,5 вместо подвижной колосниковой решетки существенно повышает эксплуатационные показатели котла. Увеличивает тепловую мощность котла на 72%, при увеличенной нагревательной поверхности котла на около 6%. В сравнении же с топками имеющими колпачковые дистрибуторы, тепловая мощность котла поднимается на около 40%. Сжигание твердого топлива в вихревом флуидальном слое ведется в диапазоне  $\lambda [1,06$  до  $1,10]$ . Термический КПД котла возрастает до величины около 82%.

Приведенные результаты получены во время опытной эксплуатации устройства, применяя скорость флуидизации около 3 м/сек а также сжигая угольную пыль и другие топлива проходящие через решето  $\phi 12$ мм. Применение вихревого слоя в топке облегчает эксплуатацию топки и позволяет на точечное питание постоянным топовом с открытого склада.

GRATE FURNACE WITH ROTATIONAL FLUIDISED BED COOPERATING  
WITH WLM-2,5 BOILER

## S u m m a r y

The horizontal transport of solid phase grains in the bottom part of the fluidised bed and the well-known bubble flow of fluidising agent in the upper part of the bed are distinguished in the structure of the rotational fluidised bed. Such fluidised bed intensifies heat and mass transfer in comparison with the beds using only the bubble flow of fluidising agent through the bed. Application of the rotational bed in the fluidised grate furnace installed in WLM-2,5 boiler instead of a travelling grate considerably improves operating characteristics of the boiler. It increases thermal power of WLM-2,5 boiler by 72% at simultaneous increase of the boiler heating surface by about 6% whereas at fluidisation speed of 2,9 m/s and bed temperature of 1135 K it increases the boiler thermal power by 40% in comparison with the beds equipped with cap distributors. The solid fuel combustion in the rotational fluidised bed is carried out within  $\lambda$  interval  $[1.06-1.10]$ .

Thermal efficiency of the boiler increases to about 82%. The rotational bed keeps non-fluidised grains of solid phase in motion.

The above mentioned results have been obtained in the course of experimental operation of the device using the fluidisation speed of about 3 m/s and burning the fine coal and extra-balance fuel that passed through a  $\varnothing$  12 mm screen. The use of the rotational bed in the furnace simplifies operation of the furnace allowing its point feed with the solid fuel from an open storage yard.