ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1970

Seria: ENERGETYKA z. 34 Nr kol. 279

MARCELI BARAN

Katedra Kotłów i Maszyn Cieplnych

WPŁYW OLEJU JAKO PALIWA DODATKOWEGO NA WYMIANĘ CIEPŁA W KOMORZE PALENISKOWEJ KOTŁA

W pracy podano nowy sposób obliczania wymiany ciepła w komorach paleniskowych kotłów opalanych węglem lub olejem oraz wzór na obliczanie stopnia czerni płomienia przy spalaniu paliw mieszanych - pył węglowy - olej.

Podanymi wzorami obliczono na przykładzie kotła OP-380 wymianę ciepła w komorze paleniskowej przy spalaniu pyłu węglowego, mieszanki pył węglowy-olej oraz samego oleju. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń podano wnioski o możliwości spalania oleju (gudronu) jako paliwa dodatkowego w kotłach pyłowych.

1. Wstęp

W ostatnich latach coraz częściej budowane są kotły na paliwa płynne względnie paliwa mieszane węgiel-olej lub węgiel-gaz. Również w kraju posiadamy już kilka kotłów opalanych wyłącznie paliwem płynnym.

Krajowy bilans paliw olejowych uległ obecnie poprawie i w najbliższych latach będziemy dysponować nadwyżką 35% pozostałości porafinacyjnej zwanej gudronem, która planowana jest do spalania w kotłach. Przewidywana nadwyżką gudronu będzie zazwyczaj spalana jako paliwo dodatkowe w istniejących kotłach pyłowych położonych w pobliżu źródeł jego produkcji.

Biorąc pod uwagę powyższy problem, w pracy niniejszej przeanalizowano możliwość spalania gudronu w istniejących kotłach pyłowych celem ustalenia jakie ilości mogą być spalane w kotle pyłowym bez potrzeby wprowadzania kosztownych zmian w powierzchniach ogrzewanych kotła i urządzeniach pomocniczych.

2. Charakterystyka gudronu i węgla przyjętego do rozważań

Krajowe kotły opalane są najczęściej węglem energetycznym typu 31 i 32, którego wartość opałowa waha się od 14500 kJ/kg (przerosty, muły) do 23000 kJ/kg. Stosownie do wartości opałowej zmienia się zawartość balastu. Jako średni węgiel dla porównania przyjęto węgiel energetyczny typu 31 lub 32 o wartości opałowej 18800 kJ/kg, natomiast jako paliwo płynne, które wchodzi w rachubę - 35% pozostałość porafinacyjną (gudron) o danych jak niżej:

		węgiel	gudron
Wartość opałowa	kJ/kg	18800	39400
Zawartość węgla C	%	45,3	84,8
Zawartość wodoru H	%	3,3	10,6
Zawartość siarki S	%	1,0	3,6
Zawartość wanadu V_2O_5	%	-	0,03
Zawartość tlenu O	%	9,6	-
Zawartość azotu N	%	2,8	-
Zawartość wilgoci W	%	16,0	1,0
Zawartość popiołu A	%	21,0	-
Podatność przemiałowa	^oH	55	-
Lepkość przy temperaturze 150^oC	^oE	-	2-3

Obliczone na podstawie charakterystyki tych paliw ilości spalin, zapotrzebowanie powietrza do spalania, teoretyczna temperatura spalania, udziały objętościowe CO_2 i H_2O podano w tablicy 1.

3. Wymiana ciepła w komorze paleniskowej

Rozważając możliwość spalania w istniejących kotłach pyłowych paliwa płynnego jako dodatku do pyłu przyjęto, że palniki olejowe zostały wbudowane w istniejące palniki pyłowe w miejsce zainstalowanych zwykle palników rozpałkowych. Rozwiązanie takie eliminuje konieczność przebudowy palników, ekranów i kanałów powietrza a pozwala każdorazowo przejść na opalanie kotła wyłącznie pyłem.

