

Jacek KOCIŃSKI

Józef ZAJDEL

Instytut Maszyn Ciepłych

Politechnika Częstochowska

TECHNICZNO - EKSPLOATACYJNE WSKAŹNIKI WODNYCH KOTŁÓW CIEPŁOWNICZYCH

Streszczenie. Podano podstawowe dane techniczne krajowych wodnych kotłów ciepłowniczych z paleniskiem rusztowym i pyłowym opalanych węglem kamiennym. Przedstawiono wybrane wskaźniki eksploatacyjne tych kotłów uzyskane na podstawie badań cieplnych. Omówiono czynniki wpływające na pracę kotła i osiągnięte wskaźniki.

1. WSTĘP

W nowo budowanych lub modernizowanych w ostatnim trzydziestoleciu ciepłowniach i kotłowniach grzewczych naszego kraju instalowane były w zdecydowanej większości wodnorurowe kotły wodne. Kotły te przystosowane są do spalania węgla kamiennego w palenisku rusztowym bądź pyłowym. Krajowy przemysł kotłowy wyprodukował w tej grupie następujące jednostki

- kotły rusztowe : WR-1,25 ; WR-2,5 ; WR-5 ; WR-10 ; WR-25
- kotły pyłowe : WP-40 ; WP-70 ; WP-120 ; WP-200

(liczba w oznaczeniu literowym oznacza moc cieplną w Gcal/h).

Kotły te należą do tzw. starej generacji. W ostatnich latach prowadzona jest modernizacja tych jednostek zmierzająca m.in. do zastąpienia tradycyjnego ciężkiego obmurza lekkim, zastąpienia paleniska rusztowego paleniskiem narzutowym, zmiany geometrii części ciśnieniowej, a głównie pęczków konwekcyjnych.

Jednostkami powszechnie stosowanymi w kotłowniach grzewczych i przemysłowych są kotły WR-5 ; WR-10 i WR-25 oraz WP-70 i WP-120 i ta grupa kotłów zostanie omówiona w referacie.

Eksploatacja kotłów nie zawsze przebiega w sposób właściwy. W pra-

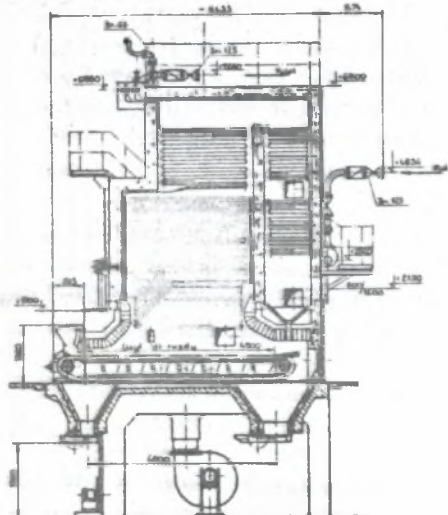
ktycze często stwierdza się znaczne zaniżenie wskaźników eksploatacyjnych w stosunku do wartości podawanych przez producenta. Przyczyny tego związane są zarówno z jakością spalanego węgla, jak i stanem technicznym kotłów, ich cechami konstrukcyjnymi oraz jakością obsługi.

2. OPIS I DANE TECHNICZNE KOTŁÓW

Omawiane jednostki są wodnorurowymi, przepływowymi kotłami wodnymi z paleniskiem mechanicznym rusztowym względnie pyłowym. Budowane są w układzie jedno-, dwu- lub trzyciągowym. Ciśnieniową powierzchnię ogrzewalną stanowią ekrany jako powierzchnie opromieniowane oraz grodzie i pęczki konwekcyjne. Kotły WR-5 i WR-10 nie posiadają podgrzewacza powietrza. Pozostałe kotły wyposażone są w podgrzewacz powietrza.

