

Zbigniew RATAJ

Franciszek GRAMATYKA

Instytut Kotłów, Siłowni Ciepłych
i Jądrowych

BADANIA EKSPLOATACYJNE KOTŁA WODNEGO KWTs-20 Z PALENISKIEM NARZUTOWYM

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań eksploatacyjnych kotła wodnego KWTs-20 z paleniskiem narzutowym opalanego węglem o pogorszonej jakości. Omówiono wpływ warunków eksploatacji na uzyskiwane parametry oraz trwałość jego zespołów. Dokonano oceny stanu technicznego i trafności rozwiązań konstrukcyjnych elementów układu paleniskowego.

1. Wstęp

W kraju, w energetyce przemysłowej powszechnie stosuje się kotły z paleniskiem warstwowym, wodnorurowe, opalane węglem kamiennym.

Na przestrzeni szeregu lat obserwuje się systematyczne pogarszanie się jakości węgla kamiennego przeznaczonego do spalania w paleniskach kotłowych warstwowych [5]. Wartość opałowa węgla kamiennego przeznaczonego do spalania obniżyła się w ostatnim dziesięcioleciu do 16500 kJ/kg, a zawartość popiołu wzrosła do 25-30%.

Spalanie węgla kamiennych o takiej charakterystyce w paleniskach warstwowych wyposażonych w ruszt łańcuchowy z podmuchem strefowym napotyka na znaczne trudności i staje się nieopłacalne. Pomimo stosowania wysokich obciążeń cieplnych rusztu (870-1050 kW/m²) jest niemożliwe uzyskanie wysokiej sprawności paleniska oraz projektowanych parametrów kotła.

Prace badawcze nad intensyfikacją procesów spalania w paleniskach warstwowych zmierzają do wykorzystania spalania drobnych frakcji węgla w zawieszaniu nad rusztem, a grubszych na pokładzie rusztowym.

Powstałe w ten sposób palenisko narzutowe charakteryzuje się znacznymi obciążeniami cieplnymi rusztu 1160-1750 kW/m² (2800 kW/m²) i stanowi rozwiązanie, które będzie rozpowszechniane w zakresie kotłów energetyki przemysłowej [5].

W kraju eksploatuje się obecnie kilkanaście kotłów z paleniskiem narzutowym, w tym: produkcji krajowej, radzieckiej, czeskiej i amerykańskiej.

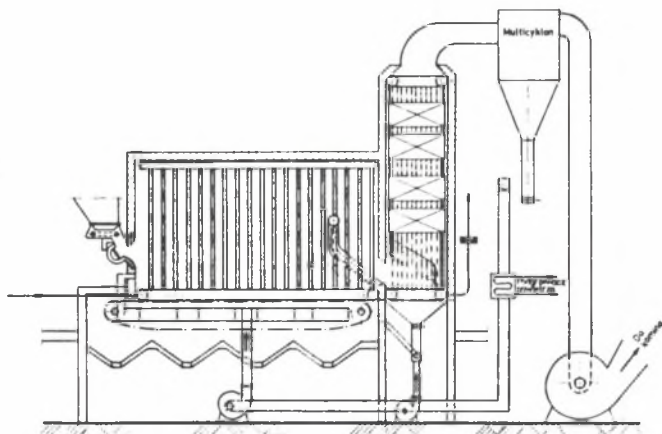
Badania tych kotłów stanowią materiał wyjściowy dla opracowania metodyki projektowania palenisk narzutowych, tak koniecznej w przypadku krajowych kotłów.

W ZSRR prowadzone są od szeregu lat badania nad paleniskami narzutowymi. Publikowane wyniki odnoszą się do węgla występujących w ZSRR [1,2,3].

Aby ocenić przydatność palenisk konstrukcji ZSRR do spalania krajowych węgla o pogorszonej jakości przeprowadzono badania eksploatacyjne kotła wodnego KWTs-20 [4,5].

2. Opis przedmiotu badań

Przedmiotem badań był kocioł wodny KWTs-20 produkcji ZSRR (rys. 1). Kocioł przeznaczony jest do produkcji gorącej wody o ciśnieniu 2,45 MPa i temperaturze 150 °C wykorzystywanej w układzie ciepłowniczym Warzywniczych Zakładów Doświadczalnych w Pszczynie.