Oczywiście spalanie oleju z minimalnym nadmiarem powietrza $\lambda = 1,03 \div 1,05$ byłoby rozwiązaniem najbardziej właściwym, ale przy spalaniu w kotle paliwa mieszanego nie da się tego osiągnąć. Z konieczności paliwo płynne musi być spalane z nadmiarem zbliżonym do nadmiaru jaki wymagany jest przy spalaniu pyłu węglowego w danym palenisku.

Palenisko pyłowe kotła zostało dobrane do potrzeb spalania pyłu węglowego. Konstrukcja komory i jej wymiary zapewnią znaczną wyżką czas jaki potrzebny jest do spalania paliwa płynnego. Zazwyczaj czas pobytu pyłu w komorze paleniskowej wynosi ok. 2 sek., natomiast dla spalania oleju wystarczy czas znacznie krótszy.

Przy spalaniu paliwa olejowego w komorze paleniskowej kotła pyłowego nastąpi zwiększenie wymiany ciepła, głównie w obrębie palników. Jednostkowe obciążenie cieplne powierzchni ekranów w obrębie palników ze względu na intensywne spalanie oleju może dochodzić do $460 \div 700$ kW/m^2. Wg badań w rurach pionowych

przy ciśnieniu rzędu 100 ÷ 160 bar filmowe odparowanie występuje dopiero przy natężeniach cieplnych 800 ÷ 1400 kW/m^2. Tym samym nie zachodzi niebezpieczeństwo filmowego odparowania w kotłach zbudowanych na pył węglowy przy spalaniu oleju jako paliwa dodatkowego lub wyłącznie paliwa olejowego.

W komorze paleniskowej kotłów pyłowych wymiana ciepła zachodzi głównie przez promieniowanie tj. wg prawa Stefana-Boltzmanna

$$\dot{Q}_{pr} = \varepsilon_{pł}\, \varepsilon_{ść}\, C_o\, A_{pr} \left[\left(\frac{T_{pł}}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_{ść}}{100}\right)^4 \right] \qquad (1)$$

gdzie:

$\varepsilon_{pł}, \varepsilon_{ść}$ - odpowiednio zdolności emisji płomienia i powierzchni ogrzewanej odbierającej ciepło (ekranów),

C_o - stała promieniowania ciała doskonale czarnego,

A_{pr} - powierzchnia opromieniowana komory paleniskowej,

$T_{pł}$ - średnia bezwzględna temperatura w komorze paleniskowej,

$T_{ść}$ - bezwzględna temperatura ścianki ekranów.

Udział ciepła wymienianego w komorze paleniskowej na drodze konwekcji jest mały i w obliczeniach kotłów parowych z zasady pomijany.

Przy spalaniu w kotle paliwa płynnego ulegną zmianie w stosunku do wymiany ciepła przy spalaniu pyłu: zdolność emisji płomienia, średnia temperatura spalin w komorze, stopień zanieczyszczenia ekranów, który ma wpływ na temperaturę zewnętrznej powierzchni ekranów i zdolności ich emisji.

Zdolność emisji płomienia i ekranów komory paleniskowej dotychczas nie zostały należycie zbadane i opisane analitycznie.

W rozwiązywaniu komór paleniskowych kotłów opieramy się na materiałach doświadczalnych i z konieczności ujmujemy w sposób empiryczny wpływ poszczególnych wielkości na zdolność emisji płomienia i ekranów.