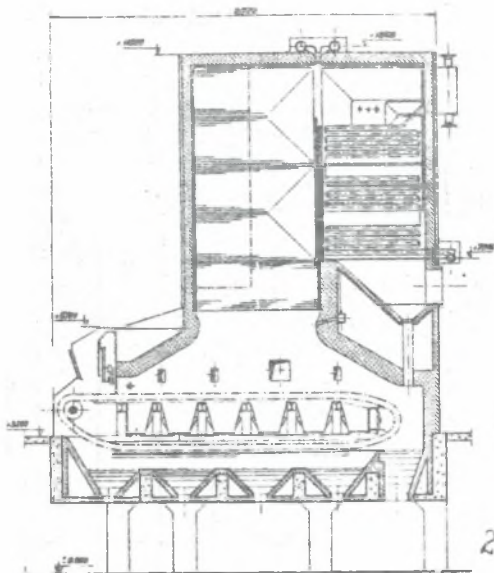
Konstrukcja kotłów przystosowana jest do pracy tylko w układzie podstawowym (kotły WR-5, WR-10) bądź w układzie podstawowym i szczytowym. Możliwość pracy w dwóch układach (kotły WR-25, WP-70 i WP-120) zapewniają dwa niezależne obiegi wody, które za pomocą rurociągów, kolektorów i zawierań można łączyć szeregowo lub równoległe. Jeden obieg stanowią ekrany kotła połączone równoległe, a drugi obieg część konwekcyjną kotła. Przy pracy podstawowej obiegi połączone są szeregowo, a przy pracy szczytowej równoległe. Praca w układzie szczytowym wymaga dwukrotnie większego przepływu wody przez kocioł niż w układzie podstawowym.

Ogólną budowę kotłów i układ konstrukcyjny przedstawiono na załączonych rysunkach gabarytowych (rys. 1 + 5), a podstawowe dane techniczne podano w tablicy nr 1.

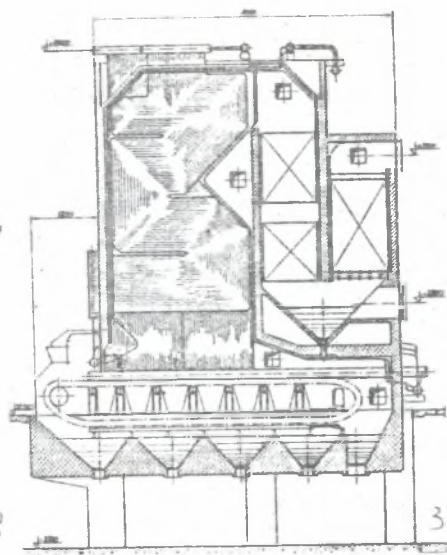


Rys. 1. Układ konstrukcyjny kotła WR-5

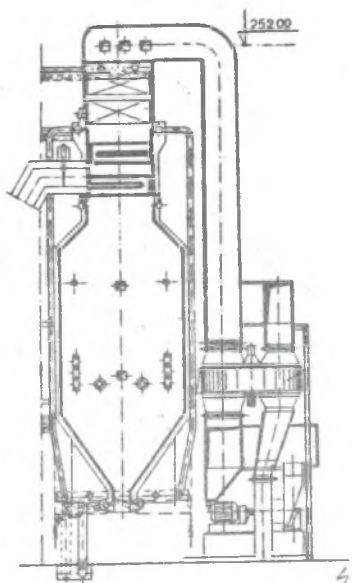
Fig. 1. Layout of WR-5 boilers



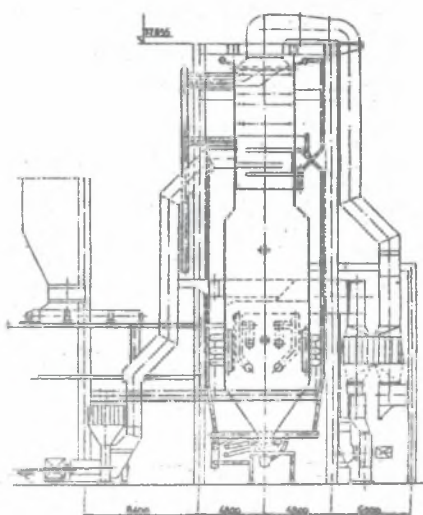
Rys. 2. Kocioł WR-10
Fig. 2. Boiler WR-10