Rys. 1. Schemat kotła wodnego KWTs-20 z paleniskiem narzutowym

Dwuciągowy układ kotła utworzony jest z opromienianej komory paleniskowej i pionowego ciągu konwekcyjnego.

Powierzchnia ogrzewalna w komorze paleniskowej utworzona jest z rur $\varnothing 60 \times 3$ mm rozmieszczonych w podziałce 64 mm wchodzących do kolektorów zbiorczych $\varnothing 219 \times 10$ mm [1]. Wysokość komory paleniskowej wynosi 3,5 m, a powierzchnia użyteczna rusztu 17,55 m².

Ciąg konwekcyjny kotła tworzą rury ekranowe $\varnothing 83 \times 3,5$ mm rozmieszczone w podziałce 128 mm. W ciągu konwekcyjnym umieszczone są cztery pęczki podgrzewacza wody wykonane z rur $\varnothing 28 \times 3$ rozstawionych w podziałce $s_1 = 64$ mm i $s_2 = 40$ mm.

Kocioł wyposażony jest w ruszt łuskowy TČZ o przeciwbieżnym kierunku ruchu (przesuw rusztu następuje od tyłu do przodu kotła).

Paliwo podawane jest przez dwa urządzenia narzutowe składające się z dozownika taśmowego wykonującego ruch skokowy oraz narzutnika z dwoma łopatkami na obwodzie. Ilość węgla doprowadzana do paleniska jest regulowana długością skoku dozownika.

Powietrze pierwotne doprowadzane jest ze skrzyni powietrznej z czterema strefami podmuchu, a także przez dysze umieszczone pod narzutnikiem (pneumonarzut).

Spaliny odpylane są w odpylaczu multicyklonowym. Kocioł wyposażony jest w instalację nawrotu (lotnego koksiku) wytrącanego w drugim ciągu kotła. Pozostałości po spaleniu tj. żużel, przesyp i popiół lotny z za multicyklonu odprowadzane są za pomocą przenośników mechanicznych do zasobnika.

Parametry techniczne kotła zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Parametry kotła

| Wyszczególnienie | Wymiar | Wartość |
|------------------------------|----------------|-------------|
| <u>Dane ogólne</u> | | |
| Wydajność maksymalna trwała | MW | 23,28 |
| Ciśnienie obliczeniowe | MPa | 2,45 |
| Ciśnienie robocze | MPa | 0,98 ± 2,45 |
| Temperatura wody na dopływie | °C | 70 |
| Temperatura wody na wylocie | °C | 150 |
| Przepływ wody | t/h | 247 |
| Pojemność wodna kotła | m ³ | 6,7 |
| Powierzchnia ogrzewalna | m ² | 499,3 |
| Sprawność kotła brutto | % | 80,66 |
| <u>Ruszt</u> | | |
| Typ | - | TČZ |
| Powierzchnia użyteczna | m ² | 17,55 |
| Długość użyteczna | m | 6,5 |
| Szerokość użyteczna | m | 2,7 |

3. Wyniki badań kotła

Kocioł przed rozpoczęciem pomiarów pozostawał w dobrym stanie technicznym i pracował w stanie ustalonym.

Pomiary i obliczenia sprawności kotła i poszczególnych strat wykonano zgodnie z normą^{x)}. Natomiast obliczenia pozostałych wielkości i wskaźników przeprowadzono w oparciu o stosowaną metodykę obliczeń termicznych kotłów.

Wyniki pomiarów oraz obliczeń ilości paliwa i pozostałości po spaleniu, zamieszczono w tabeli 2. Natomiast w tabeli 3 zamieszczono wskaźniki i wielkości strat kotła.