W kraju obecnie najbardziej rozpowszechnioną metodą do obliczeń wymiany ciepła w komorach paleniskowych jest metoda Gurwicza, na podstawie której zostały opracowane radzieckie normy cieplnych obliczeń kotłów, z których korzysta krajowy przemysł kotłowy przy obliczaniu powierzchni ogrzewanych kotłów. W metodzie tej zdolność emisji płomienia i ekranów zastąpiono pojęciem "stopień czerni komory paleniskowej", który dla palenisk pyłowych, olejowych lub gazowych obliczany jest wzorem [5]:

$$a_k = \frac{a_{pł}}{a_{pł} + (1 - a_{pł})\psi\xi} \qquad (2)$$

gdzie:

$a_{pł}$ - stopień czerni płomienia,

ψ - stopień ekranowania komory paleniskowej,

ξ - liczba ujmująca wpływ zanieczyszczenia powierzchni opromieniowanej na ilość przyjętego ciepła w komorze paleniskowej.

Stopień czerni płomienia można wyliczyć ze wzoru:

$$a_{pł} = m\, a_{sw} + (1 - m)\, a_g \qquad (3)$$

gdzie:

m - liczba określająca stopień wypełnienia komory paleniskowej płomieniem świecącym,

a_{sw} - stopień czerni płomienia świecącego

$$a_{sw} = 0,9\ (1 - e^{-k_p ps}) \tag{4}$$

k_p - współczynnik osłabienia promieniowania w komorze wypełnionej żarzącymi się składnikami spalania paliw stałych i oleju

$$k_p = 1,6\ \frac{T}{1000} - 0,5 \tag{5}$$

p - ciśnienie w komorze paleniskowej, ata,

s - efektywna grubość warstwy promieniującej, m,

a_g - stopień czerni płomienia nieświecącego (gazów)

$$a_g = 1 - e^{-k_g p_p s} \tag{6}$$

k_g - współczynnik osłabienia promieniowania przez gazy trójatomowe obliczony wzorem

$$k_g = \frac{0,8 + 1,6\ r_{H_2O}}{\sqrt{p_p\ s}}\ (1 - 0,38\ \frac{T}{1000}) \tag{7}$$

p_p - ciśnienie cząstkowe gazów promieniujących (CO_2 i H_2O)

r_{H_2O} - udział objętościowy pary wodnej w spalinach.

Wg [1] i [5] przyjmuje się:

- dla pyłu węglowego m = 1
- dla oleju opałowego m = 0,6 przy jednostkowym obciążeniu cieplnym komory paleniskowej q_v = = 175 ÷ 230 kW/m^3

  m = 1 przy $q_v \geqslant 1150$ kW/m^3

Z powyższych wzorów wynika, że współczynnik osłabienia promieniowania żarzącymi się składnikami paliwa zależy tylko od temperatury a nie zależy od charakterystyki paliwa (zawartości części lotnych, popiołu, koksu) jak też nie uwzględnia wielkości ziarn popiołu będących funkcją granulacji pyłu. Także przy obliczaniu stopnia czerni płomienia paliwa płynnego wzory te nie uwzględniają jego charakterystyki np. stosunku węgla do wodoru. Stopień czerni świecącej części płomienia przy spalaniu oleju obliczany jest w ten sam sposób jak dla pyłu, tylko przyjmuje się wartość $m = 0,6$ zamiast jak dla pyłu $m = 1$.

Na podstawie badań krajowych kotłów można stwierdzić różnice w wymianie ciepła w komorze paleniskowej przy spalaniu różnych typów węgla, np. węgla sierszańskiego, górnośląskiego czy dąbrowskiego.

Z powyższych względów, w oparciu o doświadczenia krajowe i badania CKTI [2], proponuje się obliczać stopień czerni płomienia przy spalaniu pyłu jak i oleju zamiast jak dotychczas wzorami Gurwicza (4), (5), (7) wg niżej podanych wzorów, które ujmują także wpływ charakterystyki paliwa.