Rys. 3. Kocioł WR-25
Fig. 3. Boiler WR-25



Rys. 4. Kocioł WP-70
Fig. 4. Boiler WP-70



Rys. 5. Kocioł WP-120
Fig. 5. Boiler WP-120

Tablica nr 1

DANE TECHNICZNE KOTŁÓW

Wielkość	Jed- nostka	Kocioł				
		WR-5	WR-10	WR-25	WP-70	WP-120
Moc cieplna kotła /znamionowa/	MW	5,8	11,6	29,1	81,4	139,6
	Gcal/h	5,0	10,0	25,0	70,0	120,0
Ciśnienie wody na wylocie	MPa	1,6	1,6	2,0	2,5	2,5
Temperatura wody:						
- wlot, obieg podstawowy	°C	70	70	70	70	70
obieg szczytowy	°C			110	110	110
- wylot	°C	150	150	150	155	155
Opór hydrauliczny wody:						
- obieg podstawowy	MPa	0,09	0,12	0,35	0,20	0,20
- obieg szczytowy	MPa			0,20	0,12	0,15
Strumień masy wody:						
- obieg podstawowy	t/h	61,9	124	316	815	1325
- obieg szczytowy	t/h			646	1530	2650
Temperatura spalin za kotłem	°C	155	200	160	200	max200 mini25
Nadmiar powietrza za kotłem	-	1,65	1,61	1,63	1,50	1,50
Sprawność przy mocy znamionowej	%	82	78	83	84	84
Powierzchnia ogrzewalna kotła	m ²	487	740	1299	2110	3863
Objętość komory paleniskowej	m ³	23	67	178	358	639
Pojemność wodna kotła	m ³	3,1	5,4	12	30	45
Palenisko:						
- rodzaj		ruszt.	ruszt.	ruszt.	pyłowe	pyłowe
- typ rusztu /młyna/		Rts	Rtw	Rtp	MVKB	MVK16
- powierzchnia rusztu /prze- kroju komory paleniskowej/	m ²	8,1	15	2x 17,5	32	48
Paliwo:						
- rodzaj		w.kam.	w.kam.	w.kam.	w.kam.	w.kam.
- wartość opałowa	MJ/kg	20,9	20,9	23	23	20,9
- zawartość wilgoci /max/	%	15	15	14	12	12
- zawartość popiołu /max/	%	21	21	12	15	15
- zużycie węgla przy mocy znam.	t/h	1,20	2,56	5,48	15,15	28,57

3. BADANIA CIEPLNE KOTŁÓW I ICH WYNIKI

Jako podstawę analizy pracy kotłów przyjęto bilans cieplny sporządzony w oparciu o wyniki pomiarów wykonanych w typowych warunkach ruchowych. Dla każdego kotła przeprowadzono pomiary przy trzech obciążeniach. Warunki paliwowe odbiegały często od wymagań paliwa gwarancyjnego. Stan techniczny badanych kotłów można uznać za poprawny. Do sporządzenia bilansów cieplnych wykorzystano wyniki pomiarów przeprowadzonych przez Instytut Maszyn Ciepłych Politechniki Częstochowskiej oraz Przedsiębiorstwo Energomontażowe Przemysłu Węglowego w Chorzowie. Sprawność cieplną kotłów wyznaczono metodą pośrednią [6] w oparciu o pomiary następujących wielkości :

- strumienia wody przepływającej przez kocioł i jej parametry,
- jakości spalanego węgla (analiza techniczna),
- analizę spalin i ich parametry,
- parametry powietrza,
- strumieni żużla, przesypu i popiołu lotnego wraz z udziałem węgla pierwiastkowego w tych strumieniach.

Przyjmując do obliczeń bilansowych wyniki analizy technicznej węgla korzystano z zależności [4]. Charakterystyczne wielkości i wskaźniki uzyskane w czasie pomiarów zestawiono w tablicy nr 2.