Tabela 2

Wyniki pomiarów i obliczeń kotła

| Wyszczególnienie | Wymiar | Obciążenie kotła, % | | |
|---------------------------------|--------|---------------------|--------|--------|
| | | 89,4 | 78,1 | 53,0 |
| Wydażność ciepła | MW | 20,814 | 18,178 | 12,329 |
| Paliwo | | | | |
| Wartość opałowa | kJ/kg | 20067 | 19936 | 21466 |
| Zawartość wilgoci całk. | % | 11,02 | 10,94 | 9,65 |
| Zawartość części lotnych | % | 24,02 | 23,88 | 24,80 |
| Zawartość popiołu | % | 24,75 | 25,12 | 21,72 |
| Zużycie paliwa | kg/s | 1,408 | 1,194 | 0,714 |
| Bilans popiołu | | | | |
| Popiół odprowadzony | kg/s | 0,3137 | 0,2700 | 0,1396 |
| Popiół odprowadzony w zużłu | % | 72,56 | 76,93 | 84,21 |
| Popiół uchwycony w odpylaczu | % | 22,85 | 19,22 | 13,12 |
| Popiół uchodzący do atmosfery | % | 4,59 | 3,85 | 2,67 |
| Spaliny za kotłem | | | | |
| Temperatura | °C | 242 | 219 | 176 |
| Zawartość CO ₂ | % | 14,6 | 13,8 | 11,5 |
| Zawartość O ₂ | % | 4,7 | 5,5 | 8,1 |
| Zawartość CO | % | 0,14 | 0,06 | 0,02 |
| Współczynnik nadmiaru powietrza | - | 1,28 | 1,34 | 1,61 |

Podczas pomiarów kocioł był opalany węglem sortymentu miał II o wartości opałowej 20067 kJ/kg - 21466 kJ/kg. Zawartość wilgoci wynosiła 9,65 - 11,02%, a zawartość popiołu 21,72 - 24,75%.

^{x)} Norma PN-72/M-34128. Kotły parowe. Wymagania i badania odbiorcze.

Skład granulometryczny węgla sortymentu miał II określony normą PN-74/G-9700 charakteryzował się większą zawartością podziarna: zawartość ziaren 0 - 3 mm wynosiła 25,1 - 30,5%. Taka charakterystyka paliwa nie odpowiadała wymaganemu składowi miarowemu dla palenisk narzutowych [5]. Zawartość podziarna 0 - 3 mm powinna wynosić 10 - 15% dla obciążeń cieplnych rusztu występujących w badanym kotle.

Przeprowadzone pomiary kotła przy trzech obciążeniach cieplnych stacjonarych: 89,4%, 78,1%, 53,0% obciążenia maksymalnego.

Tabela 3

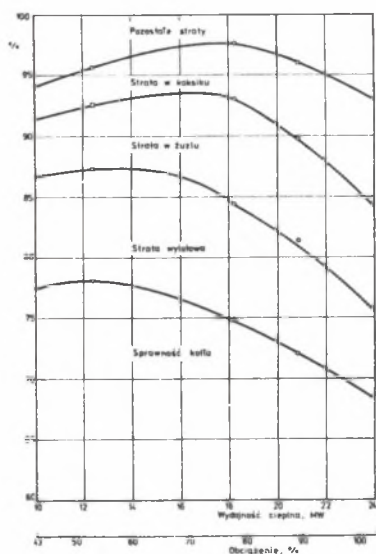
Zestawienie wskaźników i strat kotła

| Wyszczególnienie | Wymiar | Obciążenie kotła, % | | |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|--------|--------|
| | | 89,4 | 78,1 | 53,0 |
| Wydażność cieplna | MW | 20,814 | 18,178 | 12,329 |
| Sortyment węgla ^{x)} | - | MII | MII | MII |
| Obciążenie cieplne: | | | | |
| - powierzchni ogrzewalnej | kW/m ² | 42,5 | 37,1 | 25,2 |
| - powierzchni rusztu | kW/m ² | 1777 | 1498 | 964 |
| Obciążenie masowe rusztu | kg/m ² h | 318,9 | 270,4 | 161,6 |
| Sprawność paleniska | % | 82,59 | 84,47 | 89,22 |
| Opór przepływu | | | | |
| - po stronie spalin | Pa | 686 | 529 | 274 |
| - po stronie wody | kPa | 177 | 177 | 177 |
| Straty | | | | |
| - wylotowa | % | 9,54 | 8,87 | 9,37 |
| - niezupełnego spalania | % | 0,46 | 0,21 | 0,10 |
| - w żużlu i przesypie | % | 8,50 | 8,54 | 5,33 |
| - w lotnym koksiku | % | 6,15 | 4,64 | 2,95 |
| - w unosie | % | 1,24 | 0,93 | 0,60 |
| - do otoczenia | % | 2,12 | 2,42 | 3,59 |
| Sprawność kotła | % | 71,99 | 74,39 | 78,06 |

^{x)} wg PN-74/G-9700

Pełnej wydajności cieplnej 23,28 MW nie osiągnięto podczas pomiarów. Podstawowymi przyczynami były tutaj: niedostateczna wydajność wentylatora powietrza i nieprawidłowa praca układu narzutowego powodująca nierównomierny rozrzut paliwa na szerokości rusztu, zwłaszcza przy wyższych obciążeniach kotła.