Przy spalaniu pyłu stopień czerni płomienia jest funkcją emisji gazów trójatomowych, cząstek koksu i popiołu i można go wyrazić ogólnym wzorem:

$$a_{pł} = 1 - e^{-(\tau_g + \tau_k + \tau_p)} \tag{8}$$

Na podstawie przeprowadzonych w CKTI badań [2]:

$$\tau_g = k_g \, p_p \, s \tag{9}$$

gdzie współczynnik osłabienia promieniowania obliczany jest wzorem:

$$k_g = \left(\frac{0{,}78 + 1{,}6\, r_{H_2O}}{\sqrt{p_p \cdot s}} - 0{,}1\right)\left(1 - 0{,}37\,\frac{T}{1000}\right) \qquad (10)$$

$$\tau_k = k_k\ \delta_s \qquad (11)$$

gdzie:

$k_k = 0{,}5$ dla paliw o dużej zawartości części lotnych,

$\delta = 0{,}1$ dla palenisk pyłowych,

$\delta = 0{,}03$ dla palenisk rusztowych

$$\tau_p = 4{,}3\ \frac{\mu_p}{\sqrt[3]{T^2\ d^2}} \qquad (12)$$

gdzie:

μ_p - koncentracja cząstek popiołu w spalinach g/um^3 obliczana ze wzoru

$$\mu_p = 1000\ \frac{a_{pl}\ A^r}{V_s} \qquad (13)$$

a_{pl} - udział popiołu lotnego w całej ilości popiołu wprowadzanego z węglem do paleniska,

A^r - udział popiołu w masie roboczej paliwa,

V_s - ilość spalin um^3/kg pal.

d - średnica cząstek popiołu, μm,

Przy spalaniu paliw płynnych w płomieniu promieniują głównie gazy trójatomowe i zawieszone w nich cząstki sadzy, które wydzielają się przy rozkładzie paliwa.
Dla płomienia świecącego, który zawiera cząstki sadzy, stopień czerni określa się z wzoru:

$$a_{sw} = 1 - e^{-(\tau_g + \tau_{sadzy})} \tag{14}$$

Przy spalaniu pyłu węglowego przyjmuje się, że cała komora paleniskowa wypełniona jest płomieniem świecącym i wówczas $a_{pł} = a_{sw}$. Natomiast przy spalaniu paliw płynnych w kotłowych komorach paleniskowych

$$a_{sw} \geqslant a_{pł} \geqslant a_g$$

Średni stopień czerni płomienia dla całej komory paleniskowej oblicza się wg wzoru (3).

Wg [2] wartość m zależy od jednostkowego obciążenia cieplnego komory paleniskowej i przy wartościach $q_v \leqslant 400$ kW/m^3 jak dla przemysłowych kotłów pyłowych i olejowych wynosi:

m = 0,55 - przy spalaniu oleju,

m = 1,00 - przy spalaniu pyłu węglowego.

τ_{sadzy} jest funkcją koncentracji cząstek sadzy w płomieniu. Udział sadzy w płomieniu zależy od stosunku węgla i wodoru w roboczej masie paliwa, nadmiaru powietrza przy spalaniu, zwłaszcza przy stosunku nadmiaru powietrza $\lambda < 1,1$ oraz od temperatury płomienia.

W warunkach palenisk kotłowych przy spalaniu gudronu zależność tę można określić wzorem [2]:

$$\tau_{sadzy} = 0{,}03 \frac{C^r}{H^r} (2 - \lambda) \left(1{,}6 \frac{T}{1000} - 0{,}5\right) p\, s \qquad (15)$$

Powstaje problem jak wyznaczyć stopień czerni przy spalaniu mieszanki pył-olej, jak to w kraju jest już praktykowane i będzie coraz częściej stosowane, zwłaszcza w elektrociepłowniach przemysłu chemicznego. Dotychczas brak badań nad ustaleniem stopnia czerni płomienia przy spalaniu paliw mieszanych.

W Katedrze prowadzone są próby nad ustaleniem stopnia czerni płomienia dla paliw mieszanych w oparciu o wyniki eksploatacji kotłów spalających pył i olej oraz pył i gaz.