W oparciu o wyniki pomiarów oraz obserwacje poczynione w trakcie realizacji badań można podać niektóre czynniki rzutujące na wskaźniki pracy omawianych kotłów.

Warunki paliwowe

Jakość spalanego węgla ma zasadniczy wpływ na osiągane wskaźniki eksploatacyjne. Spalany węgiel charakteryzował się dużym zróżnicowaniem zarówno pod względem wartości opałowej, jak też zawartości wilgoci i popiołu. Tylko w przypadku kotłów WR-5 i WP-120 własności energetyczne węgla były lepsze od wartości paliwa gwarancyjnego, a kotły osiągały sprawność powyżej wartości gwarancyjnej i moc zbliżoną do znamionowej bądź ją przekraczały. W pozostałych przypadkach jakość paliwa była gorsza od węgla gwarancyjnego, a kotły nie osiągały mocy i sprawności znamionowej. Wzrost mocy cieplnej kotła przy spalaniu gorszych węgli osiągnano kosztem obniżenia sprawności paleniska.

Stan techniczny paleniska i kanałów spalinowyci.

Obserwowano występowanie nadmiernych nieszczelności w obrębie bocznych ścian rusztu, zły stan warstwowicy, wypadanie rusztowin, nieszczelne zamknięcia lejów żużlowych, nieszczelności po stronie spalin w części konwekcyjnej kotłów oraz w obrębie podgrzewaczy powietrza. Niedociągnięcia te pogłębiają skutki pogarszających się warunków paliwowych na proces spalania i wpływają w efekcie na znaczne zawyżenie

CHARAKTERYSTYCZNE WIELKOŚCI I WSKAŹNIKI KOTŁÓW
 /wyniki pomiarów/

Tablica nr 2

W i e l k o ś ć	Jed- nostka	K o t ł o z														
		WR-5			WR-10			WR-25			WF-70			WF-120		
Moc cieplna kotła	MW	5,89	4,61	3,52	10,2	7,64	4,92	27,6	20,3	13,9	67,0	60,3	44,6	135	112	82,1
Obciążenie w stos.do mocy znam.	%	102	79,3	60,3	97,9	65,9	42,4	94,8	69,8	47,8	82,3	74,1	54,8	96,3	80,1	58,8
Sprawność kotła /brutto/	%	83,0	81,3	81,4	73,7	71,8	72,6	77,6	79,1	79,2	84,7	85,4	86,1	89,1	91,8	91,8
Sprawność cieplna paleniska	%	92,4	92,8	95,3	88,2	89,6	93,2	88,9	90,1	97,5	94,1	94,6	95,5	98,4	99,4	98,9
Strata wylotowa	%	7,4	9,0	10,6	12,8	15,5	17,1	10,3	9,6	16,2	8,8	8,5	8,3	8,8	7,0	6,3
Strata w żużlu	%	6,7	6,4	3,7	10,9	9,4	5,9	10,8	9,6	2,1	0,4	0,4	0,5	0,2	0,1	0,1
Strata w popiele lotnym	%	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	5,5	5,0	4,0	1,4	0,4	1,0
Strata w przesypie	%	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Strata do otoczenia wg PN	%	2,0	2,5	3,3	1,7	2,3	3,5	1,0	1,4	2,1	0,6	0,7	1,1	0,5	0,6	0,8
Temperatura spalin wylotowych	°C	123	115	102	210	193	170	159	136	121	198	180	163	130	108	94
Nadmiar powietrza za kotłem	-	1,77	2,34	3,19	1,66	2,26	2,83	1,74	2,08	3,75	1,28	1,37	1,47	1,79	1,98	2,05
Obciążenie cieplne:																
-rusztu	kW/m ²	881	696	538	920	711	453	1016	731	504	-	-	-	-	-	-
-przekroju komory palenisk.	kW/m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2477	2200	1616	3129	2532	1869
Obciążenie masowe rusztu	kg/m ² h	141	116	88	169	134	84	201	140	97	-	-	-	-	-	-
Obciążenie cieplne komory pal.	kW/m ²	297	245	189	206	159	101	200	144	99	221	197	144	235	190	140
Obciążenie cieplne pow.ogrzew.	kW/m	12,1	9,5	7,2	13,8	10,3	6,6	21,2	15,6	10,7	31,8	28,6	21,1	34,8	28,9	21,2
Paliwo:																
-rodzaj		węgiel kam.			węgiel kam.			węgiel kam.			w.kam.+gas			węgiel kam.		
-wartość opałowa	MJ/kg	22,5	21,6	22,0	19,6	19,1	19,4	18,2	18,8	18,7	17,4	17,6	17,4	21,8	23,4	24,1
-zawartość wilgoci	%	8,3	8,6	8,6	15,4	15,1	15,3	15,2	14,4	15,1	11,0	10,8	10,6	11,6	10,2	9,5
-zawartość popiołu	%	22,3	22,7	22,1	18,0	20,2	18,8	23,5	22,5	22,1	36,5	36,4	37,2	17,5	13,7	11,5
-zawartość części lotnych	%	35,0	33,2	32,1	30,1	28,9	29,5	32,0	31,5	33,0	20,7	28,3	23,5	37,9	38,9	38,1
-zużycie węgla /z obliczenia/ Niedopał:	t/h	1,14	0,94	0,71	2,54	2,01	1,26	7,04	4,91	3,38	16,4	14,4	10,7	24,8	18,7	13,4
-zaw.części palnych w żużlu	%	19,4	17,2	11,2	30,2	24,6	18,6	22,4	21,5	5,8	10,3	11,1	12,8	3,7	6,2	3,5
-zaw.części palnych w pop.lot.	%	15,2	22,0	25,6	16,7	17,6	15,8	14,6	17,1	17,3	9,4	8,9	8,8	6,8	2,8	8,3
-zaw.części palnych w przesyp.	%	37,1	37,8	40,9	32,1	28,3	25,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lossanie pow. w ciągach konwek.	%	20,0	18,3	14,3	18,7	19,7	22,3	17,5	19,3	14,8	5,9	6,2	8,0	37	36	34