Sprawność badanego kotła spadała ze wzrostem obciążenia i pozostawała w granicach 78 - 72%. Pozostawała zawsze niżej sprawności gwarancyjnej o 2 - 3% (rys. 2).



Rys. 2. Charakterystyka energetyczna kotła KWTs-20

Strata paleniskowa wzrastała od 8,88% przy obciążeniu niskim do 15,89% przy obciążeniu wysokim i była dużo większa od wartości odpowiadającej paleniskom narzutowym 4-8% [5].

W stracie paleniskowej duży stosunkowo udział stanowi strata w lotnym koksiu. Wzrasta ona ze wzrostem obciążenia kotła z 2,95 do 6,15%, a więc dwukrotnie. Jej wzrost spowodowany jest nieprawidłowym przebiegiem procesu spalania, niską komorą paleniskową kotła oraz brakiem instalacji powietrza wtórnego.

Strata w żużlu i przesypie wynosi 5,33 - 8,50%. Znaczny wzrost tej straty ze wzrostem obciążenia spowodowany jest zarówno przesypem, jak też grubszą warstwą paliwa na ruszcie wynikającą z masowego obciążenia rusztu - $318,9 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$; przy małym obciążeniu, które wynosiło - $161,6 \text{ kg/m}^2 \text{ h}$. Wartość obciążenia cieplnego rusztu - 1777 kW/m^2 , pozostająca w zakresie stosowności dla tego typu palenisk [5] wpływa korzystnie na zmniejszenie straty w żużlu^{x)}.

^{x)} Przy niższej wartości zwiększyłaby się ona prawie w tym samym stopniu co obciążenie masowe rusztu.

Na sprawność kotła największy wpływ wywierały: strata wylotowa i strata paleniskowa. Strata wylotowa wzrasta od 9,37% do 9,54%, a więc nieznacznie. Mała różnica pomiędzy stratą wylotową przy obciążeniu niskim i wysokim spowodowana była niższą wartością współczynnika nadmiaru powietrza - 1,28 przy wyższej temperaturze spalin - 515 K oraz - 1,61 przy temperaturze 449 K.

Przy obciążeniu większym współczynnik nadmiaru powietrza był zbyt niski wynosił tylko 1,28 (powinien być 1,65), a więc był przyczyną nieprawidłowego spalania w kotle. Taka niska wartość spowodowana była niedostateczną ilością podawanego do spalania powietrza. Do kotła doprowadzano strumień powietrza $7,32 \text{ m}^3/\text{s}$ zamiast $10,4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Brak powietrza potwierdziła także analiza składu spalin na wylocie z kotła. Udział tlenu węgla w spalinach wynosił 0,14% przy obciążeniu wysokim.

4. Ocena stanu technicznego i rozwiązań konstrukcyjnych paleniska

W badanym kotle stwierdzono nieprawidłowy zarys profilu łopatek narzutnika, który powodował nierównomierne pokrycie pokładu rusztowego w płaszczyźnie poprzecznej. Zróżnicowanie grubości warstwy paliwa na ruszcie powodowało wzrost straty w żużlu.

Niska i wydłużona komora paleniskowa, charakteryzująca się natężeniem cieplnym rzędu 250 kW/m^3 , powodowała wzrost zawartości części palnych w unosie z komory do 45%. Odpowiadająca strata w lotnym koksiku wynosiła - 6,15%.

Nieprawidłowo rozwiązana instalacja nawrotu lotnego koksiku z dużą ilością zmian kierunków^{x)} obniża dyspozycyjność kotła z uwagi na możliwość erozyjnych uszkodzeń rurociągów na nawrotach. Instalacja pracuje niepoprawnie z uwagi na małą prędkość popiołu w przewodach.