W oparciu o dotychczasowe prace proponuje się wyznaczać stopień czerni płomienia dla mieszanki pył-olej w następujący sposób:

$$a_{pł} = 1 - e^{-(\tau_g^m + \tau_k^m + \tau_p^m + \tau_{sadzy}^m)} \qquad (16)$$

gdzie:

τ_g^m - należy obliczać wg wzoru (9) i (10) dla udziału pary wodnej r_{H_2O}, ciśnienia cząstkowego gazów promieniujących p_p oraz temperatury na wylocie z komory paleniskowej T jakie panują przy spalaniu mieszanki pył-olej

$$\tau_k^m = g_{sw}\, k_k\, \delta\, s \qquad (17)$$

g_{sw} - udział masowy spalin wywiązanych ze spalenia pyłu w całej ilości spalin wywiązanych przy spalaniu mieszanki (k_k, δ - str.22, s - str.20)

τ_p^m - należy obliczać ze wzoru (12) dla koncentracji zapylenia obliczonej z zależności:

$$\mu_p = \frac{1000\ \dot{m}_w\ a_{pl}\ A^r}{\dot{m}_w\ V_{sw} + \dot{m}_o\ V_{so}} = \frac{1000\ a_{pl}\ A^r}{V_{sw} + \frac{\dot{m}_o}{\dot{m}_w} V_{so}} \tag{18}$$

V_{sw}, V_{so} $[m^3/kg]$ - odpowiednio ilość spalin wywiązanych przy spalaniu 1 kg węgla lub 1 kg oleju,

$\frac{\dot{m}_o}{\dot{m}_w}$ [kg oleju/kg węgla] - stosunek masy oleju do masy węgla w mieszance.

Jeżeli znane są udziały ciepła węgla q_w i oleju q_o w cieple doprowadzonym w paliwie do komory paleniskowej to:

$$\frac{\dot{m}_o\ W_{do}}{\dot{m}_w\ W_{dw}} = \frac{q_o}{q_w} \tag{19}$$

skąd

$$\frac{\dot{m}_o}{\dot{m}_w} = \frac{q_o}{q_w}\ \frac{W_{dw}}{W_{do}} = \frac{q_o}{1 - q_o}\ \frac{W_{dw}}{W_{do}} \tag{20}$$

i

$$\mu_p = \frac{1000\ a_{pl}\ A^r}{V_{sw} + \frac{q_o}{1 - q_o}\ \frac{W_{dw}}{W_{do}}\ V_{so}} \tag{18a}$$

gdzie:

W_{dw}, W_{do} - odpowiednio wartość opałowa węgla i oleju.

$$\tau^{m}_{sadzy} = g_{so}\ \tau_{sadzy} \tag{21}$$

gdzie:

g_{so} - udział masowy spalin ze spalenia oleju w całej ilości spalin wywiązanych przy spalaniu mieszanki,

τ_{sadzy} - należy obliczyć ze wzoru (15).

W proponowanym sposobie obliczania stopnia czerni płomienia z mieszaniny pył-olej zakłada się, że cała komora paleniskowa wypełniona jest płomieniem świecącym (m = 1) zawierającym sadzę z oleju oraz koks i popiół z pyłu węglowego.

Przyjmując dla przykładu, że paliwa o charakterystyce jak to podano w punkcie 2 będą spalane w kotle OP-380k przy λ=1,2, stopnie czerni płomienia, komory paleniskowej, ilości wymienionego ciepła i temperatury na wylocie z komory paleniskowej podano w tablicy 1. Przy spalaniu gudronu w tym kotle można przyjąć λ= 1,1. Mniejszego nadmiaru powietrza, jak w kotłach budowanych wyłącznie na olej (λ= 1,03 ÷ 1,05), nie da się uzyskać w kotle zbudowanym na pył węglowy. Dlatego w rozważaniach przy spalaniu wyłącznie gudronu przyjęto λ= 1,1, natomiast przy spalaniu mieszanki pył-gudron λ= 1,2 jak dla pyłu.