1) dotyczy paliwa zastępczego, w którym udział węgla wynosi 0,88/0,86/0,83, a jego wart.opałowa 17,0/17,2/17,0 MJ/kg

2) dotyczy węgla

wartości nadmiaru powietrza za kotłem, a co za tym idzie wzrost straty wylotowej oraz pogorszenie warunków pracy instalacji wyciągowej spalin. Duży nadmiar powietrza obniża temperaturę spalin wylotowych poniżej wartości minimalnej i wpływa niekorzystnie na warunki pracy ostatnich powierzchni ogrzewalnych kotła oraz urządzeń wyciągowych i odpylających. Pomiary nie wykazały obecności tlenu węgla w spalinach.

Warunki konstrukcyjne

Wszystkie omawiane kotły cechuje gęsta zabudowa (małe podziałki) pęczków konwekcyjnych oraz utrudniony dostęp do tych powierzchni. Spalanie węgla o dużej zawartości popiołu prowadzi do intensywnego zanieczyszczenia powierzchni po stronie spalin, pogarszają się warunki wymiany ciepła, wzrasta erozja popiołowa oraz ulega ograniczeniu ciąg spalin. Podobne zjawiska mają miejsce w obrębie podgrzewaczy powietrza. Dla czyszczenia kotła po stronie spalin wymagane jest jego odstawienie, prowadzi to do częstych przestojów. Przy braku rezerw mocy cieplnej kotły często prowadzone są przy nadmiernym zanieczyszczeniu i pogorszonych wskaźnikach eksploatacyjnych.