Wentylator powietrza pierwotnego (podmuchowe) posiada za niską wydajność - $6,95 \text{ nm}^3/\text{s}$, podczas gdy wymagane ilości powietrza przy spalaniu węgla krajowego przekraczają - $10,0 \text{ nm}^3/\text{s}$. Spalanie przy niskich nadmiarach jest przewlekłe, tworzy się tlenek węgla, palenisko nie uzyskuje założonych parametrów i zwiększa się zawartość części palnych w unosie.

Kocioł nie posiada instalacji powietrza wtórnego, która jest niezbędna w palenisku narzutowym [5]. Wprowadzenie powietrza wtórnego zmniejszyłoby stratę niezupełnego spalania i stratę w lotnym koksiku.

Dozownik wykonujący skokowe podawanie paliwa do narzutnika nie jest rozwiązaniem korzystnym z uwagi na wahania podciśnienia spalin w komorze paleniskowej [4].

Kocioł emituje do atmosfery znaczne ilości popiołu - 4,59%, co stanowi ok. $35,0 \text{ g/nm}^3$. Wartość ta, pozostaje znacznie wyżej dopuszczalnej i wymaga zastosowania skuteczniejszych urządzeń odpylających.

5. Podmumowanie

Uzyskiwana sprawność kotła 72 - 78% przy spalaniu krajowych węgli jest zbyt niska, jak dla paleniska narzutowego. Możliwa jest do osiągnięcia w dobrym palenisku warstwowym z rusztem łańcuchowym.

Poprawę pracy kotła można uzyskać - bez większych nakładów inwestycyjnych - zwiększając wydajność wentylatora powietrza podmuchowego oraz wprowadzając instalację podmuchu powietrza wtórnego.

Palenisko narzutowe charakteryzuje się możliwością trwałej eksploatacji zarówno z bardzo małym obciążeniem, jak też z dużym - jest więc elastyczne. Zapewnia to udział pewnej ilości paliwa spalanej w zawieszaniu.

^{x)} Instalacja doprowadza pył do komory przez otwory w bocznej ścianie komory paleniskowej.

LITERATURA

1. Kotły wodogrejnyje teploproizvoditel'nostju 10,20,30 Gcal/dlja raboty na tverdom toplive. Instrukcija po eksploatacii. Moskva 1976.
2. Nečaev E.V.: Topki s pnevmomechaničeskimi zabrasyvateljami. Moskva 1959
3. Nečaev E.V., Lubnin A.F.: Mechaničeskije topki dlja kotlov maloju i sredniej moščnostii. Energija. Moskva 1968.
4. Rataj Z., Gramatyka F.: Ocena stanu technicznego i warunków eksploatacji kotłów parowych typu KE 6,5-14 oraz kotłów wodnych typu KWTs-20. Opracowanie ZBP "Energochem". Gliwice, lipiec 1983.
5. Rataj Z., Gramatyka F.: Zebranie wyników badań i wyników eksploatacji zainstalowanych w kraju kotłów z paleniskami narzutowymi oraz ocena rozwiązań konstrukcyjnych tych kotłów pod kątem przydatności do spalania krajowych węgla. Program rządowy PR-8. Sprawozdanie nr 6.4.5.01. Politechnika Śląska, Gliwice 1983.

Recenzent: doc. dr inż. Władysław Gajewski

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1984 r.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДЯНОГО КОТЛА КВТс-20
С НАБРОСНОЙ УГОЛЬНОЙ ТОПКОЙ

Р е з ю м е

В работе представлены результаты эксплуатационных исследований водяного котла КВТс-20 с набросной угольной топкой для угля пониженного качества. Оговорено влияние условий эксплуатации на получаемые параметры а также стойкость элементов топки. Дан анализ технического состояния и соответствия конструкционных решений элементов топочной системы.

EXPLOITATIONAL INVESTIGATIONS OF KWTs-20 WATER BOILER
WITH SPREADER STOKER

S u m m a r y

The results of the exploitational investigations of KWTs-20 water boiler with spreader stoker fired by low heating value coal has been presented.

The influence of the exploitation conditions on obtained technical data and durability of boilers were discussed.

The technical conditions and the construction of furnace elements were estimated in details.