4. Wnioski

1. Stosowane obecnie wzory Gurwicza do obliczania stopnia czerni płomienia nie uwzględniają własności paliwa. Tym samym ilości wymienionego ciepła w komorze paleniskowej wyliczone tymi wzorami nie zależą od charakterystyki spalanego węgla lub oleju.

Na podstawie krajowych doświadczeń i badań CKTI proponuje się stopień czerni płomienia liczać podanymi w pracy wzorami,

które uwzględniają takie własności paliwa jak zawartość części lotnych, zawartość popiołu dla węgli a dla paliw płynnych stosunek $\frac{C}{H}$.

2. Dotychczas brak opublikowanych wyników badań nad ustaleniem stopnia czerni płomieni paliw mieszanych. W pracy podano sposób wyznaczania stopnia czerni płomieni dla mieszanki pył-olej. Oczywiście podana metoda wymaga dalszych studiów i badań. Prace te są prowadzone w Katedrze a wyniki ich będą publikowane.

3. Przeprowadzone obliczenia wymiany ciepła w komorze paleniskowej kotła OP-380 podanymi w pracy wzorami przy spalaniu mieszanki pył-olej wykazały, że w kotłach zbudowanych na pył węglowy może być spalane paliwo płynne (gudron) jako paliwo dodatkowe w takiej ilości, ażeby udział ciepła wywiązanego z oleju nie przekroczył 50%. Przy tym udziale ciepła temperatura spalin obniża się z 1333°C na 1294°C, tym samym zmniejsza się wymiana ciepła w przegrzewaczu, jednakże w granicach dopuszczalnych - objętych zakresem regulatora temperatury pary. Przy udziale ciepła z oleju ponad 50% temperatura spalin na wyjściu z komory znacznie maleje a ilość wymienionego ciepła w komorze paleniskowej wzrasta i utrzymanie normalnej temperatury pary przegrzanej jest zazwyczaj trudne. Dla zapewnienia normalnej temperatury pary konieczna byłaby recyrkulacja spalin do komory paleniskowej.

LITERATURA

[1] A.M. GURWICZ, W.W. MITOR: Rasczot tiepłoobmiena w gazomazutnych i pyleugolnych topkach. Eniergomaszinostrojenie. 1963. Nr 2.

[2] W.W. MITOR, A.G. BŁOCH: Tiepłoobmien izłuczenijem w topkach parowych kotłow. Trudy CKTI. 1967.

[3] Praca zbiorowa: Tiepłoobmien, gidrodinamika i tiepłofiziczeskije swojstwa wieszczestw. Nauka. Moskwa 1968.

[4] W.P. ROMADIN: Topocznyje ustrojstwa moszcznych energeticzeskich błokow. Tiepłoenergetika. 1967. Nr 1.

[5] Tiepłowoj rasczot kotielnych agregatow. Normatiwnyj Metod. Goseniergoizdat. Moskwa-Leningrad 1957.

[6] E. BITTERLICH: Zur Auslegung von Kesseln mit Gemischfeuerungen. Mitteilungen der VGB. Heft 102. 1966.

[7] R. HACKER: Die Berücksichtigung des Schwärzegrads bei Strahlungswärmeaustausch an Dampfkesselrohren und Heizstäben. BWK. 1964. Nr 2.

[8] W. HERRMANN: Die Auslegung der Verdampfungsheizfläche bei Zwangdurchlaufdampferzeugern. Zeszyty Naukowe Politechniki Wrocławskiej. Czerwiec 1969 r.

[9] M. LEDINEGG: Bestimmungsgrössen für die Brennkammerbelastung bei Kohlenstaub-, Ol- und Gasfeuerungen. Mitteilungen der VGB. Heft 97. 1965.

[10] H.P. NIEPENBERG: Industrie-Ölfeuerungen. Deutsche Babcock Wilcox-Aktiengesellschaft. Oberhausen. 1969.