4. WNIOSKI

1. Przedstawione dane pomiarowe, poczynione obserwacje ruchowe oraz uwagi użytkowników wskazują, że zasadniczy wpływ na pracę kotłów wywierają warunki paliwowe, stan techniczny paleniska, stopień zanieczyszczenia powierzchni ogrzewalnych, warunki podmuchowo-ciągowe oraz cechy konstrukcyjne kotła.
2. Przy spełnieniu projektowanych warunków paliwowych kotły mogą osiągnąć znamionową moc cieplną i sprawność, a nawet je przekroczyć.
3. Wartości nadmiaru powietrza za kotłem są zawyżone i występują duże nieszczelności w obrębie pęczków konwekcyjnych i podgrzewaczy powietrza.
4. Należy uznać za celowe ograniczenie produkcji omawianych kotłów w wersji obejmującej tzw. starą generację oraz modernizację kotłów już pracujących, dającą w efekcie obniżenie zużycia stali i wzrost sprawności oraz poprawę technologiczności produkcji, montażu, remontu i obsługi.

LITERATURA

- [1] Biegun S.: Produkcja kotłów w RAFAKO. Konferencja remontowa energetyki. Lubliniec 1985.
- [2] Flodrowski M., Wasylow J.: Aktualny stan techniki i prace oraz tendencje rozwojowe w budowie kotłów dla energetyki przemysłowej i ciepłownictwa. ZN Politechniki Śląskiej, Energetyka z.94, Gliwice 1986.
- [3] Frytko J., Salwiczek M.: Wskaźniki techniczno-eksploatacyjne kotłów WR-25 oraz ich ocena na podstawie pomiarów. Gospodarka Paliwami i Energią, nr 6, 1982.
- [4] Kostrzewski T.: Obliczenia bilansowe kotłów przy nieznanym składzie spalane go paliwa. Gospodarka Paliwami i Energią, nr 11-12, 1982, nr 1, 1983.
- [5] Rzepa K. i in.: Ocena efektów modernizacji kotłów wodnych WP-70. Gospodarka Paliwami i Energią, nr 10, 1987.
- [6] PN-72/M-34128. Kotły parowe. Wymagania i badania odbiorcze.
- [7] Sprawozdania z badań cieplnych kotłów wodnych. Prace Instytutu Maszyn Ciepłych Politechniki Częstochowskiej oraz Przedsiębiorstwa Energomontażowego Przemysłu Węglowego w Chorzowie (nie publikowane).
- [8] Dokumentacja techniczno-ruchowa kotłów opracowana przez CBKK Tarnowskie Góry dla kotłów WR oraz przez RAFAKO Racibórz dla kotłów WP.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Ludwik Cwynar

ТЕХНИЧНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ КОТЛОВ

Резюме

В работе представлено технические данные водяных котлов, которые в последние 30 - лет нашли применение в обогревательных и тепловых котельных в стране. Принадлежать к ним котлы с решеткой тепловой мощностью 5,8; 11,6 и 29,1 МВт и котлы пыловые 81,4 и 139,6 МВт. Эти котлы приспособлены к сжиганию низкосортного каненного угля. Представлено результаты тепловых исследований этих котлов.

Конструкционные схемы представлено на рисунках, а технические и эксплуатационные показатели - в таблицах. На основании исследования рассуждено топливные, эксплуатационные и конструкционные показатели, которое имеют непосредственное влияние на условия работы котлов и их показатели.

В последние время реализуется программа модернизации работающих уже котлов, которой целью является в основном понижение единичного металлопотребления и повышения теплово к.п.д.

**TECHNICALLY-OPERATING PARAMETERS OF WATER BOILERS
FOR HEAT-GENERATING PLANTS****S u m m a r y**

In this work the technical parameters of water boilers have been presented. These boilers have been used since the fifties. The units with a mechanical boiler furnace, has a thermal capacity of 5,8; 11,6 and 29,1 MW, and a pulverized-fuel boiler has a thermal capacity of 81,4 and 139,6 MW. The units utilize fine - coal assortment. The results of thermal investigations of these units presented. The boiler structure is shown in the figures and the technical data and operating parameters are given in the tables. Based on the results of investigations, the operating and design parameters and the parameters of fuel properties are discussed.

During last time, the program of boilers modernization is being realized. The main purpose of this program is to reduce unitary steel consumption and increase the thermal efficiency.