Tablica 1

Porównanie ilości ciepła wymienionego w komorze paleniskowej i temperatur na wylocie z komory paleniskowej dla kotła OP-380 opalanego mieszanką gudronu i pyłu węglowego

Lp.	Wielkość	Jednostka	Udział gudronu w mieszance %				
			0	25	50	75	100
			Udział węgla w mieszance %				
			100	75	50	25	0
1	Wartość opałowa - Q_w^r	kJ/kg	18800				39400
2	Teoretyczne zapotrzebowanie powietrza - V_p^t	m^3/kg pal.	5,12				10,0
3	Teoretyczna ilość spalin - V_s^t	m^3/kg pal.	5,7				10,4
4	Stosunek nadmiaru powietrza	-	1,2				1,1
5	Rzeczywista ilość powietrza - V_p	m^3/kg pal.	6,15				11,0
6	Rzeczywista ilość spalin na jednostkę masy paliwa - V_s	m^3/kg pal.	6,7				11,4
7	Rzeczywista ilość spalin na jednostkę ciepła - V_{sq}	m^3/1000 kJ	0,356				0,289
8	Stopień ekranowania komory paleniskowej -	-	0,98				
9	Powierzchnia opromieniowana komory paleniskowej - H_{opr}	m^2	913,4				
10	Współczynnik straty ciepła do otoczenia	-	0,998				
11	Stopień zanieczyszczenia komory paleniskowej	-	0,45	0,45	0,45	0,45	0,55
12	Udział objętościowy pary wodnej w spalinach - r_{H_2O}	-	0,0980	0,0985	0,0989	0,0995	0,1070
13	Udział objętościowy dwutlenku węgla w spalinach - r_{CO_2}	-	0,1400	0,1366	0,1330	0,1292	0,1360
14	Stopień czerni płomienia - $a_{pł}$	-	0,5935	0,7531	0,8632	0,9497	0,9309
15	Stopień czerni komory paleniskowej - a_k	-	0,7768	0,8737	0,9347	0,9772	0,9582
16	Stosunek nadmiaru powietrza	-	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1
17	Ilość wywiązanych spalin - $\dot{V}_s$	m^3/h	428000	412800	397000	382500	338000
18	Ciepło doprowadzone do komory paleniskowej - $Q_{d.k}$	10^6kJ/h	1374,1	1365,0	1354,5	1347,0	1327,3
19	Temperatura teoretyczna spalania - t_t	°C	1960	2025	2090	2140	2380
20	Temperatura spalin na wyjściu z komory - t_s''	°C	1333	1308	1294	1280	1202
21	Ilość ciepła wymienionego w komorze paleniskowej - $Q_{od.k}$	10^6kJ/h	471,0	517,9	548,3	575,0	694,7

ВЛИЯНИЕ МАЗУТА КАК ДОБАВОЧНОЕ ТОПЛИВО НА ТЕПЛООБМЕН В ТОПКАХ

Р е з ю м е

В реферате представлен новый метод разчёта теплообмена в пылеугольных и пылемазутных топках.

В особенности показано формулу к расчёту степени черноты пламени при сжигании угольно-мазутной смеси. В следствие произведенного расчёта для котла ОП-380 представлено выводы об возможности сжигания добавки мазута к угольной пыли в пылеугольных топках.

THE INFLUENCE OF THE OIL AS THE ADDITIONAL FUEL ON THE HEAT EXCHANGE IN THE BOILER COMBUSTION CHAMBER

S u m m a r y

In this paper it is given the new way of the calculation of heat exchange in the boiler combustion chamber, oil-fired or coal-fired and the formula for calculation of the blacking degree of the flame at combustion of mixture fuels, pulverized coal-oil. This is represented in example for the boiler OP-380, pulverized coal-fired, mixture pulverized coal-oil-fired and alone oil-fired. From this calculations the conclusion is drawn about the possibility of combustion of the residual oil (gudron) as the additional fuel for boilers fired with pulverized coal.